



inductor), se aplica al area en que supuestamente existen los cuerpos minerales conductores desconocidos u otros conductores desconocidos; con el propósito de inducir una corriente a que fluya en tal conductor, la que desde luego estará acompañada por un campo electromagnético secundario que rodeará tal conductor. Por medio de aparatos apropiados que comprenden una bobina receptora, aparatos para medir la intensidad de la corriente inducida y medios para indicar la dirección e inclinación de la misma, el eje del campo secundario se localiza y la localización del cuerpo mineral conductor desconocido se determina de este modo, ya que, el eje de éste campo secundario es el centro de conductibilidad del cuerpo mineral, puede considerarse en general como estando contenido dentro de tal conductor.



1

Más en particular, este invento se refiere al reconocimiento de fenómenos de relación de resonancia y fase al aplicar el campo inductor y al medir o localizar el campo inducido así como a los efectos valiosos que se pueden obtener aplicando las leyes de tales fenómenos al método antes mencionado.

El principal objeto del invento es proveer un método que, por el reconocimiento inteligente y utilizando los fenómenos de relación de resonancia y fase, permita que se obtengan indicaciones más precisas respecto a la colocación del conductor desconocido, que las que se obtienen por los métodos hasta hoy empleados, y que en particular haga posible localizar conductores a profundidades

mayores que las que se han podido localizar hasta hoy y determinar con más precisión la longitud, profundidad, y medida aproximada o grueso de los mismos, así como también reducir al mínimo los efectos perturbadores de otros conductores cercanos, incluyendo los del mismo campo inductor, sobre el campo inducido que rodea al conductor particular cuya situación o colocación se está determinando.

La invención se basa esencialmente en la aplicación de los fenómenos de afinidad de resonancia y fase con el propósito de hacer posible lo siguiente:



A. Localizar cuerpos a profundidades mayores de las que sería posible si se emplearan frecuencias arbitrarias de campo inductor.

B. Determinar más precisamente la longitud del cuerpo desconocido.

C. Determinar con mayor precisión la profundidad de dicho cuerpo desconocido.

D. Determinar con más precisión el perfil horizontal del cuerpo desconocido.

E. Reducir al mínimo el efecto de otros campos secundarios de conductores adyacentes que sean conocidos o desconocidos, sobre las señales que se están obteniendo y empleando para localizar el campo secundario.

F. Reducir al mínimo el efecto relativo del campo primario sobre la bobina u otro aparato que se esté utilizando para localizar el eje de un campo secundario.

Otro de los fines que sigue el invento consiste en utilizar un campo inductor de determinada frecuencia óptima, es decir, de tal frecuencia que se obtengan las más precisas indicaciones con respecto a la situación del conductor desconocido. Una de las características más importantes del invento consiste en la determinación de tal frecuencia óptima.

Uno de los objetos o fines particulares que tiene el invento, en caso de conductores desconocidos que tengan una frecuencia resonante de oscilación es utilizar un campo inductor cuya frecuencia sea igual a la frecuencia resonante del conductor desconocido, con el fin de obtener las ventajas antes citadas.

Otro de los fines que sigue el invento consiste en proveer los medios necesarios para cuidar de una igualdad de fase entre los campos inductor e inducido a fin de conseguir determinadas ventajas que se describirán a continuación más en detalle.

Hemos encontrado por medio de pruebas positivas que las ondas electromagnéticas comúnmente conocidas como campos de radiación y que incluyen tanto líneas de fuerza magnéticas y eléctricas, y que los campos de inducción al acercarse al lugar de los conductores eléctricos, tales como minerales buenos conductores de la electricidad, tuberías, vías, alambres, y otros conductores metálicos, tienden a inducir, o establecer corrientes eléctricas alternas o que el componente eléctrico o el componente magnético, o ambos componentes de las ondas electromagnéticas y de los campos de inducción son



absorbidos por los cuerpos buenos conductores de la electricidad, para reaparecer en forma de corriente eléctrica alterna confinada al cuerpo conductor antes citado. Esta corriente eléctrica inducida, está, desde luego, acompañada por un campo electromagnético que rodea el curso de la misma, al que llamamos, por mera conveniencia, un campo electromagnético secundario.

En el aspecto más amplio del invento, se genera un campo inductor electromagnético, alterno y de alta frecuencia, y gran intensidad, que comprende líneas de fuerza eléctricas y magnéticas en las cercanías del area que se va a explorar, y por medio del aparato buscador que más adelante se describe en detalle, notamos en este campo electromagnético los campos secundarios, en caso de que existen, cuyos campos secundarios indican claramente la situación del cuerpo conductor de la electricidad.

En el aspecto más amplio del invento al aplicar un campo inductor electromagnético al cuerpo mineral conductor desconocido, u otro conductor desconocido, empleamos un generador de campos inductores electromagnéticos de tal diseño o disposición que la frecuencia del campo inductor pueda ajustarse a cualquier valor determinado entre límites bastante extensos, y luego, mediante el reconocimiento apropiado e interpretación adecuada de las indicaciones que obtenemos mediante una bobina u otro aparato para determinar la frecuencia y dirección de campos electromagnéticos y para localizar los ejes de campos secundarios, determinamos la frecuencia a que cualquiera de dichos campos secundarios, que pue-





den existir en el area que se esté explorando, causen que el campo resultante adquiriera el máximo de distorsión, de la dirección del campo primario hacia la dirección del campo secundario, de tal manera que mediante el ajuste apropiado de la frecuencia del campo primario obtenemos una precisión máxima en las indicaciones que nos capacitarán para obtener los resultados que se desean. La frecuencia así determinada puede llamarse "frecuencia óptima" ya que podemos, mediante el uso de un campo primario de tal frecuencia, obtener los mejores y más precisos resultados. La variación e intensidad de efecto del campo secundario que corresponde a la variación en frecuencia del campo primario, puede deberse parcial o principalmente, en casos de conductores secundarios que tienen una frecuencia natural de oscilación o frecuencia resonante, a la relación entre la frecuencia del campo primario y la frecuencia resonante del conductor secundario, y en tales casos, la frecuencia a que se produce el efecto máximo de distorsión puede considerarse como aproximada a la frecuencia resonante del conductor desconocido.

En general, sin embargo, creemos que la variación de efectos de distorsión del campo secundario sobre la variación de frecuencia del campo primario, se debe principalmente a la variación en la afinidad de fase entre las corrientes inducidas en la bobina receptora, por los campos primario y secundario, según se describirá a continuación y en tanto como esta afinidad de fase es el factor de control (y creemos que lo es en la mayoría de los casos) la



frecuencia a que se obtiene el efecto máximo de distorsión del campo resultante hacia la dirección del campo secundario, es la frecuencia a que las dos corrientes se encuentran substancialmente en una relación de  $0^\circ$  de fase, de manera que se añaden directamente una a la otra. Por lo tanto, de acuerdo con este aspecto del invento, nuestro método de proceder consiste en variar la frecuencia del campo inductor hasta que, mediante la interpretación que se explica a continuación, se encuentra una frecuencia en que las corrientes inducidas en la bobina por los campos inductor e inducido, se encuentra substancialmente en relación de  $0^\circ$  de fase una con otra y luego utilizar un campo primario de esta frecuencia al tomar las medidas finales que conducen a la localización del conductor desconocido de que se trata.

La re-radiación puede describirse como la formación de un campo electromagnético de alta frecuencia, alterno y secundario al derredor de un conductor que está colocado dentro de un campo primario alterno, electromagnético de alta frecuencia. Estos campos electromagnéticos de alta frecuencia, comprenden tantos campos de radiación como de inducción, cualquiera de los cuales puedan constituir la mayor parte del campo total en cualquier punto dado, dependiendo éste de la relación que exista entre la frecuencia del campo y la distancia entre tal punto y la fuente de energía del campo. La expresión "campo electromagnético" por lo tanto, se empleará en esta descripción, para comprender tanto el campo de radiación como el de inducción, y el término "radiación" se utilizará para comprender la producción

de un campo total secundario, en el cual ya sea el componente de "radiación" o el componente de "inducción" puede predominar en el punto o puntos en que se hacen las medidas en el campo secundario. Además, las líneas de fuerza electromagnéticas de cualquier campo de alta frecuencia, por conveniencia y claridad se denominarán a continuación como líneas "magnéticas" de fuerza y las líneas de fuerza electromagnéticas se denominarán como líneas "eléctricas". Para verificar o comprobar las definiciones antes mencionadas y relaciones, se hace referencia al "Bureau of Standards Scientific Paper N°. 354". Parte III, página 452 a 456, por el Dr. J. H. Dellinger, y a "principles of Radio Comunicación", páginas 181 a 183, y 694 a 705, por el Sr. J. H. Morecroft, publicado en 1921 por John Wiley & Sons.



El campo primario que se usa para inducir corriente en el cuerpo conductor desconocido puede establecerse por medio de un sistema ordinario de antena vertical. En tal campo, en puntos cerca de la superficie de la tierra y un poco lejos de la antena, las líneas eléctricas de fuerza se extienden substancialmente en sentido vertical, y las magnéticas se extienden en una dirección circular al derredor de la antena y en un plano substancialmente horizontal. Un campo electromagnético de este tipo se conoce en el arte de radio transmisión como un campo "polarizado verticalmente" ya que su eje eléctrico es vertical. Se debe tener presente que en un campo de esta índole aunque se habla de él como "polarizado verticalmente" las líneas magnéticas de fuerza se extienden hori-

zontalmente en puntos substancialmente en el plano horizontal del sistema de antena. Para una aclaración del significado del término "Polarización Vertical" se puede hacer referencia a un artículo titulado "Transmisión Polarizada" por Robert S. Kruse, en la página 9 del Q.S. T. 1926 publicado por la "American Radio Relay League".

En la práctica hemos encontrado que, cuando el conductor secundario esté rodeado por un campo inductor de gran intensidad, o cuando un campo inductor de intensidad aun relativamente corta se ajusta a una determinada frecuencia óptima, el área dentro de la cual se puede descubrir el campo secundario que resulte cubre distancias hasta hoy inesperadas, y así este fenómeno puede utilizarse para localizar conductores desconocidos, tales como cuerpos minerales buenos conductores de la electricidad, tuberías, y similares, y hemos encontrado también que un reconocimiento apropiado de los principios que se versan hace posible que pueda obtener los mejores resultados conmensurados con las condiciones que se tengan a mano. Si bien es cierto que este invento se refiere particularmente a la aplicación de los fenómenos de relación de resonancia y fase a métodos de localizar conductores desconocidos por métodos de re-radiación, expondremos primeramente en sentido general, los factores que afectan principalmente la re-radiación, y que afectan el empleo de una bobina sobre la que obran simultáneamente dos o más campos de frecuencia idéntica y que controla la determinación de la situación del eje de un campo secundario, con el fin de que se pueda tener un enten-



dimiento claro de la aplicación de este invento.

Los dibujos que se acompañan ilustran los principios comprendidos en la aplicación de nuestro invento, y ciertos aparatos usados para llevar a la práctica la misma. Refiriéndose a los dibujos.

La figura 1, ilustra esquemáticamente el empleo de una bobina receptora como buscador de dirección.

La figura 2, es una representación esquemática de la dirección resultante de dos campos electromagnéticos, según se obtiene al usar una bobina buscadora de dirección.

La figura 3, es una representación esquemática que muestra el efecto de relación de fase sobre el campo resultante.

La figura 4, es una ilustración del efecto de un conductor secundario desconocido sobre un receptor de bobina.

La figura 5, ilustra las lecturas correctas de (desviación, perfil o encuentro) "strike" obtenidas en la región de un conductor desconocido, de acuerdo con nuestro invento.

La figura 6, es una sección vertical esquemática que ilustra el método de obtener lecturas de inclinación de acuerdo con nuestro invento.

La figura 7 y la 8 son secciones verticales esquemáticas que ilustran las lecturas de declive o inclinación obtenidas con las corrientes componentes de la bobina, debido a que los campos primario y secundario se encuentran fuera de fase. Las figuras 9 y 10, son secciones verticales esque-



máticas que ilustran el efecto de resonancia sobre la potencia del campo secundario.

La figura 11, es un diagrama eléctrico de un aparato transmisor que puede emplearse en conexión con nuestro invento.

La figura 12, es una vista esquemática, en perspectiva de una bobina receptora que puede emplearse en conexión con nuestro invento, en que los circuitos eléctricos conectados a la misma se muestran también esquemáticamente.

La figura 13, es una elevación de la bobina receptora junto con los medios de soporte para la misma. La figura 14, es una vista de planta de la misma.

La figura 15, es una vista en perspectiva que ilustra el método de determinar la situación en vista de planta de un conductor subterráneo.

La figura 16, representa el método de trazar lecturas de declive o inclinación.

La figura 17, muestra un método de trazar a fin de determinar la profundidad del centro del conductor.

La figura 18, es una representación esquemática del efecto de la distancia relativa de la bobina receptora de las fuentes de campo primario y campo secundario, y entre dichas fuentes, sobre la relación de fase entre los campos primario y secundario en la posición de la bobina receptora.

Con el propósito de exponer claramente las leyes que gobiernan la acción de una bobina usada con el propósito de encontrar direcciones, se hace referencia primeramente a la figura 1, que muestra la



curva característica de la intensidad de corriente inducida en una bobina 1, por un solo campo polarizado verticalmente, conforme se hace girar dicha bobina  $360^\circ$  al derredor de un eje vertical, en una posición substancialmente en el plano horizontal de la fuente del campo. En esta figura, la bobina se muestra en vista de planta y el eje vertical de la misma se indica en  $O_v$ . La dirección de las líneas magnéticas de fuerza se indican por la flecha curva. Es bien sabido para aquellos versados en el arte, que al momento de obtener la inducción máxima de corriente, y de aquí la intensidad máxima de señal, el plano de la bobina se extiende en la posición que se ilustra a saber, en una dirección hacia el eje del campo electromagnético, mientras que en cualquiera otra posición de la bobina, la corriente sigue la curva en figura de ocho que se muestra. Desde luego, esto se debe a una variación en el flujo total a través de la bobina, la posición en que se tiene la intensidad máxima de señal es aquella en que dicho flujo llega a su máximo. Si por otra parte, la bobina se cambia a la posición que se ilustra y se hace girar entonces al derredor de su eje horizontal  $O_h$ , se encontrará que conforme la posición de la bobina se aleja de una posición vertical, la intensidad de la corriente disminuye, también y sigue una curva similar en figura de ocho. Por lo tanto, la bobina indica por su posición vertical que el campo está polarizado verticalmente, es decir, que el eje de dicho campo es vertical. Según antes se indica, las líneas magnéticas de fuerza de tal campo, en la posición de la bobina, se extienden substancialmente en senti-



do horizontal, o perpendicular al plano de la misma en el momento de intensidad máxima de señal. Si el campo estuviera polarizado al derredor de un eje que no fuera vertical, entonces, la rotación de la bobina al derredor de un eje horizontal, señalando hacia la fuente del campo daría una inducción máxima de corriente cuando el eje  $Oy$  de la bobina, se extendiera en una dirección paralela al eje del campo y de este modo indicaría la dirección de polarización del mismo. Por lo tanto, se verá que una bobina receptora puede emplearse para indicar tanto la dirección hacia el eje del campo como la dirección de polarización del mismo.



Se puede hacer notar aquí, que, en la práctica real y positiva, se acostumbra, en lugar de determinar directamente la posición de la bobina para obtener una inducción máxima de corriente, anotar la dirección indicada por las dos posiciones de inducción mínima de corriente (intensidad mínima de señal) y después tomar como dirección de un máximo una dirección a la mitad del tramo entre los dos puntos de inducción mínima. Esto es por razón de que los mínimos generalmente son mucho mas angostos que los máximos y de este modo se obtienen resultados más precisos. Sin la presencia del llamado "efecto de antena" los mínimos ocurrirán a  $180^\circ$  aparte uno de otro y de aquí que la dirección hacia el eje del campo será a  $90^\circ$  de cualquiera de los mínimos.

A menudo el efecto de antena tiende a hacer que los mínimos se ensanchen en lugar de estar cerca y tiende también a hacer que los mínimos ocu-



rran en otra relación que la de  $180^\circ$  aparte (menos de  $180^\circ$  en una dirección y más de esto en la otra). Al determinar la dirección de campos electromagnéticos para el propósito que tiene el invento que aquí se describe, resulta altamente esencial que dicho efecto de "antena" sea reconocido y compensado, o eliminado o reducido en tanto como sea posible, y con este propósito debe tenerse mucho cuidado en el diseño de la bobina y su aparato auxiliar. Este efecto de antena, junto con su influencia a hacer que se ensanchen o desvíen las lecturas de mínimos que se obtienen con una bobina, y los métodos de eliminarlo, se explican en el "Bureau of Standards Scientific Paper N.º. 428", página 541 a 544. Si bien es cierto que esta obra se refiere particularmente al efecto de antena cuando se aplica un solo campo sobre la bobina, se ha encontrado que los métodos de eliminación del efecto de antena que ahí se exponen, dan también resultados satisfactorios cuando se aplican dos o más campos, o imponen sobre la bobina; como por el método del presente invento. Estos u otros métodos de prevención deben seguirse, por lo tanto, en todos los casos, con el fin de asegurar que se obtengan los más precisos resultados.

En la figura.2, se representa la curva de la corriente inducida en una bobina por el campo resultante, hecho de dos campos componentes, que estén polarizados idénticamente pero cuyos centros están en diferentes direcciones de la bobina. En esta figura  $I_1$  representa la curva de la corriente que se produciría con el campo mayor, y  $I_2$  la que se pro-

duciría con el campo más pequeño. La curva de la corriente del campo resultante, para un caso en que los campos sean de frecuencia idéntica y cuando las corrientes inducidas en la bobina guarden una fase de  $0^\circ$  se muestra en I, e indicada según se ilustra la dirección hacia la fuente aparente del campo resultante.

El ángulo de distorsión aparente en la dirección del campo mayor, debido al efecto del campo más pequeño, está indicado en  $\Delta$ . Una diferencia en polarización de los dos campos componentes tendría efecto similar sobre la curva de la corriente. Por lo tanto, puede verse que si se toman una multitud de lecturas con una bobina en una región en que la misma este sujeta al campo resultante de dos campos electromagnéticos de diferentes direcciones y polarizaciones, entonces si la dirección hacia uno de los campos y su polarización son desconocidas, la situación del eje del otro campo puede calcularse.

También resulta evidente, por la figura 2, que la dirección aparente del campo resultante depende no solamente de las direcciones de los dos campos sino también de las intensidades relativas y de su relación de fase. En dicha figura, por ejemplo, la dirección del campo resultante está más cerca a la del campo mayor cuya curva de corriente se muestra en  $I_1$ , que a la del campo más pequeño. Por lo tanto, con el fin de obtener las indicaciones más precisas o exactas de la dirección del campo secundario que rodea un conductor desconocido, es ventajoso tener la potencia de dicho campo secundario tan grande como



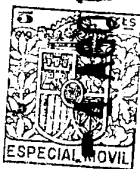
sea posible en comparación con el campo primario que se utiliza para inducir el flujo de corriente en dicho conductor. Este resultado se obtiene en ciertos casos, de acuerdo con nuestro invento, empleando un campo primario cuya frecuencia sea substancialmente la frecuencia resonante de dicho conductor, según se describirá a continuación.

El efecto que tiene la relación de fase sobre la dirección aparente del campo resultante se ilustra en la figura 3, en que  $I_1$  y  $I_2$  representan las curvas de corriente para los campos primario y secundario respectivamente.  $I_0$  es la curva de corriente resultante cuando las corrientes producidas por los dos campos están en fase, es decir con diferencia de  $0^\circ$  de fase, mientras que  $I_{180}$  es la curva correspondiente cuando las dos corrientes se encuentran a  $180^\circ$  fuera de fase. Las direcciones de la bobina para potencia mínima de señal se indican por las dos líneas M---M' una para una diferencia de  $0^\circ$  de fase y otra para una diferencia de  $180^\circ$  de fase, mientras que  $\triangle_0$  y  $\triangle_{180}$  representan la distorsión aparente en dirección del campo primario en los dos casos.

Se verá que cuando las dos corrientes guardan una relación de  $0^\circ$  de fase, el campo resultante se distorsiona de la dirección del campo primario hacia aquella del campo secundario, mientras que en el caso en que guardan una relación de  $180^\circ$  fuera de fase la distorsión está en una dirección que se aleja del campo secundario. Es también evidente que la corriente que resulta es mucho mayor cuando



las dos corrientes están en fase que cuando se encuentran a  $180^\circ$  de fase. Cualquier proporción de alejamiento de relación de fase, disminuye por consiguiente, la potencia de la corriente resultante y da señales más débiles. También disminuye la angostura de los puntos mínimos y de aquí que hace que las lecturas sean menos precisas. Por lo tanto, es extremadamente ventajoso mantener una relación de  $0^\circ$  de fase substancialmente entre las corrientes inducidas en la bobina receptora por los campos primario y secundario, que pueda descubrirse aproximadamente por la intensidad mínima y la máxima de señal. La determinación exacta de la frecuencia a que los campos primario y secundario están en  $0^\circ$  relación de fase se basa en el hecho antes citado, ya que en esta frecuencia se obtiene la desviación máxima de la dirección aparente del campo resultante de la del campo primario hacia la del campo secundario, y esta determinación puede llevarse a cabo según se describe con anterioridad.



El establecimiento de una condición en fase, depende de la relación que haya entre las distancias de las fuentes de los dos campos, de uno a otro y del aparato detector o buscador de dirección, sobre la dirección del conductor secundario con respecto a la polarización del campo primario, y sobre la frecuencia del campo. El significado de una "relación en fase" o una "relación de  $0^\circ$  de fase" se ilustra esquemáticamente en la figura 18, en que la posición relativa de la estación primaria transmisora, el conductor secundario, y la estación receptora

están indicadas. Se verá de las curvas que se emplean para representar las alternancias de los campos que con la frecuencia particular que se ilustra, los campos primario y secundario están exactamente en fase uno con otro en la posición de la bobina receptora, y si estos campos cortan los conductores de la bobina receptora en la misma dirección las dos corrientes estarán también exactamente en fase una con otra. Si bien es cierto que con un mero fin de ilustración hemos demostrado la distancia entre la estación transmisora, conductor desconocido y estación receptora, como de una o más longitudes de onda, se entiende que con las frecuencias empleadas actualmente, dichas distancias, en general, serán solamente fracciones de la longitud de onda. Los mismos principios de relación de fase, sin embargo, serán aplicables.



Al practicar nuestro invento preferimos establecer un campo electromagnético primario, polarizado verticalmente, en la región que se va a explorar. Una corriente se induce por medio de este campo en cualquier cuerpo conductor, tales como cuerpos minerales, que pueda existir debajo y suficientemente cerca de la superficie de la tierra en esta región, y dicha corriente inducida, a su vez, establecerá campos secundarios electromagnéticos cuyos ejes correspondan substancialmente a los ejes de inercia de dichos cuerpos. La dirección de las líneas de fuerza de cualquiera de dichos campos, en cualquier punto de la región, será diferente de la de las líneas de fuerza del campo primario. Esta

condición se ilustra esquemáticamente en la figura 4, que puede considerarse, por vía de ejemplo, como una vista de planta. La dirección de las líneas electromagnéticas de fuerza del campo primario está indicada por la flecha curva. El eje imaginario de un cuerpo mineral subterráneo se muestra en  $X---X^1$ , y la dirección, en la posición de la bobina, de las líneas electromagnéticas de fuerza del campo secundario establecido al alrededor de dicho cuerpo, se indica por la flecha derecha. Bajo estas circunstancias la bobina en la posición de intensidad de señal máxima no se extenderá en la dirección hacia el eje del campo primario como pasa en la figura 1, sino que se desviará por un determinado ángulo, dependiendo esto de las potencias relativas de los campos primario y secundario, y sobre su relación de tiempo de fase por ejemplo a la posición que está indicada. Dicho modo de funcionar de la bobina indica la presencia de un cuerpo conductor subterráneo. El ángulo horizontal entre la dirección del eje horizontal de la bobina (tomado más o menos hacia el eje del campo primario) y una dirección conocida, como por ejemplo el norte, puede por conveniencia llamarse el ángulo de desviación correcta "strike" y las lecturas obtenidas como se describe antes proporcionan indicaciones importantes con respecto a la situación de un conductor subterráneo.

Un conjunto típico de lecturas de "strike" que se podrían obtener arriba de un cuerpo conductor muy grande, que tuviera un eje  $X---X^1$ , se muestra en la figura 5. Dichas lecturas son aproximadamente paralelas al cuerpo conductor en puntos que



quedan directamente sobre el mismo y para cortas distancias a ambos lados. Mas allá de una determinada distancia hacia cualquiera de los lados del conductor los "strikes" señalan substancialmente en la dirección de la fuente del campo primario, mientras que en puntos intermedios varían gradualmente entre estos dos extremos.

Una configuración de esta clase de "strikes", en que las lecturas están desviadas de la posición normal bajo la influencia del campo primario solamente, indica claramente la presencia de un campo secundario, y la zona de desviación máxima de dichos "strikes" indica aproximadamente la "vista de planta" o el perfil horizontal del eje de dicho campo secundario y de aquí el del conductor subterráneo.

El receptor de bobina puede también emplearse para obtener indicaciones con respecto a la profundidad de cuerpos conductores desconocidos así como su situación en vista de planta.

Esto se debe al hecho de que, en las cercanías de dichos cuerpos, la bobina da una intensidad máxima de señal en una posición que no es vertical, por razón del efecto que tiene el campo secundario que hay ahí. Si en la figura 5, a una posición determinada de la bobina, tal como por ejemplo se indica por la flecha P, la bobina se hace dar vuelta al derredor de un eje vertical hasta que se encuentre en la dirección de tal flecha, es decir, la dirección de intensidad máxima de señal, y si entonces dicha bobina se hace girar al derredor de su eje horizontal mientras que dicho eje horizontal se mantenga en la dirección de dicha flecha, se encontrará



que a una cierta o determinada inclinación de la bobina la intensidad de señal será mayor que en la posición vertical.

Esta condición se ilustra en la figura 6, que es una sección esquemática, vertical y transversal de un cuerpo mineral subterráneo Y que tiene su eje en  $O_x$ . La bobina en el punto P dará entonces una indicación máxima a determinada inclinación tal como la que se muestra, siempre y cuando los dos componentes de la corriente resultante de la bobina, uno debido al campo primario y el otro debido al campo secundario, guarden substancialmente una relación de "en fase", debido al efecto del campo secundario al derredor de dicho cuerpo mineral, cuyas líneas electromagnéticas de fuerza se extienden substancialmente en la dirección indicada por medio de las flechas. El ángulo de inclinación de la bobina "con respecto a la posición vertical" para recepción máxima de señal, es decir, el ángulo LPD (figura 6) puede denominarse el ángulo "de declive" (dip) y las variaciones en lecturas de inclinación proporcionan indicaciones importantes con respecto a la situación, y particularmente con respecto a la profundidad de cuerpos conductores desconocidos, según se explicará a continuación más detalladamente.

En un punto directamente arriba del conductor, la bobina estará vertical "0° de inclinación" y las posiciones de cero "inclinación" o declive, entre "inclinaciones" o declives convergentes dan una nueva indicación con respecto a la situación en vista de planta del conductor. Conforme se mueve la bobina hacia fuera de esta posición, en cualquier di-



recepción, las lecturas de declive o inclinación aumentan gradualmente a un máximo y luego disminuyen nuevamente conforme la bobina va saliendo de la región en que está afectada en manera notable por el campo secundario. El punto en que la bobina indica primeramente una "inclinación" (dip) de cero, al ser alejada de un conductor y a través de una región de declives (inclined dipo) puede llamarse un punto vertical neutro y las desviaciones de dichos puntos verticales neutros con las variaciones de frecuencia del campo primario se utilizan de acuerdo con nuestro invento para determinar la frecuencia óptima del campo primario que se emplea en localizar cada uno de los cuerpos conductoras, es decir la frecuencia que causa el efecto máximo de distorción de la dirección del campo primario hacia aquella del campo secundario.



Si las dos corrientes que forman los componentes de la corriente resultante de la bobina una de las cuales se debe al campo primario mientras que la otra se debe al campo secundario, están substancialmente en una relación fuera de fase, se puede mostrar que en general las "inclinaciones o declives (dips) no convergerán al derredor del eje del conductor secundario, sino que convergerán o se intersectarán arriba de la superficie de la tierra, tal como se muestra en la figura 7, hasta que el radio de la corriente debida al campo secundario y la corriente debida al campo primario expresado arbitrariamente como  $\frac{I'}{I}$  es mayor que  $\frac{1}{1}$ . Puede demostrarse también que con las corrientes componentes de la

bobina en una relación fuera de fase y un radio mayor que  $\frac{1}{1}$  las "dips" resultantes obtenidas a distancias substancialmente iguales a cualquiera de los lados de la vertical convergerán en puntos arriba del eje, según se ilustra mediante la figura 8. En la práctica una condición "fuera de fase" debe evitarse pues resulta en mínimos anchos debido a corrientes resultantes de bobina que son débiles y también por la razón de que a menos de que el radio  $\frac{I'}{I}$  sea mayor que  $\frac{1}{1}$  las inclinaciones convergentes sobre los ejes desconocidos no serán obtenidas. Por lo tanto preferimos mantener una relación de fase, ajustando la frecuencia del campo primario en relación a la distancia entre el punto de medida y las fuentes de los campos primario y secundario hasta que se encuentra una frecuencia en que las inclinaciones convergen abajo del conductor, según se describirá a continuación y en que el efecto máximo de distorsión se obtiene, según se indica, por ejemplo mediante una distancia máxima del punto "vertical neutro" a la vertical arriba del conductor.



La conservación de esta relación entre los dos campos no solamente da las lecturas más precisas, sino también asegura que las "inclinaciones o declives" sean interpretadas propiamente como convergentes un poco abajo del eje del conductor desconocido, según se describirá a continuación.

El efecto sobre el campo secundario, desde un punto de vista de resonancia, de variar la frecuencia del campo primario, se ilustra en las figuras 9 y 10. La forma e intensidad del campo

secundario, y por consecuencia el area sobre la que puede descubrirse mediante cualquier receptor de bobina particular u otros medios detectores, dependen de la distribución de corriente inducida en el conductor desconocido, lo que a su vez dependen de la medida, forma y caracter conductivo homogeneo del conductor, de la conductibilidad relativa de la substancia que lo rodea, y en caso de un conductor desconocido que tenga una frecuencia natural de oscilación de la frecuencia del campo primario electromagnético. Para un cuerpo conductor determinado y una potencia de campo primario dada, la potencia del campo secundario, en tal caso dependerá en parte, por lo menos, de la relación entre la frecuencia del campo primario y la frecuencia resonante del conductor desconocido.



Por ejemplo, refiriéndose a la figura 9, suponiendo un conductor desconocido que tenga su eje en  $O_x$ . Si la frecuencia del campo primario es exactamente igual a la frecuencia resonante de dicho conductor la corriente inducida en el conductor llegará a un máximo, y por consecuencia la potencia del campo secundario tendrá un valor máximo.

Si se traza una línea a través de todos los puntos en un plano perpendicular dado, con respecto al eje  $O_x$  en que el campo secundario es de igual intensidad dicha línea se aproxima a un círculo que corta la superficie de la tierra, por ejemplo, en K y L. Si esta intensidad es la menor que puede descubrirse con los medios que se tienen a mano, entonces se verá que con el campo primario en resonancia con el conductor desconocido, el campo secun-

dario se puede descubrir sobre la superficie de la tierra en cualquier punto situado entre K y L, (no-tomando en consideración, por el momento, el efecto de relación de fase) K y L, son por lo tanto puntos de "vertical neutra" para frecuencia resonante.

Con cualquier frecuencia de campo primario que no sea una frecuencia resonante, resultará una intensidad menor de campo secundario. Luego entonces, con una frecuencia no resonante el círculo de campo secundario mínimo descubrible cortará la superficie de la tierra en puntos más cercanos uno de otro, tales como M y N, de manera que el área sobre la superficie de la tierra, dentro de la que dicho campo puede descubrirse es así considerablemente más angosta que antes. Los puntos de "vertical neutra" a esta frecuencia están por lo tanto, en M y N. Si la frecuencia se aleja todavía más de la frecuencia resonante se puede hacer que el círculo interior prevalezca, bajo cuyas condiciones no se obtendrían absolutamente ningunas indicaciones con respecto al campo secundario al derredor del eje  $O_x$ .

El uso de un campo primario de frecuencia resonante con respecto al conductor desconocido no solamente hace posible que se manifieste el campo secundario a distancias mayores a ambos lados del conductor, sino también a través de distancias mayores en sentido longitudinal de este último. Este hecho se ilustra en la figura 10, en que la curva de forma elíptica que corta la superficie de la tierra en S---T, representa las condiciones en que apenas si se manifiesta o descubre el campo secundario al



derredor del conductor X---X' con los medios que se tienen a mano, cuando el campo primario se halla en resonancia con dicho conductor. Con una frecuencia diferente, dicha curva cortará la superficie de la tierra en puntos más cercanos uno de otro, tales como U---V, o puede no llegar en absoluto hasta la superficie de la tierra, según se indica por medio de la curva interior. Por lo tanto es evidente que entre más estrechamente se aproxime el campo primario a resonancia con el conductor desconocido, más estrechamente, la distancia sobre la superficie de la tierra, y en sentido longitudinal al conductor, a través de la cual se pueden obtener indicaciones del campo secundario, se aproximará a la longitud actual de dicho conductor. El uso de un campo primario cuya frecuencia sea substancialmente igual a la frecuencia de oscilación natural del conductor desconocido permite, por consecuencia, que se obtengan indicaciones más precisas con respecto a la longitud de dicho conductor.



Por lo tanto, una de las características más importantes de nuestro invento consiste, en algunos casos, en hacer que el campo primario tenga una frecuencia igual a la frecuencia de oscilación natural del conductor subterráneo cuya posición se va a determinar, y en los métodos de determinar esta frecuencia y de interpretar los resultados que se obtengan.

Describiremos ahora ciertos aparatos que se pueden emplear a fin de llevar a la práctica nuestro método mejorado. Cualquier forma adecuada

o bien conocida de aparato transmisor se puede emplear con el propósito de crear el campo primario electromagnético que comprende líneas de fuerza eléctrica y magnéticas, por ejemplo, según se muestra en la figura 11, dicho aparato transmisor puede comprender una antena 5 y una conexión de tierra 6, entre las cuales esté conectada una inductancia sintonizante variable provista de un contacto movable 8, para ajustar el circuito oscilatorio a cualquier frecuencia deseada. 9 es una inductancia sintonizante por medio de la que se puede inducir en los elementos 5, 6, 7 y 8, antes citados, las corrientes eléctricas alternas de alta frecuencia que fluyen en ella, siempre que la frecuencia de la corriente en la inductancia sintonizante 9, esté ajustada por los contactos 10, 11 y 12, para corresponder a la frecuencia de oscilación de los elementos 5, 6, 7 y 8. Un tubo electrónico de tres electrodos se indica en 13 y está provisto del filamento 14, placa 15, y rejilla 16. 17 es un escudo de rejilla de resistencia adecuada dependiendo de las características del tubo electrónico empleado, y 18, es un condensador de rejilla de capacidad apropiada. Una fuente adecuada para el abastecimiento de corriente eléctrica, tal como por ejemplo una batería 19, está conectada al filamento 14, con el fin de calentarlo y las características eléctricas de tal abastecimiento de corriente deben conformar con los requisitos del tubo electrónico que se emplee, una fuente adecuada de abastecimiento directo, como por ejemplo el generador 20, está conectada al circuito de la placa del tubo 13, y



dicho generador esté adaptado a modo de abastecer o alimentar corriente directa al tubo, que tenga un voltaje adecuado a las características del mismo. 21 es un condensador de protección y 22 un condensador de paso para evitar cortos circuitos en el generador 20, a través de la inductancia 9. 23, es una bobina de obstrucción de alta frecuencia para evitar que corrientes oscilantes fluyan a través del generador 20.



La operación del aparato transmisor antes descrito con el fin de producir campos electromagnéticos alternos de alta frecuencia es tan bien conocida en el arte de radio comunicación que no requiere ser descrita detalladamente en este caso. Quéda entendido que mediante el ajuste de los miembros de contacto 10, 11, y 12, la frecuencia del campo establecida por éste aparato puede hacerse variar entre límites bastante extensos y esta habilidad para producir campos de frecuencias que varíen dentro de límites bastante extensos es esencial para los propósitos de nuestro invento.

Aunque hemos descrito e ilustrado una forma particular de aparato transmisor para generar campos electromagnéticos de alta frecuencia, debe entenderse que cualquier método de crear estos campos de forma constante o interrumpida, amortiguada o no amortiguada tales como un generador de alta frecuencia. "Arco pulsatorio", o un tubo electrónico, o como un "tubo oscilador de potencia" o un sistema de chispa o zumbador, o cualquier otro método de generar campos electromagnéticos amortiguados o no amortiguados, o

en general cualquier método de crear un campo electromagnético de alta frecuencia que comprenda tanto líneas eléctricas como magnéticas de fuerza puede utilizarse en lugar del método que antes se ilustra.

Con el propósito de determinar la dirección de los campos electromagnéticos resultantes en el area que se está explorando y de aquí determinar la situación de conductores subterráneos que existan debajo de dicha area, preferimos emplear un aparato receptor que comprenda una bobina o antena de cuadro montada sobre un tripié que tenga medios por nivelar y orientar dicho receptor; montando la bobina de tal manera que se permita su rotación al derredor de un eje horizontal y un eje vertical de tal modo que la bobina pueda colocarse o llevarse hasta cualquier plano deseado. También se han provisto medios para indicar tanto los ángulos horizontal y vertical del plano de la bobina en cualquier momento. Dicho aparato puede comprender, como se ilustra en las figuras 12, 13 y 14, un devanado de alambre 1, de suficientes vueltas y dimensiones para interceptar eficientemente, en combinación con el condensador variable 26, con el propósito de sintonizar o poner en resonancia, una cantidad suficiente de energía de los campos electromagnéticos producidos por el equipo transmisor o por el conductor desconocido o el resultante de ambos de dichos campos. La bobina está montada sobre un eje horizontal 27, que esté, a su vez, montado sobre un aparato apropiado de soporte tal como una abrazadera semi-circular 28, montada a modo de girar al derredor



de un eje vertical 29, sobre un tripié de soporte 30. Medios adecuados de escala 31, y 32, pueden proveerse para indicar la rotación de la bobina al derredor del eje horizontal 27, y el eje vertical 29. Aparatos apropiados para nivelar 33, se puede proveer de modo que el eje 29, pueda llevarse con precisión hasta una posición vertical y el eje 27, hasta una posición horizontal, y un telescopio 34, se puede proveer para orientar el aparato con respecto a una dirección conocida, por ejemplo el Norte.



Las dos terminales 35, y 36, de la bobina 1, estén conectadas respectivamente a la rejilla 37, y placa 38, de un aparato detector de tubo electrónico 40, que está también provisto del filamento usual 39. La conexión entre la terminal 35 y rejilla 37 comprenden un condensador y escape de rejilla 41 mientras que la conexión entre la terminal 36, y placa 38 comprende un condensador de placa 42. La terminal 43 que está colocada aproximadamente en medio del bobinado o devanado 1, esté conectada a una terminal de filamento 39. Medios adecuados, tales como una batería 44 se pueden proveer para abastecer corrientes electricas con el fin de calentar el filamento 39 y un reóstato 45 se puede aplicar para regular dicho abastecimiento de corriente. Una fuente adecuada de abastecimiento de corriente directa, tal como una batería 46 puede conectarse al circuito de placa del tubo 40, dicha batería está adaptada a modo de alimentar corriente a un voltaje correspondiente a las características de dicho tubo. Un aparato adecuado para indicar la corriente eléctrica, tal como por ejemplo un par de recepto-

res de teléfono indicados en 47 está conectado también en serie a la batería 46. El circuito que se acaba de describir constituye un circuito detector llamado oscilante, bien conocido en el arte de radiocomunicación y se entiende que cualquier circuito detector o medios adecuados se pueden emplear con el fin de descubrir y medir la corriente que recibe la bobina 1 en lugar del que antes se ilustra y describe. Las distintas partes del circuito que se ilustran en la figura 2 pueden montarse convenientemente en una cubierta adecuada 48 que se puede suspender en el tripié 30, según se muestra en la figura 13.



Cuando la bobina 19, se coloca en la región de un campo electromagnético de manera tal que las líneas de fuerza magnéticas de dicho campo cortan dicha bobina, se induce una pequeña fuerza electromotriz con un flujo de corriente resultante en el circuito compuesto de dicha bobina y el condensador variable 26, siempre que dicho condensador haya sido ajustado de tal manera que dicho circuito esté en resonancia con el campo magnético ya citado. ahora bien, si el circuito oscilante se ajusta por medio del condensador variable, 26 a modo de que esté ligeramente fuera de resonancia con el campo electromagnético, entonces se dejará oír un sonido en los receptores telefónicos 47 cuyo punto extremo dependerá de la diferencia en frecuencia entre la corriente eléctrica inducida en el circuito oscilante por el campo electromagnético y la corriente eléctrica establecida entre el tubo electrónico y el elemento detector oscilante. Así que la intensidad

del sonido producido en los receptores telefónicos variará conforme se hace girar la bobina al derredor de su eje, y la posición de la bobina en que la intensidad de dicho sonido llega a un máximo será aquella en que la fuerza electromagnética está en su máximo. Es bien sabido que esta posición es tal que el plano de la bobina está perpendicular a la dirección de las líneas de fuerza magnéticas del campo en que la bobina está colocada, o si dos de dichos campos existen juntos, entonces el plano de la bobina para obtener una recepción de máxima intensidad de señal está perpendicular a las líneas electromagnéticas de fuerza del resultante de dichos campos.



Por lo tanto, se verá que si el aparato receptor que antes se describe, se coloca en un punto en la región de un conductor desconocido y se nivela y orienta en forma ya bien conocida, entonces si dicha bobina se somete a los efectos combinados de un campo primario y un campo secundario, establecidos al derredor de dicho conductor subterráneo, las lecturas de desviación correcta, o encuentro (strike) y declive o inclinación (dip), del resultante de dichos campos, según antes se describe, pueden ser determinados con suma facilidad.

Podemos ahora explicar los medios de localizar el eje de un conductor subterráneo desconocido, utilizando los fenómenos antes citados para obtener los resultados más precisos o exactos. En la práctica procedemos en la forma que se explica en los párrafos siguientes:

Preferentemente se hacen tres acota-

ciones en el área que se va a explorar, como sigue:

1. Una acotación preliminar.
2. Otra acotación intermedia.
3. Y una acotación final.

La acotación preliminar se hace primeramente con el fin de determinar la situación aproximada de cualquier conductor desconocido que pudiera existir dentro del área que se está explorando.

Un campo electromagnético alterno, de polarización conocida, polarizado verticalmente, de preferencia, se aplica al área que se está explorando, por medio del aparato que se ilustra en la figura 11 y se toman medidas de la dirección del campo en distintos puntos de esta área, mediante una bobina buscadora de dirección, tal como se muestra por ejemplo en las figuras 12, 13 y 14. La frecuencia del campo primario se hace variar hasta que se obtienen indicaciones que denotan que hay un conductor en las cercanías de tal punto.



Dichas indicaciones incluyen una distorsión en la dirección de los "strikes" de la dirección real del eje del campo primario, según se muestra en la figura 5, y además inclinaciones o declives convergentes directamente arriba del conductor, según se muestra en la figura 6. El ángulo de encuentro se obtiene haciendo girar la bobina buscadora de dirección al derredor de un eje vertical, mientras se mantiene el devanado en un plano vertical.

En exploraciones preliminares el ángulo de inclinación se obtiene colocando la bobina, mientras que esté vertical, en la posición máxima de

"strike" y haciéndolo girar entonces al derredor de su eje horizontal. Un ejemplo de lecturas de inclinación o declive así obtenidas, se muestran en la figura 15. Entre los ángulos convergentes de inclinación como en 51, y 52 se encontrará una línea 53, sobre la que todos los declives o inclinaciones, tal como en 54, estarán verticales, esto denota la vista de planta del eje del conductor desconocido. Sobre esta misma línea ocurrirá también la mayor distorsión en las lecturas según es evidente por la figura 5. Los puntos 55, y 56 en la figura 15 indican posición de vertical neutra para la frecuencia del campo primario que fué empleado.



En seguida se hace una acotación intermedia en turno sobre cada indicación para determinar la frecuencia óptima, es decir, la frecuencia que dará las indicaciones más precisas de situación. Se puede hacer variar la frecuencia de campo primario hasta que la "vertical neutra" arriba referida (véase la figura 6) se aleja todo lo más de las inclinaciones, dicha posición extrema denota la mayor intensidad del campo secundario al derredor del conductor desconocido. La "vertical neutra" para cada frecuencia de campo primario se determina con tomar las lecturas de inclinación o declive en la misma forma que antes, en ambos lados de la vista de planta indicada del eje del conductor desconocido, y determinar el punto en que estas inclinaciones se convierten en verticales. Se encontrará que la frecuencia que dé la mayor distorsión aparente del campo primario hacia el campo secundario es también aquella que dá los "mínimos" más cercanos. La frecuen-

cia del campo primario en que existen estas indicaciones de punto máximo de influencia del campo secundario y mínimos más agudos, puede, en algunos casos, ser considerada substancialmente como la frecuencia resonante del conductor subterráneo o puede ser la frecuencia a que las corrientes indicadas en la bobina receptora por los campos primario y secundario se encuentran substancialmente en una relación de cero grados de fase, o puede ser la frecuencia a que los efectos combinados de estas dos influencias llegan a su máximo; y un campo primario de esta frecuencia se emplea para hacer la acotación final.



Se pueden emplear otros métodos para determinar la frecuencia óptima del campo electromagnético, por ejemplo, la bobina receptora puede colocarse en un solo punto en cualquier lado de la posición indicada del conductor secundario, se hace variar la frecuencia y se anota la distorsión de la bobina en una posición vertical en cada una de las frecuencias hasta que se encuentra una frecuencia en que la distorsión llega a un máximo y los mínimos llegan a su punto más agudo, y luego, haciendo variar nuevamente la frecuencia en la misma dirección la distorsión vuelve a disminuir y los mínimos se vuelven menos agudos. Dicha frecuencia de distorsión máxima y mínimos más agudos, es entonces la frecuencia óptima. En cualquier caso, al determinar esta frecuencia se debe tener especial cuidado de que la distorsión que se observe vaya de la vertical en dirección del eje del conductor y no lejos de tal punto. En caso de que se emplee el método "vertical neutra" esta condición puede satisfacerse

por tanto tiempo como las lecturas de inclinación tomadas en puntos sucesivamente más lejanos de la posición indicada, del conductor converjan o se crucen en puntos a profundidades mayores (es decir, abajo del conductor como en la figura 16) en lugar de puntos a profundidades menores (es decir, arriba del conductor como en la figura 8) o arriba de la superficie como en la figura 7. Cuando se usa el otro método de distorsión de la vertical (la inclinación o declive) aumenta hasta llegar a determinada frecuencia y luego disminuya nuevamente.



Se hace entonces una acotación final de cada región, en turno, en que se haya obtenido una indicación de un campo secundario, con el propósito de obtener lecturas precisas de inclinación o declive, de las que se puede determinar la profundidad de conductores desconocidos. Se exploran o examinan cortas distancias transversales a ángulos rectos con respecto al eje indicado del conductor desconocido que se extiendan a un punto arbitrario en cualquier lado de la línea de verticales arriba del eje, usualmente de 50 a 200 pies, y estas transversales se separan a intervalos iguales a lo largo de la línea de verticales que se obtienen arriba del eje, dependiendo de su longitud total; una distancia razonable es de 25 a 50 pies dependiendo de la profundidad del conductor desconocido, sobre estas transversales se toman lecturas de inclinación o declive a distancias iguales o convenientes, en cualquier lado de la vertical, manteniéndose siempre el campo primario en la frecuencia óptima de-

terminada según antes se ha descrito. Estas lecturas finales de inclinación o declive se obtienen todos colocando el eje horizontal de la bobina paralelo a la proyección en plano horizontal del eje indicado; en otras palabras, paralelo a una línea horizontal tirada a través de las verticales proyectadas verticalmente a través del eje del conductor. La bobina se coloca en esta posición con el objeto de que se le pueda imprimir el mayor efecto del campo secundario. Se hace entonces girar al derredor de su eje horizontal para obtener el declive. Estos se trazan entonces en vista de perfil. La figura 16 ilustra un ejemplo de una vista de perfil obtenida en un corte en sección de estos, reconociéndose debidamente el contorno de la superficie sobre la que se hacen las lecturas, en los puntos 61 a 66. El punto 53 es como en la figura 15, un punto de vertical directamente arriba del eje. Se verá que las inclinaciones o declives no se intersectan en un punto común, sino que tomadas en puntos equidistantes a cualquier lado de la vertical se intersectan una con otra sobre la proyección vertical 53, 59 de la vertical, haciéndose la compensación debida para los errores personales o desviación con motivo de las condiciones perturbantes en los alrededores, etc.. Las proyecciones que dan la indicación más cierta de la profundidad son aquellas tomadas inmediatamente junto a la vertical sobre el eje, como en 61 y 64, porque se ha encontrado que el ángulo de distorsión es mínimo cuando el ángulo entre una línea vertical y la dirección de la posición de la bobina hacia el eje es



también mínimo. El eje eléctrico del conductor desconocido estará ligeramente, por lo general, arriba de la intersección de las dos lecturas inmediatamente adyacentes a la vertical, y si bien es cierto que la situación exacta puede determinarse por más o menos cálculos comprendidos que dependen del radio de intensidad de los campos primario y secundario, y de su relación de fase en tiempo en el punto en que se toman las lecturas, dicha precisión de medidas no es de valor suficiente a las operaciones de minería que se refieren a la explotación de la indicación para justificar el tiempo y costo de las mismas.



Un método simple y aproximado de determinar la profundidad del eje del conductor por extrapolación gráfica se ilustra en la figura 17.

Se trazan como abscisas las distancias horizontales de los puntos 61, etc., de la figura 16, del punto 53, y por otra parte, como ordenadas, para cada uno de dichos puntos, la profundidad a que el ángulo intersecta la vertical 53, 59. Se pueden trazar entonces curvas a través de los puntos 61, etc., así obtenidos, y el punto 68 en que estas curvas intersecten la vertical 53, 59 indica la profundidad aproximada del eje.

Es evidente de lo anterior, que nuestro método hace posible obtener los resultados más precisos, particularmente porque primeramente se determina la frecuencia a que el campo secundario ejerce un efecto máximo de distorsión, y las medidas finales se toman con un campo de esta frecuencia. En cualquier punto en que se hagan las medidas, por lo tanto, la dirección indicada del campo electromag-

nético resultante se aproxima tanto como es posible a la del campo secundario. En otras palabras, el efecto relativo del campo primario se reduce al mínimo obteniendo el efecto de distorsión más fuerte que sea posible debido al campo secundario.

Las ventajas de este método son especialmente notables cuando existen dos o más conductores desconocidos tan cerca uno al otro que la bobina receptora es influenciada por los campos secundarios que rodean ambos conductores así como por el campo primario. Como esta condición se encuentra a menudo en la práctica, el uso del método antes descrito hace posible aplicarlo a la solución de problemas que serían prácticamente imposibles de resolver con precisión mediante otros métodos.

En tales casos, de acuerdo con nuestro invento, la frecuencia óptima para cada conductor se determina en turno por medio de los métodos antes expuestos, y esta frecuencia se emplea al hacer la inspección final de tal conductor. Bajo estas circunstancias el efecto relativo del campo secundario establecido por el conductor particular está en un máximo, si se compara no solamente con el campo primario sino también con otros campos secundarios adyacentes, de modo que se obtiene una precisión máxima en los resultados.

Aunque hemos descrito nuestro invento particularmente en relación con la localización de cuerpos minerales conductores, se entiende que puede aplicarse a la localización de cualquier conductor subterráneo, tales como tuberías, cables y simila-



res.

-o- N O T A -o-

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de VEINTI años, son los siguientes:

1º. - El método de localizar cuerpos electro-conductores desconocidos que se describe aquí y que consiste en hacer que fluyan corrientes eléctricas alternas en dichos cuerpos envolviendo dichos cuerpos en un campo primario electromagnético de alta frecuencia y que comprende líneas de fuerza magnéticas y eléctricas y después determinar la posición de dichos cuerpos conductores localizando los campos secundarios electromagnéticos que rodean dichos cuerpos debido a dichas corrientes eléctricas y determinar la posición del eje de dicho campo secundario midiendo la distorsión aparente en dirección del campo primario por dichos campos secundarios.

2º. - El método de localizar cuerpos electro-conductores desconocidos que se describe aquí y que consiste en hacer que fluyan en dichos cuerpos corrientes alternas eléctricas, envolviendo dichos cuerpos en un campo primario electromagnético alterno compuesto en parte de un campo de inducción, y después determinar la posición de dichos cuerpos conductores localizando los centros de los campos secundarios electromagnéticos inducidos que rodean los cuerpos desconocidos, debido a dichas corrientes eléc-



tricas.

3°. - El método de localizar cuerpos conductores, que comprende descubrir la presencia de un cuerpo tal por métodos electromagnéticos que comprenden el establecimiento de un campo electromagnético primario al derredor de dicho cuerpo y notar la distorsión aparente del mismo por el campo secundario al derredor de tal cuerpo, determinar entonces por métodos electromagnéticos la frecuencia a que las corrientes inducidas en una bobina receptora por el campo primario y el secundario están substancialmente en fase una con la otra, y determinar luego la situación del cuerpo conductor localizando el eje de dicho campo secundario usando métodos electromagnéticos que comprenden el establecimiento de un campo primario cuya frecuencia sea igual a la frecuencia así determinada, y determinar la distorsión aparente de dicho campo primario, en una multitud de puntos, debido al campo secundario resultante al derredor del cuerpo conductor.

4°. - El método de determinar la proyección horizontal de conductores subterráneos, que comprende el establecimiento de un campo primario electromagnético de alta frecuencia en la región de tal conductor a modo de causar que una corriente eléctrica alterna inducida fluya en dicho conductor y establezca un campo electromagnético secundario al derredor de dicho conductor, determinar la proyección horizontal del eje de dicho conductor por medio de los efectos que resulten de dichos campos primario y secundario sobre una bobina receptora, en puntos espaciales, sobre la superficie de la tierra; determinar, en una multi-



tos de puntos separados, sobre la superficie de la tierra y a cada lado de dicha proyección horizontal la dirección angular vertical del plano en que un receptor de bobina, al girar al derredor de un eje paralelo a dicha proyección horizontal, en cada uno de dichos puntos recibe la intensidad máxima de corrientes, mientras se mantienen las líneas magnéticas de fuerza del campo primario substancialmente horizontales en dichos puntos; y determinar las profundidades a que estas direcciones intersectan las verticales tiradas a través de dichas proyecciones horizontales y de aquí determinar por extrapolación la profundidad de dicho conductor.



5º. - El método de localizar cuerpos conductores, que comprende establecer un campo primario electromagnético en la región de dicho cuerpo conductor, por medio de un circuito transmisor, substancial y completamente independiente de dicho cuerpo y con ello causar que una corriente alterna fluya en dicho cuerpo substancial y completamente por inducción de dicho campo primario, la dirección de las líneas de fuerza del cual, es conocida, y después determinar la situación de dicho cuerpo conductor notando los efectos que resultan del campo primario y del campo electromagnético secundario que rodea dicho cuerpo, debido a la corriente así inducida en él y con ello localizar el eje del campo secundario.

6º - Un método de localizar cuerpos conductores subterráneos.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos

que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de cuarenta y tres hojas escritas por una sola cara.

Madrid 4 de Agosto de 1927.

P. A.  
Alberto de Elzaburu  
Por Poder





Fig. 5.

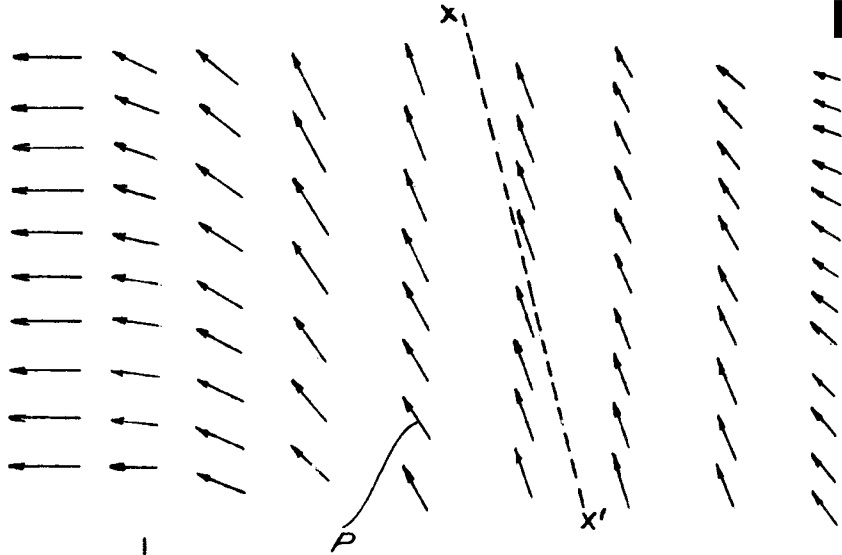


Fig. 7.

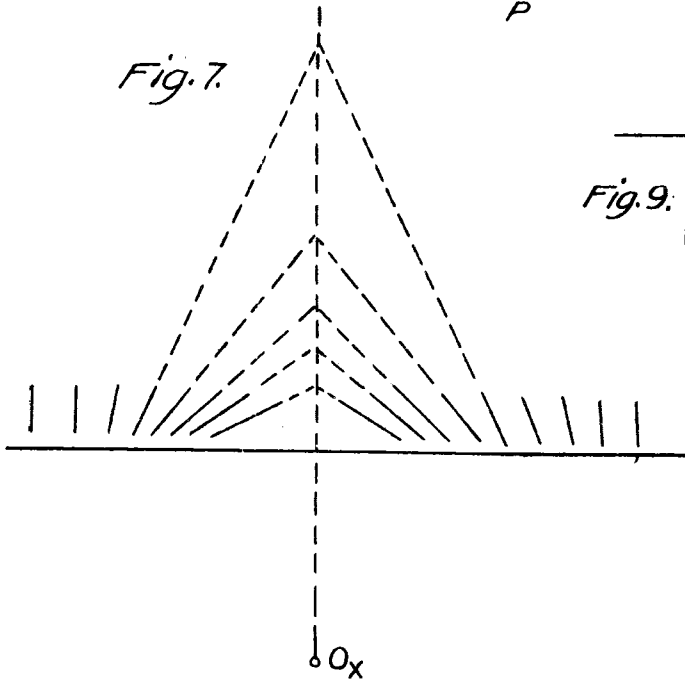


Fig. 9.

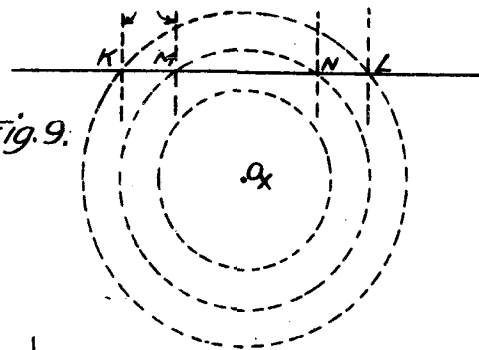


Fig. 10.

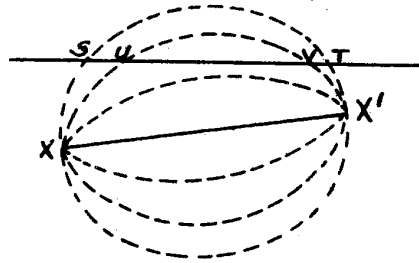
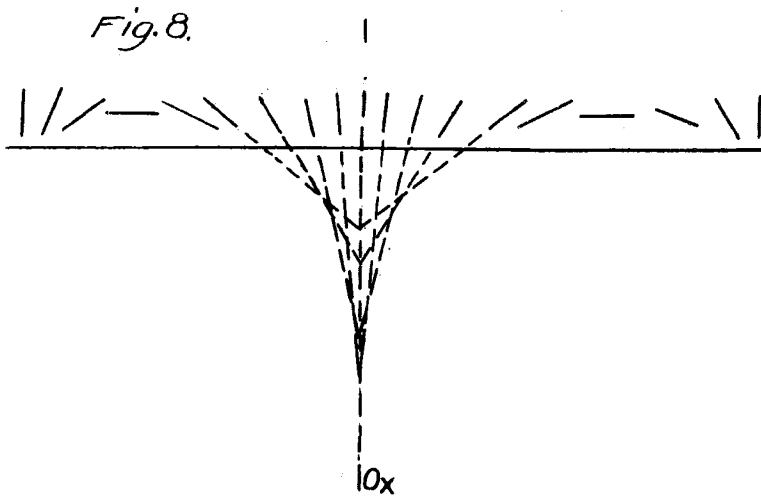


Fig. 8.



P.A.

Alberto de Alvarado

Fig. 2.010

A large, stylized handwritten signature in black ink, written over a diagonal line.

Fig. 11.

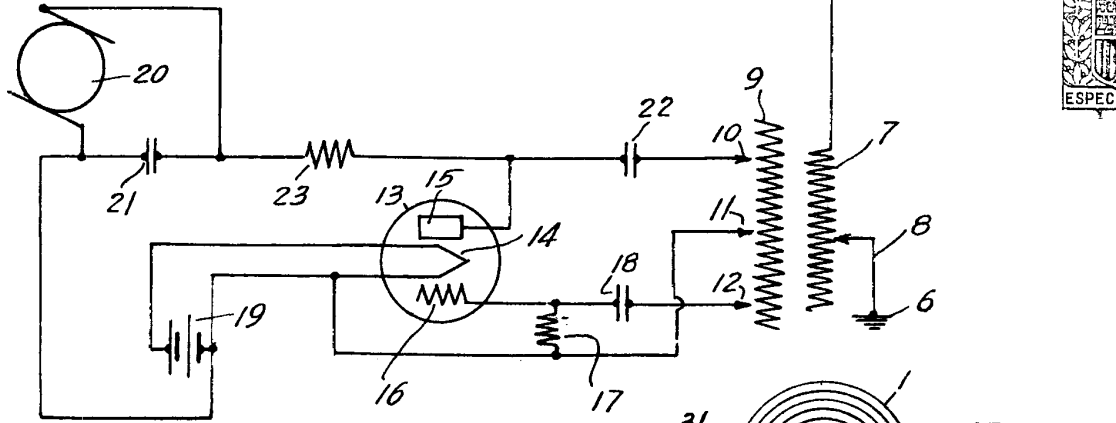


Fig. 12.

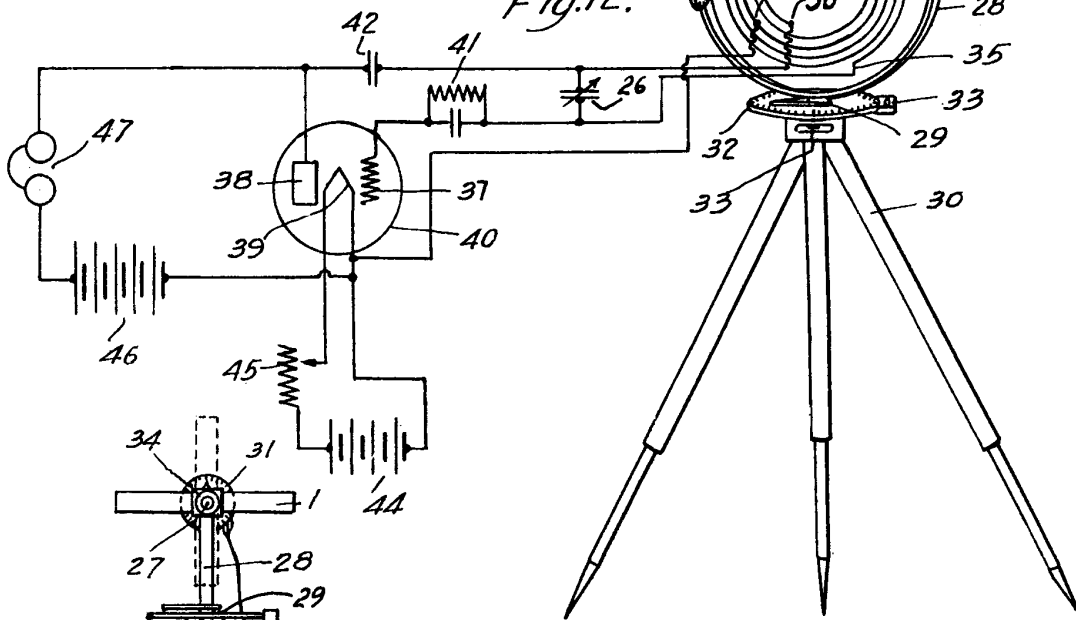
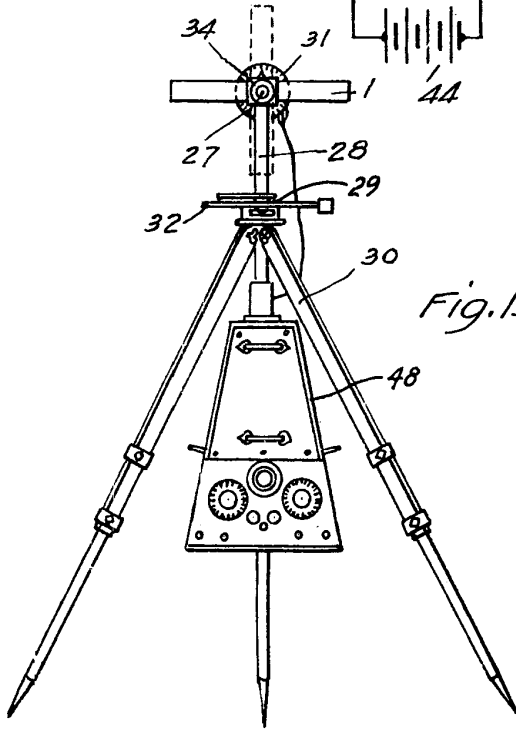


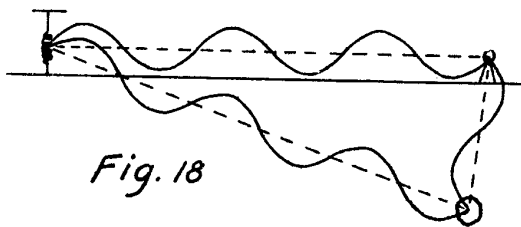
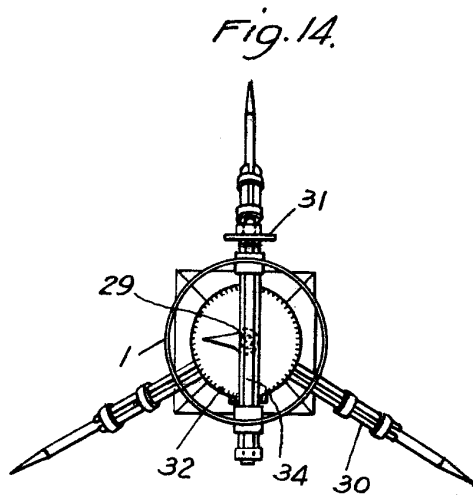
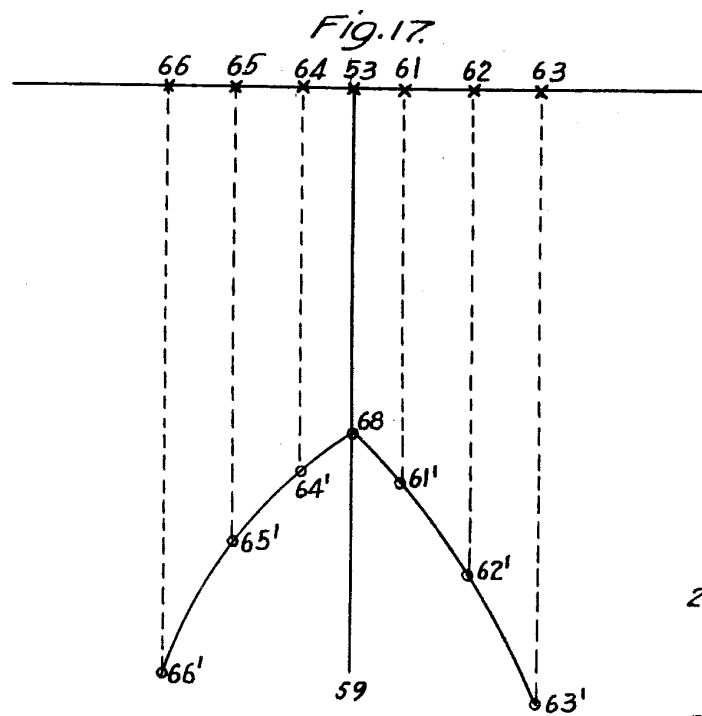
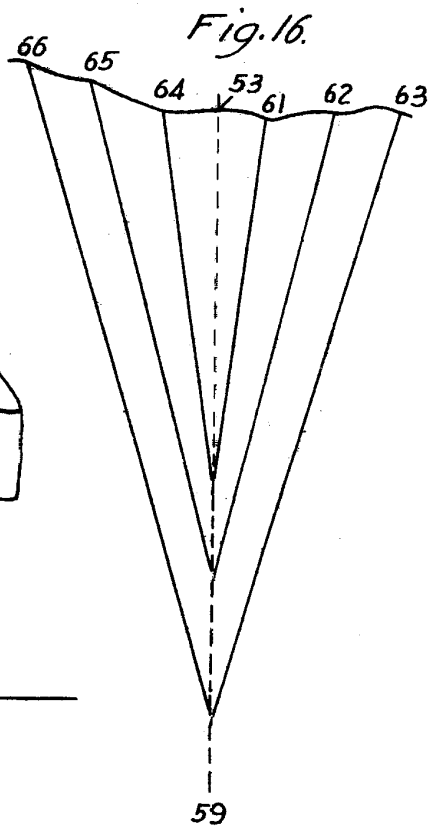
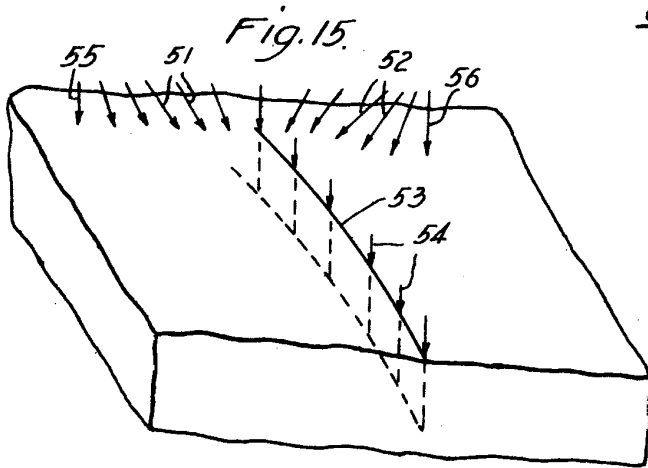
Fig. 13.



P.A.

Alberto de Weckert  
In. Todor

# ESCALA VARIABLE



**P.A.**  
 Alberto de Elzaburu  
 Por Poder