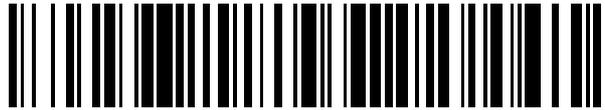


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 438 975**

51 Int. Cl.:

G01V 3/26

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2007 E 07004436 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013 EP 1923725**

54 Título: **Sistema y procedimiento de medición subterránea de la resistividad**

30 Prioridad:

15.11.2006 FR 0609965

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

21.01.2014

73 Titular/es:

**IMAGEAU (100.0%)
Cap Alpha, 9, avenue de l'Europe
34830 Clapiers, FR**

72 Inventor/es:

PEZARD, PHILIPPE

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 438 975 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de medición subterránea de la resistividad

5 La presente invención es relativa a aparatos de medición y/o de sondeo subterráneo, a procedimientos de medición con la ayuda de estos aparatos, a sistemas que incorporan estos aparatos y a programas estructurados para poner en práctica estos procedimientos y sistemas.

La presente invención es relativa en particular a tales aparatos, sistemas y procedimientos para la vigilancia in situ y a distancia, a alta frecuencia y durante largos períodos, de las evoluciones de propiedades físico-químicas del subsuelo y/o de capas subterráneas, especialmente de las capas freáticas, y en particular de las evoluciones de la resistividad del subsuelo.

10 El ámbito técnico de la invención es el de la fabricación de los aparatos de medición de la resistividad del suelo.

Existen diferentes técnicas de medición de la resistividad del suelo, de las cuales aquéllas en las cuales se mide una diferente de potencial (DDP) que aparece entre dos electrodos enterados en el suelo, durante la « inyección » de una corriente eléctrica en la proximidad de estos electrodos.

15 Se pueden distinguir los métodos en los cuales se introduce una corriente continua en el suelo, como se describe especialmente en las patentes FR 1 247 925, EP-786 673, y EP-863 412, de los métodos en los cuales se introduce una corriente alterna, como se describe especialmente en las patentes US-2.376.168, US-3.134.941 y US-3.293.542.

20 En la patente US-3.134.941, se propone integrar un conmutador rotatorio en un aparato de sondeo equipado con una veintena de electrodos de medición, para escrutar sucesivamente los electrodos; un sistema mecánico de este tipo no está adaptado para la vigilancia a distancia y durante largos períodos de la resistividad del suelo; además, éste solamente permite prever un número limitado de sensores a lo largo del soporte de sensores.

El documento US2005/078011 (Abdelhadi) describe electrodos inteligentes programados idénticamente para vigilancias geoelectricas.

Este aparato comprende un generador, un voltímetro y un controlador.

25 En los conductores eléctricos están colocados Interruptores direccionables que unen cada uno electrodos que constituyen las unidades de sondeo a un aparato de medición de propiedades eléctricas.

Se distinguen igualmente los métodos « polo-dipolo » que utilizan tres electrodos para cada medición, de los métodos « dipolo-dipolo » especialmente « Wenner », o « Schlumberger », que utilizan dos electrodos para la inyección de corriente y dos electrodos de medición.

30 El sistema de medición propuesto en el documento EP-863 412 que comprende una serie de tramos de tubo aislante unidos dos a dos por un manguito anular conductor que constituye un electrodo, y en el cual se utiliza un conductor eléctrico para unir cada electrodo a un aparato en superficie que comprende un sistema informático de mando, multiplexores, un aparato de medición de DDP y una fuente de alimentación eléctrica, es complejo e igualmente inadapado para la vigilancia a distancia y durante largos períodos de la resistividad del suelo.

35 Un objetivo de la invención es proponer aparatos, sistemas y procedimientos de este tipo que estén mejorados y/o que pongan remedio, al menos en parte a las lagunas o inconvenientes de los aparatos, sistemas y procedimientos conocidos de medición de resistividad del suelo.

40 Un objetivo de la invención es proponer aparatos, sistemas y procedimientos de este tipo que faciliten la vigilancia regular de parámetros físico-químicos del medio subterráneo tales como la temperatura, el potencial eléctrico espontáneo (PS), el potencial redox (Eh), o el pH especialmente, a profundidades del orden de varias decenas o centenas de metros.

45 De acuerdo con un aspecto de la invención, se propone un aparato de sondeo subterráneo que comprende un soporte alargado de unidades de sondeo subterráneo, es decir, un soporte de sensores o de electrodos, que presenta dos extremidades; el aparato comprende varias unidades de sondeo (sensores y/o electrodos) solidarios del soporte así como conductores eléctricos que se extienden entre las unidades de sondeo y una de las dos extremidades del soporte de unidades de sondeo; el aparato comprende además varios interruptores estáticos (de semiconductor) direccionables que unen respectivamente las unidades de sondeo a (al menos) un conductor de direccionamiento, lo que permite escrutar sucesivamente las unidades de sondeo desde la extremidad del soporte.

De acuerdo con características preferentes de la invención:

50 - el aparato comprende dos conductores de alimentación de las unidades de sondeo subterráneo, un conductor de transporte de señales o datos de medición facilitados por las unidades de sondeo, así como un conductor de

transporte de señales o datos de direccionamiento, estando las unidades de sondeo unidas a estos cuatro conductores que se extienden sensiblemente en toda la longitud del soporte;

- cada unidad de sondeo comprende un electrodo anular para la medición de la resistividad del medio subterráneo que recibe al aparato;

5 - el aparato comprende dos conductores de alimentación de los electrodos, dos conductores de transporte de una diferencia de potencial constatada entre dos electrodos, un conductor (o conductor de direccionamiento) de transporte de señales o datos de direccionamiento, dos conductores de alimentación de baja tensión, comprendiendo cada unidad de sondeo un electrodo y cuatro interruptores estáticos direccionables que unen respectivamente el electrodo considerado a los dos conductores de alimentación y a los dos conductores de transporte de una diferencia de potencial, estando unido cada interruptor estático direccionable al conductor de direccionamiento;

10 - cada unidad de sondeo comprende al menos un sensor para la medición de uno o varios parámetros físico-químicos del medio subterráneo que recibe al aparato; en su caso, el aparato comprende conductores de alimentación de los sensores, al menos uno o dos conductores de transporte de un dato o de una señal de medición facilitados por los sensores, y un conductor de transporte de señales o datos de direccionamiento; cada unidad de sondeo comprende además al menos dos, tres, o cuatro interruptores estáticos direccionables que unen respectivamente el sensor considerado a los dos conductores de alimentación y al conductor o conductores de transporte de un dato o de una señal de medición, estando unido cada interruptor estático direccionable al conductor de direccionamiento;

15 - el soporte es rígido o bien flexible, hueco, en particular tubular, y realizado en un material eléctricamente aislante;

- el soporte comprende varios tramos unidos borde con borde y las extremidades longitudinales de los tramos están equipadas con conectores, en particular con órganos de conexión mecánicos y con órganos de conexión eléctrica estancos;

20 - el soporte presenta una longitud superior a 5 metros o 10 metros (m), en particular una longitud situada en un intervalo que va de aproximadamente 10 m a aproximadamente 50 m, 100 m o 200 m;

25 - varias decenas de unidades de sondeo están regularmente espaciadas a lo largo del soporte, según un paso de espaciamiento del orden de aproximadamente 5 metros o 10 metros, en particular del orden de aproximadamente un metro;

30 - el soporte comprende un conductor de masa y un conductor de un potencial de referencia unidos a los interruptores y que se extienden sensiblemente en toda la longitud del soporte.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se propone un procedimiento de vigilancia de un medio subterráneo en el cual se utiliza un aparato de acuerdo con la invención, y en el cual:

35 - se facilita un dato de dirección y un dato de mando de cierre a todos los interruptores direccionables por el conductor de direccionamiento, el dato de dirección corresponde a un (solo) interruptor determinado, para provocar su cierre y unir un electrodo (o un borne de un sensor) de una unidad de sondeo determinada a uno de los conductores de alimentación o de medición;

40 - se efectúa la operación precedente para cerrar los interruptores direccionables (generalmente en número de al menos dos, tres o cuatro) de la unidad (o de las unidades) de sondeo determinadas, con el fin de conectar esta o estas unidades a una fuente de alimentación eléctrica, y a una unidad de medición y de registro de las señales facilitadas;

- se efectúa una medición, después, llegado el caso, se facilitan los mismos datos de medición, y se facilitan datos de mando de apertura a todos los interruptores direccionables, por el conductor de direccionamiento, para provocar la apertura de los interruptores direccionables precedentemente cerrados y aislar los electrodos (o bornes de sensor) de la unidad (o de las unidades) de sondeo concernidas de los conductores de alimentación y de medición; y

45 - se repiten estas operaciones para diferentes unidades de sondeo del aparato.

En variante, la apertura de los interruptores direccionables puede ser realizada aplicando una tensión de mando de apertura (y/o el citado potencial de referencia) a un conductor de mando de apertura unido a todos los interruptores.

50 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se propone un sistema de medición subterránea que comprende al menos un aparato de medición que comprende un soporte alargado de unidades de medición subterránea; el aparato comprende varias unidades de medición solidarias del soporte, conductores de medición y de direccionamiento y, en su caso, de alimentación, que se extienden entre las unidades de medición y una de las extremidades del soporte, y varios interruptores locales (preferentemente estáticos y direccionables) que unen respectivamente las unidades de medición a un conductor de direccionamiento; el sistema de medición comprende

además una fuente de alimentación eléctrica tal como una batería, así como un interruptor de cabeza (preferentemente estático) dispuesto para unir un conductor de alimentación de las unidades de medición a la fuente de alimentación eléctrica, lo que permite, por la apertura del interruptor de cabeza, abrir y cerrar, sensiblemente fuera de tensión, un interruptor local de alimentación y/o de selección de una unidad de sondeo.

- 5 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se propone un sistema de medición subterránea que comprende al menos un aparato de medición que comprende un soporte alargado de unidades de medición subterránea; el aparato comprende varias unidades de medición solidarias del soporte, conductores de alimentación, de medición y de direccionamiento que se extienden entre las unidades de medición y una extremidad del soporte, y varios interruptores (preferentemente estáticos y direccionables) que unen respectivamente las unidades de medición a un conductor de direccionamiento; el sistema de medición comprende además una unidad de tratamiento prevista para ser unida a los conductores de medición y dispuesta para la adquisición – y en su caso el tratamiento – de los datos/señales facilitados por las unidades de medición, así como una unidad de telecomunicación prevista para ser unida a la unidad de tratamiento y dispuesta para transmitir a distancia los datos/señales recibidos – y en su caso tratados – por la unidad de tratamiento.
- 10
- 15 Esto permite mandar a distancia una modificación del funcionamiento del sistema de medición; esto permite por ejemplo modificar, desde un puesto de mando desplazado, la frecuencia de escrutinio de las unidades de sondeo.

De acuerdo con otras características preferentes de la invención:

- 20 - el sistema de medición puede comprender varios aparatos de medición enterrados/enterrables en el suelo, de estructura y funciones idénticas o similares, que pueden estar unidos cada uno a una respectiva unidad de alimentación, de tratamiento y/o de telecomunicación, o bien que pueden ser unidos a una unidad de alimentación de tratamiento y/o de telecomunicación que es común para los diferentes aparatos de medición;
- el sistema de medición puede comprender una unidad de medición de la corriente y/o de la tensión de la unidad de alimentación, que está unida a la unidad de tratamiento de datos;
- la unidad de telecomunicación es una unidad de telecomunicación por vía hertziana o satélite.

- 25 En los procedimientos de acuerdo con la invención, al menos ciertas operaciones de selección y de mando de cambio de estado de los interruptores direccionables, de adquisición, de tratamiento y/o de transmisión a distancia de los datos de medición, pueden ser puestas en práctica por una unidad electrónica de tratamiento de datos, tal como un calculador, que funcione bajo el mando de un programa.

- 30 Así, de acuerdo con otro aspecto de la invención, se propone un programa (software) que comprende un código fijado a un soporte – tal como una memoria – o materializado por una señal, siendo el código legible y/o ejecutable por al menos una unidad de tratamiento de datos – tal como un procesador, para vigilar al menos un parámetro físico-químico de un medio subterráneo, comprendiendo el código segmentos de código para efectuar respectivamente diferentes operaciones de un procedimiento de acuerdo con la invención.

- 35 Otros aspectos, características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto en la descripción que sigue, que se refiere a los dibujos anejos y que, sin ningún carácter limitativo, ilustra modos preferidos de realización de la invención.

En la presente solicitud, salvo indicación explícita o implícita en contrario, los términos « señal » y « dato » son equivalentes y utilizados indiferentemente.

- 40 La figura 1 ilustra esquemáticamente la implantación de un sistema de acuerdo con la invención en una perforación mecánicamente inestable realizada en el suelo, en la proximidad de la superficie.

La figura 2 ilustra esquemáticamente los principales componentes de un aparato y de un sistema de acuerdo con un modo de realización de la invención, y sus interconexiones.

La figura 3 ilustra esquemáticamente los principales componentes de un aparato y de un sistema de acuerdo con otro modo de realización de la invención, y sus interconexiones.

- 45 La figura 4 ilustra esquemáticamente tramos de tubo ensartables de un aparato de medición de acuerdo con la invención, en los cuales dos tramos idénticos comprenden un « electrodo inteligente ».

La invención facilita la realización de observatorios in situ autónomos de medición de parámetros físicos del subsuelo, lo que permite especialmente observar y analizar la dinámica de intrusión de agua salada en las capas freáticas en zonas costeras, por mediciones de resistividad y de temperatura del medio.

- 50 La invención permite especialmente realizar un seguimiento duradero, en tiempo real y con alta definición en el tiempo y en espacio, de la calidad de las aguas del subsuelo.

5 Un dispositivo de medición in situ de acuerdo con la invención puede comprender una « cadena » de segmentos/tramos de soporte que comprenden cada uno al menos un electrodo revestido de una protección
 10 inoxidable y/u otro tipo de sensor; los electrodos/sensores están repartidos regularmente, ya sea en alternancia con tramos de tubo aislantes de igual diámetro exterior y de longitud variable, o a lo largo de un tubo rígido de material aislante, o bien a lo largo de un soporte flexible denominado en lo que sigue « flauta ». Estos tubos o esta flauta, de una longitud variable de acuerdo con la aplicación considerada (por ejemplo de 1 m a 100 m de profundidad debajo de la superficie del suelo), tienen la función de ser instalados en el subsuelo a lo largo de una perforación, en medio
 15 mueble o consolidado. Solo los conductores unidos a los electrodos o a los diversos sensores in situ afloran al aire libre y están dispuestos para ser conectados a la unidad de adquisición, de almacenamiento, y de transmisión de datos. Una vez colocado en una perforación, el aparato de medición puede quedar sellado durante un período de varios meses a varios años.

15 Cada electrodo puede ser completado o reemplazado por al menos un sensor de medición de un parámetro físico tal como especialmente la temperatura, el pH o el PS, por un sensor de medición de un parámetro químico tal como especialmente el descrito por ejemplo en la patente US-5.676.820, y/o por un orificio que permita una toma de muestras de fluido a la profundidad considerada.

El sistema de acuerdo con la invención puede así permitir detectar una migración de contaminación en el subsuelo y registrar y analizar las evoluciones en el tiempo.

Un sistema de acuerdo con la invención puede ser concebido y utilizado para vigilar a distancia la temperatura del subsuelo en diferentes puntos de un depósito de almacenamiento de energía geotérmica.

20 El sistema de acuerdo con la invención permite un seguimiento del conjunto de la columna de perforación dando una imagen del parámetro medido con alta resolución espacial; éste permite reducir los problemas de calibración, y obtener regularmente informaciones en condiciones de mediciones idénticas; el sistema permite hacer variar la frecuencia de la medición en función de acontecimientos exteriores (especialmente lluvias, oleaje o bombeo). La invención permite realizar un sistema de medición preciso y poco costoso.

25 Refiriéndose a las figuras 1 a 3, el sistema de medición consiste esencialmente en un registrador y teletransmisor 10 de datos acoplado a un aparato 11 de sondeo, pudiendo ser alimentado de energía eléctrica el conjunto robusto y compacto por un módulo 12 de alimentación.

30 Refiriéndose a las figuras 2 y 3, la unidad 10 de adquisición y de tratamiento de datos comprende una tarjeta 13 de tratamiento de datos de tipo calculador y una tarjeta 14 de adquisición y de conversión analógica/digital; la unidad 13 de tratamiento de datos está conectada a un módulo 15 de transmisión GSM/GPRS e integra un software de adquisición de las mediciones, y de mando de las tarjetas 14 y 15 para la gestión de las mediciones, de la alimentación, del bus 22 de direccionamiento, y de las telecomunicaciones.

35 Las tarjetas 14 y 15 son enchufables a la tarjeta 13 y comunican con ésta a través del bus interno. Estos componentes permiten la adquisición en tiempo real de los parámetros medidos, el control de los sensores enterrados solidarios del soporte de sensores, el control de la tensión de la fuente de alimentación, la comunicación entre la tarjeta 13 y los sensores así como entre la tarjeta 13 y un puesto de control distante del sistema, y la gestión de los errores.

40 Para la medición de la resistividad aparente en diferentes regiones del subsuelo 24 que rodea al aparato 11 de medición enterrado que soporta a los electrodos, se inyecta corriente en dos electrodos (E1 y E2, véanse las figuras 1 a 3), y se mide la tensión en el suelo entre otros dos electrodos (E3 y E4, véase la figura 1). Se calcula la resistividad aparente ρ_a , del suelo en el medio de los electrodos de medición, en función de esta tensión ΔV , de la intensidad de la corriente I inyectada en el subsuelo, y de un factor geométrico K correspondiente a la configuración de los electrodos en el suelo, según la fórmula:

$$\rho_a = K * (\Delta V / I).$$

45 Refiriéndose a la figura 1, la flauta 11 de medición puede estar compuesta esencialmente de un tubo 25 de PVC en el cual están insertados los electrodos E1, E2, E3, E4 de cobre revestidos de una capa de oro, y de conductores eléctricos de alimentación, de medición, y de direccionamiento, que forman una cinta 23 y que unen los electrodos a la extremidad superior 250 de la flauta y a las unidades 10, 12 de alimentación y de tratamiento de datos.

50 El tubo 25 está enterrado en el suelo 24, aflorando sensiblemente su extremidad superior 250 y su eje 26 longitudinal sensiblemente vertical.

Para que cada electrodo pueda funcionar en inyección o en medición, cada electrodo está unido respectivamente a una tarjeta 27-E1, 27-E2, 27-E3, 27-E4 que comprende cuatro relés o interruptores R1, R2, R3, R4 – designados igualmente por la referencia genérica 28 – que permiten elegir la configuración del electrodo: polaridad positiva de inyección (+) cuando el relé R1 está cerrado, polaridad negativa de inyección (-) cuando el relé R2 está cerrado,

medición V3 cuando el relé R3 está cerrado, medición V4 cuando el relé R4 está cerrado. Cada relé 28 tiene una dirección codificada en 64 bits que el conductor/bus de direccionamiento puede leer.

Cada tarjeta 27-E1, ... 27-E4 es alimentada por una tensión de referencia, de por ejemplo +5V, que permite la alimentación de los componentes electrónicos de las tarjetas 27.

5 En los ejemplos ilustrados, el bus de direccionamiento que sirve para seleccionar los relés y mandar configuraciones sucesivas distintas del aparato de medición 11, es un bus tal como el propuesto por la sociedad DALLAS Semiconductor con la denominación « 1Wire ».

10 La tarjeta de adquisición 14 permite medir la tensión (V3-V4) en los bornes de los dos conductores 29, 30 de medición, que corresponde a la DDP entre los dos electrodos de medición seleccionados por intermedio del bus de direccionamiento. La tarjeta 14 permite igualmente medir la corriente de inyección facilitada por la unidad de alimentación y que circula en el medio en contacto con los dos electrodos seleccionados, a través de un transductor corriente/tensión LEM insertado en el circuito de alimentación de los electrodos y conectado a dos bornes de entrada de la tarjeta 14.

15 La tarjeta 14 está dotada de una salida analógica que permite mandar un relé 16 de potencia principal (« de cabeza ») insertado en el circuito de inyección alimentado por una batería 17.

20 El bus de direccionamiento permite a la unidad 13 « comunicar » con todos los relés 28 que sirven para seleccionar y conectar los electrodos/sensores. Este bus está configurado y es mandado por la unidad 13 dotada de un puerto serie RS232 y de una tarjeta 21 de interfaz, para detectar todos los relés de la flauta de medición y gobernarlos a fin de configurar cada relé de electrodo cerrado (en inyección o en medición) o abierto, gracias a la dirección codificada en 64 bits de cada relé.

La tarjeta 15 de comunicación GSM/GPRS está conectada a la unidad 13 a través del bus interno. La tarjeta GSM/GPRS puede ser configurada por el empleo de mandos estándar y puede establecer una comunicación con un puesto de control (no representado) situado a distancia del sistema de medición. Para la transferencia de los datos medidos al puesto de control, puede utilizarse un protocolo de transferencia de archivo (FTP).

25 La alimentación puede ser de tipo red eléctrica o externa (paneles solares, batería). Tres convertidores de tensión 18 a 20 integrados en la unidad 12 permiten respectivamente alimentar los electrodos de inyección a 110 Voltios (V), los relés direccionables a +5 V, y la unidad 13 a +/- 5 V, alimentando la unidad 13 a la tarjeta de adquisición, al módulo GSM/GPRS, y al bus 1Wire.

30 El relé 16 entre la fuente de alimentación de 110 V y los electrodos (a través de los relés direccionables) permite mejorar la fiabilidad del sistema protegiendo los relés 28 de mando de una apertura/cierre bajo tensión. Tras una medición, la apertura del relé 16 es mandada solamente después de la apertura de los relés direccionables 28.

35 El software integrado en la unidad 13 asegura la inicialización y el reconocimiento de los sensores/electrodos del aparato 11, y de las tarjetas 14, 15 y 21, el mando del relé 16 de cabeza, el gobierno del bus 1Wire, el mando de los relés direccionables del aparato 11, la medición de la tensión (V3-V4) y la corriente de inyección, el cálculo de resistividad, el gobierno del GSM/GPRS y la transferencia de datos a distancia, así como la gestión de los errores.

La inicialización comprende: la detección de la « red » de componentes direccionables (relé 28) conectados al bus con reconocimiento de su respectiva dirección única que está codificada por ejemplo en 64 bits; la comparación de estas direcciones con las direcciones registradas en un archivo de configuración previamente memorizado en la unidad 13; y la apertura de todos los relés direccionables.

40 El bus de direccionamiento « 1Wire » está compuesto de una tarjeta de interfaz 21 conectada al puerto serie de la unidad 13 y de los relés direccionables (tales como los propuestos con la referencia DS24XX por la sociedad DALLAS Semiconductor) que permiten seleccionar un sensor y/o configurar electrodos para una medición de resistividad.

45 El software permite registrar diferentes parámetros tales como el nombre y las coordenadas geográficas del sensor o de los sensores enterrados, el número y el espaciamiento de los electrodos de cada sensor, los parámetros temporales de la inyección/adquisición y el orden de las secuencias de adquisición. Estos parámetros son salvaguardados en un archivo de configuración que el software escruta.

Una secuencia de adquisición puede comprender las operaciones sucesivas siguientes:

Verificación del estado (abierto) del relé de cabeza por intermedio de la tarjeta 14;

50 Verificación del estado (abierto) de los relés 28 de selección y de conexión de los electrodos por intermedio del bus 1Wire;

Lectura de una secuencia de adquisición que hay que realizar en un archivo de configuración;

Realización de la secuencia de adquisición que comprende:

Mando de los relés 28 en función de esta secuencia por el bus 1Wire, por ejemplo:

- 5 cierre del relé R1 de un electrodo de dirección i,
- cierre del relé R2 de un electrodo de dirección i+1,
- cierre del relé R3 de un electrodo de dirección i+2,
- cierre del relé R4 de un electrodo de dirección i+3,
- cierre del relé de cabeza para inyección de corriente,
- lectura de la corriente de inyección por la tarjeta 14,
- 10 lectura por la tarjeta 14 de la tensión (V3 – V4) después de una duración determinada a partir del inicio de la inyección,
- apertura del relé de cabeza 16,
- apertura del relé R1 del electrodo de dirección i,
- cierre del relé R2 del electrodo de dirección i,
- apertura del relé R2 del electrodo de dirección i+1,
- 15 cierre del relé R1 del electrodo de dirección i+1,
- cierre del relé de cabeza para la inyección de corriente en sentido inverso al sentido precedente,
- lectura de la corriente de inyección,
- lectura de la tensión (V3 – V4) después de una temporización,
- apertura del relé de cabeza;
- 20 Repetición de la adquisición un número de veces registrada en los parámetros de configuración de medición;
- Cálculo de las medias y de la derivación estándar de las mediciones;
- Salv guarda de los resultados en un archivo;
- Repetición de la adquisición en función del archivo de secuencia de adquisición;
- Apertura de todos los relés 28;
- 25 Establecimiento de una conexión Internet con un puesto de control distante;
- Transferencia del archivo de resultados;
- Verificación de la transferencia y del cierre de la conexión Internet.
- 30 En el modo de realización ilustrado en la figura 3, cada unidad de sondeo del aparato 11 comprende, además de un electrodo y de sus cuatro relés direccionables asociados, un sensor TA, TB de temperatura del medio que rodea a la unidad de sondeo considerada, así como dos relés direccionables 28 suplementarios que permiten conectar selectivamente uno de los sensores de temperatura a los conductores 29, 30 de medición y a la tarjeta 14 de adquisición.
- 35 En el modo de realización ilustrado en la figura 4, cada segmento 11a, 11b del aparato 11 de medición comprende un tramo de tubo aislante 25a, 25b. Los segmentos activos (idénticos) 11a a cada uno de los cuales está fijada una unidad de sondeo E1, TA, Y1, E2, TB, Y2 se alternan con segmentos (idénticos) 11b de unión inactivos, es decir, desprovistos de unidad de sondeo y que sirven de tirante.
- 40 Cada tramo de tubo está equipado con un conector mecánico macho 31 en una extremidad, de un conector mecánico hembra (complementario del conector macho) 32 en su extremidad opuesta a la primera, de una cinta 23 de conductores unidos a las tarjetas 27E1, 27E2 de las unidades de sondeo de los tramos activos y conectada a un conector eléctrico macho 41 y a un conductor eléctrico hembra 42 respectivamente dispuestos, como los conectores mecánicos, en las extremidades longitudinales opuestas del tramo de tubo.

Los conectores mecánicos permiten el ensamblaje mutuo de dos tramos de tubo sucesivos y los conectores eléctricos permiten realizar una continuidad eléctrica entre los conductores de las cintas solidarias de los tramos. Esto facilita la realización de un aparato flexible o rígido tal como el ilustrado en la figura 1.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de sondeo subterráneo de resistividad caracterizado por que comprende:
- 5 - al menos un aparato (11) de sondeo subterráneo de la resistividad que comprende un soporte (25, 25a, 25b) alargado de unidades de sondeo subterráneo de la resistividad, varias unidades (E1, E2, E3, E4, TA, TB) de sondeo de la resistividad solidarias del soporte de unidades de sondeo y conductores (22, 23, 29, 30) eléctricos que se extienden entre las unidades de sondeo de la resistividad y una extremidad (250) del soporte (25) de unidades de sondeo de resistividad, comprendiendo el aparato (11) además varios interruptores direccionables (28, R1, R2, R3, R4) que unen las unidades de sondeo de la resistividad a dos conductores (29, 30) de transporte de una señal de medición o de una diferencia de potencial, estando unidos los interruptores direccionables a un conductor o bus (22) de direccionamiento que permite escrutar sucesivamente las unidades de sondeo de la resistividad desde la extremidad del soporte de unidades de sondeo de la resistividad,
 - 10 - una unidad (13) de tratamiento prevista para ser unida a los conductores (29, 30) de medición y dispuesta para la adquisición – y en su caso el tratamiento – de los datos/señales facilitadas por las unidades de sondeo de la resistividad, y
 - 15 - una unidad (15) de telecomunicación prevista para ser unida a la unidad de tratamiento y dispuesta para transmitir a distancia los datos/señales recibidos – y en su caso tratados – por la unidad de tratamiento.
2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1 en el cual el aparato (11) comprende una cinta (22, 23) de conductores de alimentación, de transporte de señales o datos de medición y de direccionamiento, estando unidas las unidades de sondeo de la resistividad a los conductores de la cinta que se extiende sensiblemente en toda la longitud del soporte.
- 20 3. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2 en el cual cada unidad de sondeo de la resistividad comprende un electrodo (E1, E2, E3, E4) para la medición de la resistividad eléctrica del medio subterráneo que recibe al aparato, comprendiendo el aparato (11):
- 25 - dos conductores de alimentación a alta tensión de los electrodos,
 - dos conductores de alimentación a baja tensión de las unidades de sondeo de la resistividad,
 - dos conductores (29, 30) de transporte de una diferencia de potencial constatada entre dos electrodos,
 - 30 - un conductor o bus (22) de transporte de señales o datos de direccionamiento, comprendiendo cada unidad de sondeo de la resistividad cuatro interruptores estáticos direccionables (28, R1, R2, R3, R4) que unen respectivamente el electrodo considerado a los conductores de alimentación y de transporte de una diferencia de potencial, estando unido cada interruptor estático direccionable al conductor o bus de direccionamiento.
4. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el cual cada unidad de sondeo de la resistividad comprende un sensor (TA, TB) de un parámetro para la medición físico-química del medio subterráneo que recibe al aparato, comprendiendo el aparato (11):
- 35 - dos conductores de transporte de una señal de medición facilitada por los sensores,
 - un conductor de transporte de señales o datos de direccionamiento, comprendiendo cada unidad de sondeo al menos dos interruptores estáticos direccionables que unen respectivamente el sensor considerado a los conductores de transporte de una señal de medición, estando unido cada interruptor estático direccionable al conductor o bus de direccionamiento.
5. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el cual el soporte es rígido.
- 40 6. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el cual el soporte es flexible.
7. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6 en el cual el soporte comprende varios tramos (25a, 25b, 25c) ensamblados borde con borde y equipados cada uno con un conector (31, 32) mecánico y un conector eléctrico en cada extremidad longitudinal.
- 45 8. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 en el cual el soporte presenta una longitud superior a 5 metros o 10 metros, en particular una longitud situada en un intervalo que va de aproximadamente 15 m a aproximadamente 50 m, 100 m o 200 m, y en el cual el aparato (11) comprende varias decenas de unidades de sondeo de la resistividad regularmente espaciadas a lo largo del soporte, así como un conductor de masa y un conductor de un potencial de referencia unidos a los interruptores y que se extienden sensiblemente en toda la longitud del soporte.
- 50 9. Procedimiento de sondeo de la resistividad de un medio subterráneo en el cual se utiliza un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 en el cual:

- se facilita un dato de dirección y un dato de mando de cierre a todos los interruptores direccionables por el conductor de direccionamiento, el dato de dirección corresponde a un (solo) interruptor determinado, para provocar su cierre y unir un electrodo (o un borne de un sensor) de una unidad de sondeo determinada a uno de los conductores de alimentación o de medición;
- 5
- se efectúa la operación precedente para cerrar los interruptores direccionables de la unidad (o de las unidades) de sondeo de la resistividad determinadas, de modo que, en su caso, se conecten esta o estas unidades a una fuente de alimentación eléctrica, y a una unidad de medición y de registro de las señales facilitadas;
- 10
- se efectúa una medición, y se facilitan datos de mando de apertura a todos los interruptores direccionables, por el conductor de direccionamiento, para provocar la apertura de los interruptores direccionables precedentemente cerrados y aislar los electrodos (o bornes de sensor) de la unidad (o de las unidades) de sondeo concernidas de los conductores de alimentación y de medición; y
 - se repiten estas operaciones para diferentes unidades de sondeo del aparato.
- 15
10. Programa que comprende un código fijado a un soporte – tal como una memoria – o materializado por una señal, siendo el código legible y/o ejecutable por al menos una unidad de tratamiento de datos – tal como un procesador, para vigilar al menos un parámetro físico-químico de un medio subterráneo, comprendiendo el código segmentos de código para efectuar las operaciones de un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9.
- 20
11. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, comprendiendo el sistema además una fuente (12, 17) de alimentación eléctrica tal como una batería, así como un interruptor (16) dispuesto para unir al menos un conductor (40, 41) de alimentación de las unidades de medición a la fuente de alimentación eléctrica, lo que permite, para la apertura del interruptor de cabeza, abrir y cerrar, sensiblemente fuera de tensión, un interruptor (28, R1, R2, R3, R4) de alimentación y/o de selección de una unidad de sondeo de la resistividad.

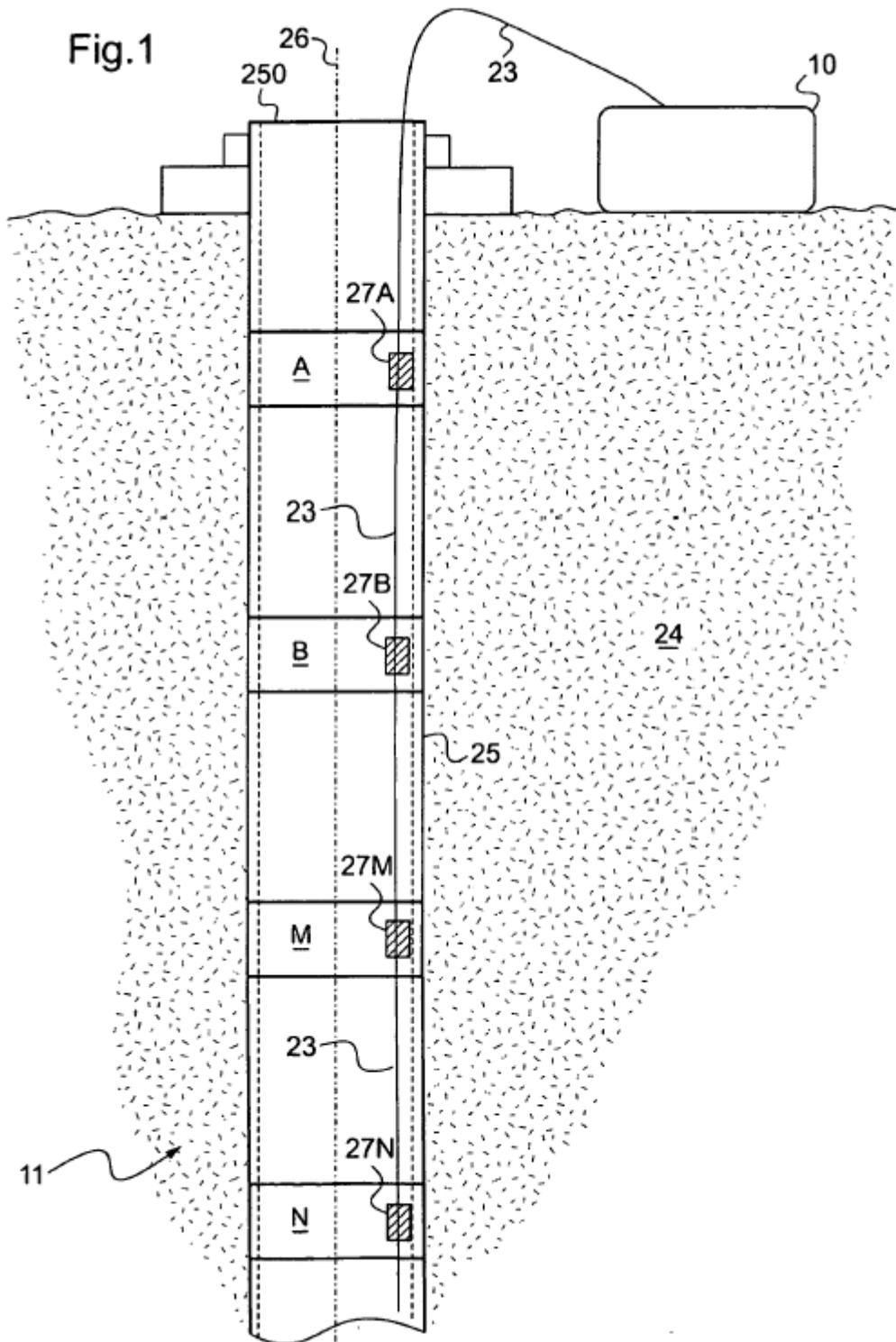


Fig.2

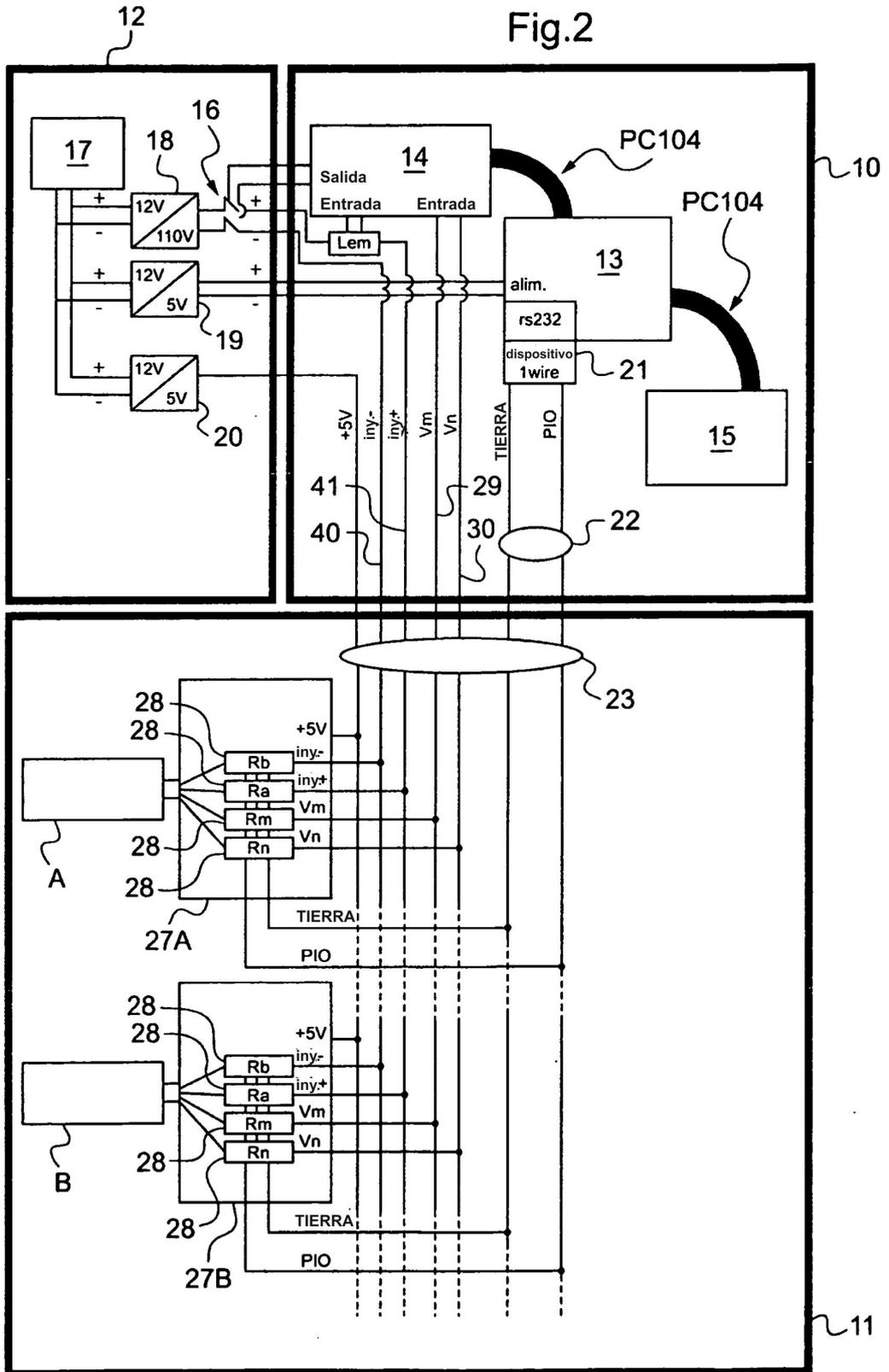


Fig.3

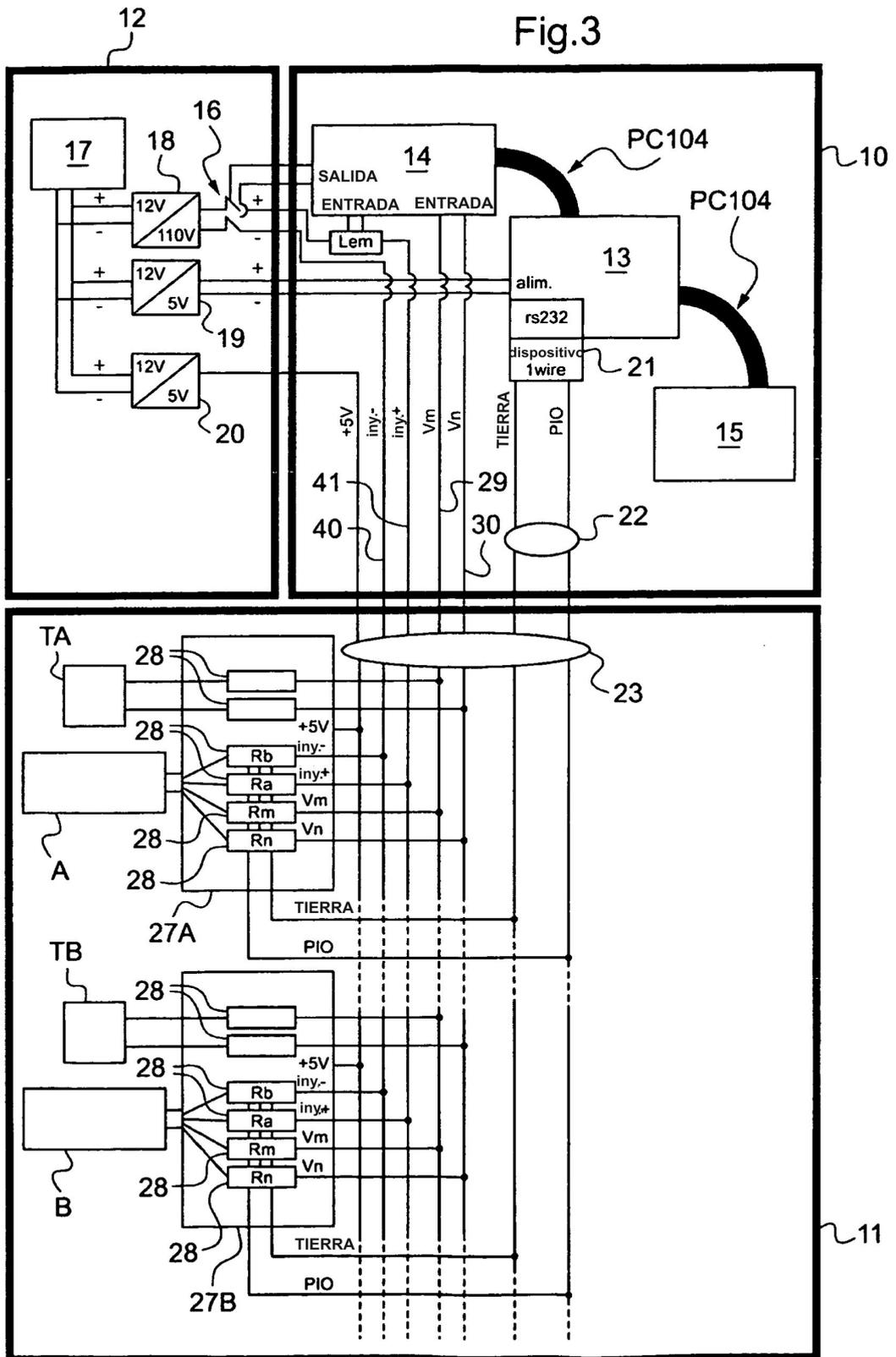


Fig.4

