

MÉTODO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

I. RESUMEN

Los métodos geofísicos de exploración, entre los que podemos mencionar el eléctrico de resistividad, miden una serie de propiedades físicas de objetos o estructuras en el subsuelo desde la superficie del terreno que las diferencian, del medio que las rodea.

La explotación de estos contrastes entre las propiedades de diversos materiales y las rocas encajonantes es común en la exploración de recursos naturales (petróleo, aguas subterráneas, minerales, etc.). También se realizan prospecciones de soporte a la Ingeniería civil, como el estudio de las condiciones de cimentación de presas o edificios, o el nivel de saturación de los suelos. La finalidad de una prospección geoelectrica es finalmente la de conocer las dimensiones y profundidad de estructuras o cuerpos en el subsuelo a partir de los valores de resistividad obtenidos en campo mediante diversas técnicas y arreglos geométricos de electrodos.

Los datos geoelectricos tratados de manera adecuada con métodos modernos, y haciendo uso de valiosas herramientas matemáticas y computacionales, nos proporcionan una imagen o cartografía de la resistividad real del subsuelo.

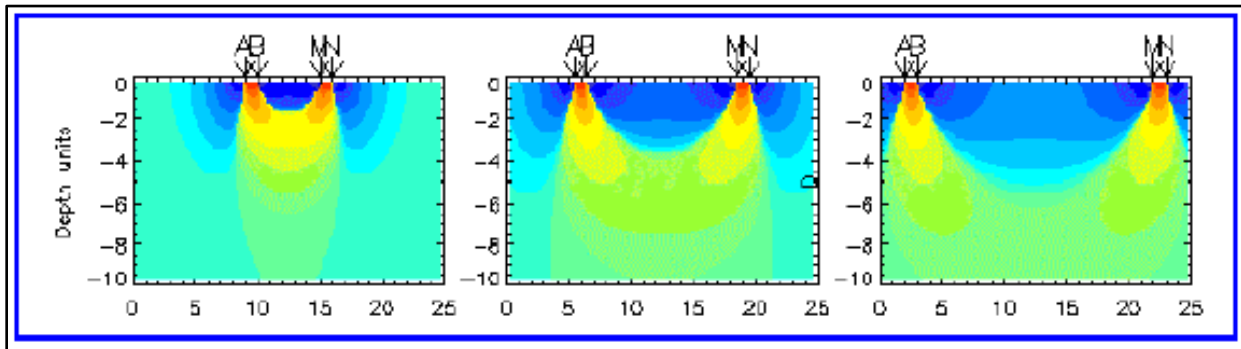


Figura 1 Ejemplo de penetración de la corriente en el terreno con un dispositivo dipolo - dipolo.

II. RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE SUELOS

La resistividad eléctrica " r " de un material describe la dificultad que encuentra la corriente a su paso por él. De igual manera se puede definir la conductividad " s " como la facilidad que encuentra la corriente eléctrica al atravesar el material. La resistencia eléctrica que presenta un conductor homogéneo viene determinada por la resistividad del material que lo constituye y la geometría del conductor.

Si se considera un conductor rectilíneo y homogéneo de sección y longitud, la resistencia eléctrica es:

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (1)$$

De aquí obtenemos la resistividad

$$\rho = \frac{Rs}{l} \quad (2)$$

Esta metodología prospectiva técnica permite la determinación de los cambios litológicos lateralmente y en profundidad, aprovechando el contraste de la resistividad entre las diferentes formaciones litológicas.

Este método se basa en que toda roca, como conductor de la corriente eléctrica, se le puede considerar como un agregado que consta de un esqueleto sólido mineral, de líquidos y de gases.

En la resistividad de tal agregado influyen los siguientes factores:

- ✓ Resistividad de los minerales que forman la parte sólida de la roca.
- ✓ Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la roca.
- ✓ Humedad de la roca.
- ✓ Porosidad, textura y forma y distribución de los poros incide de forma directa en la resistividad de la roca, a todo este conjunto se le denomina factor de formación, de aquí que:

$$\rho = F \cdot \rho_w,$$

Donde:

- ✓ ρ , es la resistividad del conjunto.
- ✓ F , es el factor de formación
- ✓ ρ_w , resistividad del fluido que contienen los poros.

Estos son los procesos físico-químicos que ocurren en el contacto de los líquidos de los poros y el esqueleto mineral. Esta serie de aspectos teóricos expuestos son los que dan la pauta de comportamiento del parámetro resistividad para los diferentes materiales.

El método "eléctrico" cuadripolar consiste en introducir una corriente eléctrica continua en la superficie del terreno a través de dos electrodos de "corriente". Se mide el voltaje mediante otro par de electrodos. A partir del valor de la corriente inyectada y del voltaje medido se obtiene la "resistividad aparente" del subsuelo. Cada tipo de material presenta un rango de resistividad "real" más o menos característico. Las cavidades vacías (llenas de aire) presentan una resistividad aparente que tiende al infinito: los terrenos saturados son altamente conductores y por tanto presentan baja resistividad, etcétera.

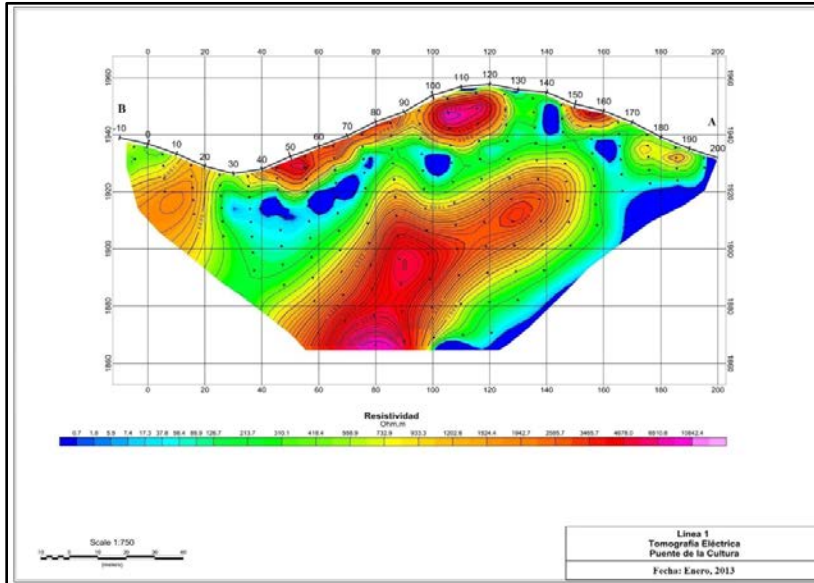


Fig. 2 Perfil Geoelectrico 2D obtenido mediante la técnica de inversión – tomografía eléctrica.

El método eléctrico es una de las técnicas geofísicas más antiguas y ha ido evolucionando en función de las capacidades de los equipos de adquisición y procesado de datos.

Según la posición de los electrodos la corriente penetra más o menos en el terreno. En la práctica se extiende una línea de electrodos que son seleccionados de cuatro en cuatro por el equipo de campo (Resistivímetro). De esta manera se obtienen gran número de puntos de resistividades aparentes (Jordá, 2005)

En tomografía eléctrica se mide la resistividad en numerosos puntos de un perfil y se interpolan e interpretan los datos para hacer corte de resistividad del terreno. Si las condiciones son adecuadas es una herramienta muy potente para llevar a cabo correlaciones entre resistividad y tipo de material en terrenos ocultos.

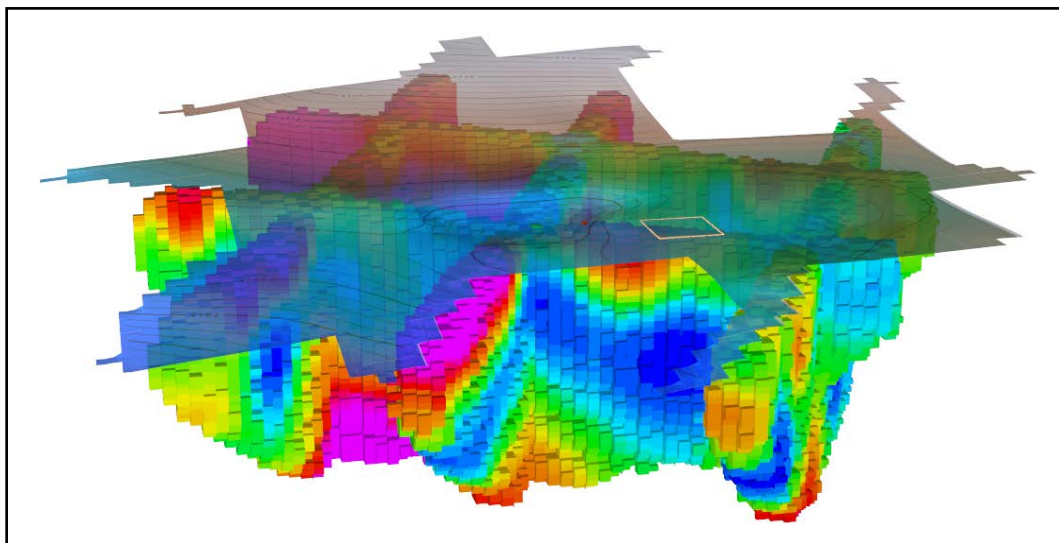


Fig. 3 Perfil geoelectrico de resistividad 3D obtenido mediante la técnica de inversión – tomografía eléctrica.

III. EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado para realizar los ensayos de Tomografía Eléctrica (TE) incluye principalmente lo siguiente:

EQUIPO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA



Fig. 4 Equipo Geoelectrico de resistividad.
Marca IRIS, modelo SYSCAL

El Resistivímetro es el cerebro de todo el dispositivo. Se encarga de ejecutar de forma automática toda la secuencia de medidas predeterminada, verificar el buen estado de las conexiones, así como almacenar digitalmente todos los resultados de campo. El Equipo SYSCAL es un medidor de resistividad eléctrica versátil que combina un transmisor, un receptor y una unidad de conmutación en una sola carcasa.

Las mediciones se llevan a cabo automáticamente (tensión de salida, el apilamiento número, factor de calidad) después de la selección de los valores límite por el operador, y se almacenan en la memoria interna.

Las especificaciones de salida son 800V (modo de cambio), 1 000V (modo manual) para la tensión, 2.5A de la corriente y 250W para la alimentación utilizando el convertidor interno CC / CC y la batería.

El equipo SYSCAL utiliza cables multi-núcleo para controlar un conjunto de electrodos conectados en una línea o en varias líneas. El número estándar de electrodos: 24, 48, 72, 96, 120, se puede incrementar a través de un conmutador de unidades para imágenes en 2D o 3D de tierra.

CABLE DE RESISTIVIDAD MULTINUCLEO Y CONECTOR



Fig. 5 Cable de resistividad eléctrica junto con el carrete

El Cable es de gran longitud, con conexiones cada cierto intervalo a fin de poder conectar los electrodos. En este cable irán los electrodos conectados a diferentes distancias, según lo requiera el Ingeniero que realizara el estudio, y con ayuda del conector del cable se unirá al equipo de resistividad eléctrica

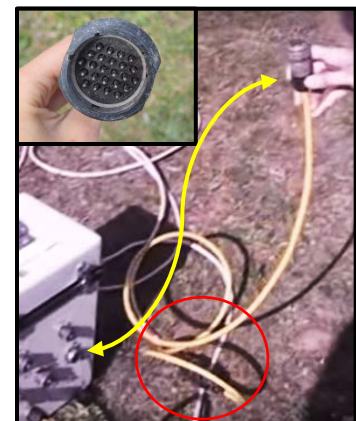


Fig. 6 Conector del cable

ELECTRODOS METÁLICOS, MARTILLO Y PINZAS



Los electrodos no son más que unas barras metálicas cuyo número variará en función del problema, van clavados al suelo con ayuda de un martillo, se utiliza cables multi-núcleo son de gran longitud, con conexiones cada cierto intervalo a fin de poder conectar los electrodos y poder controlarlos en una o en varias líneas.

Fig. 7 Electrodo y Martillo

Los electrodos irán unidos al cable mediante unos conectores que son unos pequeños cables de cobre con pinzas en los extremos. Son los que se encargan de conectar los electrodos al cable, o en su defecto a presión si el electrodo tuviera un adaptador. El número estándar de electrodos varía entre 24, 48, 72, 96, 120, según lo requiera el estudio y la profundidad de investigación.



Fig. 8 Pinzas

IV. ADQUISICION DE DATOS

1. Se coloca el equipo de resistividad eléctrica en el punto central de nuestra zona de investigación
2. Se clava los electrodos en el suelo con ayuda de un martillo en forma equiespaciada, intentando siempre que formen una línea recta. Se deben definir cuál es el origen y final del perfil a fin de no tener problemas en la fase de interpretación. Se intentará además que la topografía del terreno sea lo más plana posible para evitar tener fenómenos anómalos en las medidas de resistividad.
3. Los electrodos se clavan en el terreno lo suficiente como para garantizar un buen contacto electrodo-suelo. Una vez colocados, los conectaremos al cable por medio de los conectores. Si los electrodos tienen un adaptador incorporado se unirá al cable de resistividad multinúcleo.
4. En caso no tuviera un adaptador incorporado se usara unas pinzas especiales para unir la estaca con el cable de resistividad multinúcleo.
5. Así se hará con todas las estacas hasta que estén unidas, en los dos lados.
6. Con ayuda de un adaptador se procede a conectar el cable al equipo de resistividad.
7. Se conectan los adaptadores de los cables de resistividad en las terminales del Resistivímetro.
8. Como muestra la figura se unen ambos lados de los cables al equipo de resistividad. Ahora, a través del portátil configuraremos todas las variables del dispositivo: número de electrodos utilizados, distancia entre ellos, dispositivo electródico de medida, así como el número de medidas que queremos realizar (destacar que podemos suprimir aquellas medidas que creamos oportunas, aspecto que supone un ahorro de tiempo significativo).
9. Encendemos el equipo y empezamos a tomar los datos. verificando que los electrodos tengan buen acople con el terreno a fin de evitar lecturas inadecuadas.
10. Una vez terminado todo el proceso de captura de datos, toda la información almacenada digitalmente se vuelca en la laptop, a fin de proceder a su procesamiento e interpretación con el programa correspondiente usando la tecla DOWNLOAD del Resistivímetro.

La configuración básica de campo y la rutina de adquisición para la Tomografía Eléctrica (TE) es la siguiente:



Fig. 13 Adquisición de Datos

V. APLICACIONES

- ✓ Obra civil, para ver las resistividades geoelectricas del subsuelo y corrientes telúricas.
- ✓ En la geología e hidrogeología para la detección de estructuras geológicas así como también para la estratigrafía del terreno.
- ✓ En el medio ambiente para la detección de plumas de contaminación y la caracterización de vertederos.
- ✓ Determina la distribución de la resistividad del subsuelo haciendo mediciones en la superficie del terreno
- ✓ Es una herramienta útil en la detección de cambios litológicos entre rocas evaporíticas (sulfatos de calcio) y litologías no evaporíticas (lutitas) alternantes y en la detección del tránsito yeso-anhidrita de las propias formaciones evaporíticas.
- ✓ Caracterización de acuíferos y flujos de agua.
- ✓ Detección de cavidades, objetos enterrados, túneles y canalizaciones.
- ✓ Determinación de rellenos.
- ✓ Determinación de pluma contaminante y su posible evolución.
- ✓ Determinación de estructuras geológicas: fallas, fracturas, intrusiones, paleorelieve, etc.

VI. VENTAJAS

- ✓ La ventaja de utilizar un tomógrafo radica en que brinda una imagen de resistividad en dos dimensiones, atendiendo a las heterogeneidades laterales del terreno.
- ✓ Se logra conocer la distribución de los horizontes del suelo.
- ✓ Detectar zonas susceptibles de presentar focos de filtración, así como caracterizar geométricamente el problema (estimar la profundidad del flujo).
- ✓ Abordar de forma eficaz problemas en terrenos con elevada complejidad estructural.
- ✓ Ubicar con gran eficiencia otro tipo de procedimientos (sondeos o piezómetros), dado que nos marca lugar y profundidad a la que se encuentra la anomalía.
- ✓ Podemos controlar la profundidad máxima de estudio.
- ✓ Es un método no destructivo.

VII. LIMITACIONES

- ✓ La profundidad a la que se sitúa cada medida de resistividad es un tema de cierta ambigüedad, dado que ésta no solo depende de la disposición de los electrodos (más espaciados mayor profundidad), sino también de la propia resistividad del terreno.
- ✓ Disponer del material requerido, a diferencia de otros métodos, la Tomografía eléctrica precisa de un equipo bastante caro.
- ✓ Como pasa en todos los métodos de resistividad eléctrica, la presencia de material muy resistivo en superficie imposibilita un buen funcionamiento del método, siendo necesario la utilización de otras técnicas, en este caso las electromagnéticas, en los que no se precisa un contacto físico con el suelo.