

METODOS DE RESISTIVIDAD EN INVESTIGACION HIDROLOGICA

Agosto 2012

Palabras claves: Geofísica, Exploración – Investigación agua, hidrología, métodos de resistividad, SEV, TDEM, SEDT.

PRINCIPALES PARÁMETROS HIDROLÓGICOS.

Las aguas subterráneas están caracterizadas por un cierto número de parámetros, los cuales se intentan determinar mediante mediciones en superficie utilizando los métodos geofísicos.

Porosidad

La porosidad es la relación entre el volumen de poros y el volumen de roca; está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Porosidad} = (\text{volumen de poros}) / (\text{volumen de la roca})$$

Siendo una relación, la porosidad se expresa en porcentaje (%). Para la explotación de agua, es importante determinar la porosidad del agua libre, es decir el agua que se puede mover dentro de la roca. También se llama a la porosidad efectiva la relación del volumen de poros interconectados al volumen de roca

Permeabilidad

La permeabilidad es la habilidad de un material para dejar fluir una corriente de agua a través de él cuando se le aplica una presión, se puede definir en una muestra de roca por medio de la ley de Darcy:

$$\text{Permeabilidad} = (\text{Caudal/Sección de la muestra}) / \text{Gradiente de Presión}$$

La unidad de la permeabilidad es m/s. La permeabilidad está ligada no solo al volumen de agua presente, sino también al tamaño de los poros.

Conductividad Eléctrica

Es el factor de proporcionalidad relativa al flujo de corriente eléctrica en un medio al cual se le aplica un campo eléctrico. La conductividad se puede expresar en: ohm.m, microS/cm. La conductividad es el inverso de la Resistividad.

¿QUÉ MÉTODOS USA TRX PARA LA BÚSQUEDA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS?

En TRX disponemos de las siguientes tecnologías aplicadas para la búsqueda de acuíferos:

Métodos Eléctricos: Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Principio: El agua subterránea, gracias a las diferentes sales disueltas que contiene, es iónicamente conductiva y permite que las corrientes eléctricas fluyan en el suelo. En consecuencia, medir la resistividad del suelo nos da la posibilidad de identificar la presencia de agua.

Ejecución: Para medir la resistividad del suelo, una corriente debe ser transmitida por medio de 2 electrodos, mientras que el potencial creado en superficie por la circulación de esta

corriente en el suelo es medido con 2 electrodos más. Aumentando progresivamente la distancia entre los electrodos receptores y transmisores nos permite incrementar la profundidad de investigación.

Las configuraciones geométricas posibles para la ejecución de un SEV, generalmente son: Dipolo-Dipolo, Schlumberger, Wenner.

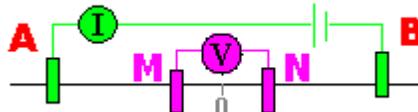


Figura 1: Arreglo geométrico para SEV (tipo Schlumberger).

Métodos Electromagnéticos: Sondeos Electromagnéticos en el Dominio del Tiempo (TDEM - SEDT)

Principio: El método de SEDT (TDEM en inglés) constituye otra herramienta geofísica capaz de proporcionar información muy detallada respecto a la distribución de resistividad del subsuelo, ya que consiste en observar las alteraciones que produce un campo magnético inducido por una corriente eléctrica.

Ejecución: El principio operativo del método SEDT consiste en hacer circular cíclicamente, en cortos periodos de tiempo, un campo eléctrico alterno alrededor de una bobina transmisora. Durante el periodo de conexión se origina un campo magnético primario estable en el subsuelo. Cuando se corta de forma instantánea la corriente que circula por la bobina transmisora (y por tanto cesa el campo magnético primario) el campo EM inducido en el subsuelo causa corrientes parásitas (EMF) que se propagan tanto a través del terreno como en los conductores próximos. Como consecuencia de pérdidas de resistencia calórica estas corrientes disminuyen con el tiempo, provocando un campo magnético secundario decreciente en la superficie.

Como el campo magnético secundario se genera cuando el campo primario está desconectado, puede medirse con relativa facilidad; entonces la medida de la relación de decrecimiento del campo secundario proporciona una forma de detectar la presencia de cuerpos conductores en el subsuelo y estimar su conductividad.

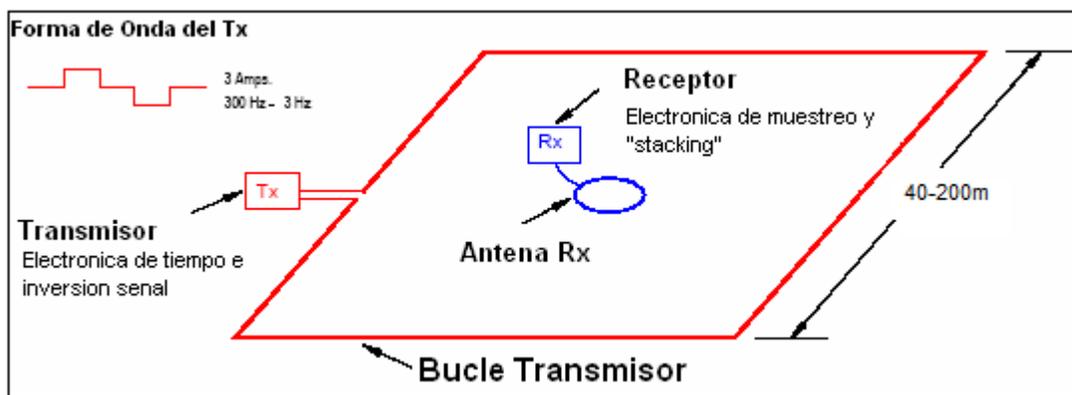


Figura 2: Arreglo geométrico adquisición SEDT.

Consideraciones sobre SEV y SEDT en Investigación de Acuíferos Primarios SEV

Profundidad de investigación. Como regla general la profundidad de investigación varía entre un 0.1 y 0.3 veces el largo del tendido AB, llegando en algunos casos a penetraciones aún menores. En práctica un SEV de AB=600 (AB/2=300m) puede llegar a cien metros de profundidad de investigación. Una profundidad similar puede ser el resultado de SEV más largos (AB/2=800-1000m) en áreas con secuencias muy conductivas. Esto es el caso de la Sierra de Guanipa donde SEV de AB/2=1000m (AB=2000m) proveen información hasta 120-200 m. La implicación relativa al uso de tendidos largos es la necesidad de usar transmisores de corriente muy potentes (500-1000W mínimo). Un SEV de AB/2=100m, comúnmente usado en Venezuela, solo permite investigar hasta 20-35m de profundidad.

Logística. La logística y velocidad de adquisición están fuertemente condicionadas por el largo del tendido y por el entorno de trabajo. Comúnmente en Venezuela se pueden ejecutar entre 2 y 3 SEV de AB/2=1000 m diarios.

Ventajas. Método robusto y ampliamente aceptado. Permite a técnicos expertos de controlar los resultados y la calidad de los datos del sondeo en campo. Su universalidad permite la fácil interpretación numérica y la integración de datos de diferentes estudios. Es un método que puede ser usado en ambientes con fuertes conductivos superficiales (típicos de áreas tropicales). Excelente en la caracterización de variaciones eléctricas verticales en medios subhorizontales. Seguramente la solución técnico/económica óptima para investigaciones superficiales a pequeña escala.

Desventajas. Lento y con necesidad de largos tendidos para investigar profundidades mayores de 100m. No es fácilmente aplicable en ambientes con alta resistividad superficial asociadas a zonas muy áridas y con sedimentos compactados (ej. Valle de Quibor), suelos laterizados, etc. Otra desventaja es la necesidad de usar electrodos clavados en el suelo (contactos galvánicos) y el ser sensible al ruido geológico asociado a estructuras 2D y a condiciones de capas no planas y paralelas. Claramente necesita mucho espacio por su ejecución y no siempre esto es posible en ambientes semi urbanos o industriales.

TDEM/SEDT

Profundidad de investigación. La profundidad de investigación es función de la dimensión/número de vueltas en la bobina o largo del dipolo de transmisión y de la potencia del transmisor. Esta puede llegar y superar los 500 - 1000m, con instrumentación diseñada para investigaciones superficiales e intermedias, y a algunos km con instrumentación tipo LOTEM (Long Offset Transient Domain). La penetración es función de la resistividad superficial y secuencia electro-estratigráfica investigada. Contrariamente al SEV, condiciones superficiales de alta resistividad mejoran la penetración de la señal y profundidad de investigación.

Logística. La logística es práctica y rápida si se usan bucles reducidos (5-10 m) con más grande número de vueltas en la bobina (8). En este caso cada set-up y medida (sondeo) podría tomar un máximo de 20-30 minutos. En el caso de bucles más grandes (100m) la operación podría ser más lenta y tomar un 30 % de tiempo adicional. Un promedio de 10 sondeos TDEM diarios es común en áreas sin mayores limitaciones asociadas a vegetación y topografía.

Ventajas. Método robusto y ampliamente aceptado como el SEV. Como todos los métodos electromagnéticos resulta menos sensible a ruido de tipo geológico que los SEVs. Método

activo, la general alta relación señal / ruido permite adquirir datos confiables en cualquier ambiente. Es un método excelente en ambientes tropicales y es el estándar operativo para investigaciones intermedias y profundas en países como Australia, Norte América, Europa y África. Excelente en la caracterización de variaciones eléctricas verticales en medios subhorizontales estratificados (secuencias sedimentarias y aluviales). No necesita electrodos puestos a tierra y es más rápido que los SEV.

Desventajas. No es tan sensible a variaciones laterales de la resistividad (elemento no relevante en investigación de acuíferos primarios). Podría ser engorroso en términos de velocidad de adquisición porque para llegar a profundidades mayores se necesitan bucles de mayor tamaño. Contrariamente al SEV NO tiene mucha resolución en los primeros 10-20m.

