



TOMOGRFIA ELÉCTRICA: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES

Tomografía eléctrica

En este cuaderno se describe el método de tomografía eléctrica y sus principales aplicaciones, mostrándose como ejemplo algunos de los resultados obtenidos en diversos estudios.

Descripción del método

La tomografía eléctrica es un método de prospección geofísica cuyo objetivo es obtener la distribución de la resistividad eléctrica en el subsuelo, tanto lateralmente como en profundidad. La resistividad o resistencia específica es una medida de la oposición del material al paso de la corriente eléctrica y tiene unidades de ohmios-metro (Ωm). Es una característica propia de los materiales, por lo que permite detectar cuerpos o estructuras que están enterrados y que presentan un valor de resistividad distinto al del medio que los rodea.

En líneas generales, consiste en introducir en el terreno una corriente eléctrica de intensidad conocida, a través de unos electrodos clavados a lo

largo de un perfil de forma equidistante. A partir de la intensidad de esta corriente y de la diferencia de potencial observada, el instrumento proporciona el valor de la resistividad aparente (llamada así porque no es la resistividad real) en puntos situados a lo largo del perfil de observación y a distintas profundidades.

Posteriormente, se lleva a cabo la inversión numérica de la resistividad aparente para obtener la distribución de la real.

Además de estudios a lo largo de un perfil (2D), también se pueden realizar estudios 3D, en cuyo caso las observaciones se realizan en perfiles paralelos equidistantes, definiendo una cuadrícula.



Observaciones a lo largo de un perfil



Terrameter LS



Equipo Abem Terrameter LS

Instrumento

El instrumento del que disponemos es el ABEM Terrameter LS, de 4 canales, que opera en línea con un total de 64 electrodos, teniendo además cables de distintas longitudes, con 21 tomas y un total de 90 electrodos. Complementan el equipo otros elementos como baterías de 12 V, cargadores, mazas, cinta métrica, etc. El equipo dispone de varios protocolos de adquisición de datos, como gradient, dipolo-dipolo, dipolo reverso, Wenner ...

El procesamiento de los datos se realiza con los programas de inversión Res2dinv y Res3dinv de Geotomo Software.

Etapas de un estudio de tomografía eléctrica

Como en todo método de prospección geofísica, para llevar a cabo un estudio de tomografía eléctrica es importante dividir el trabajo en una serie de etapas, dependiendo la calidad de los resultados de que éstas se lleven a cabo correctamente. (Orellana, 1982). Las principales son:

•Planteamiento del problema y recopilación de datos.

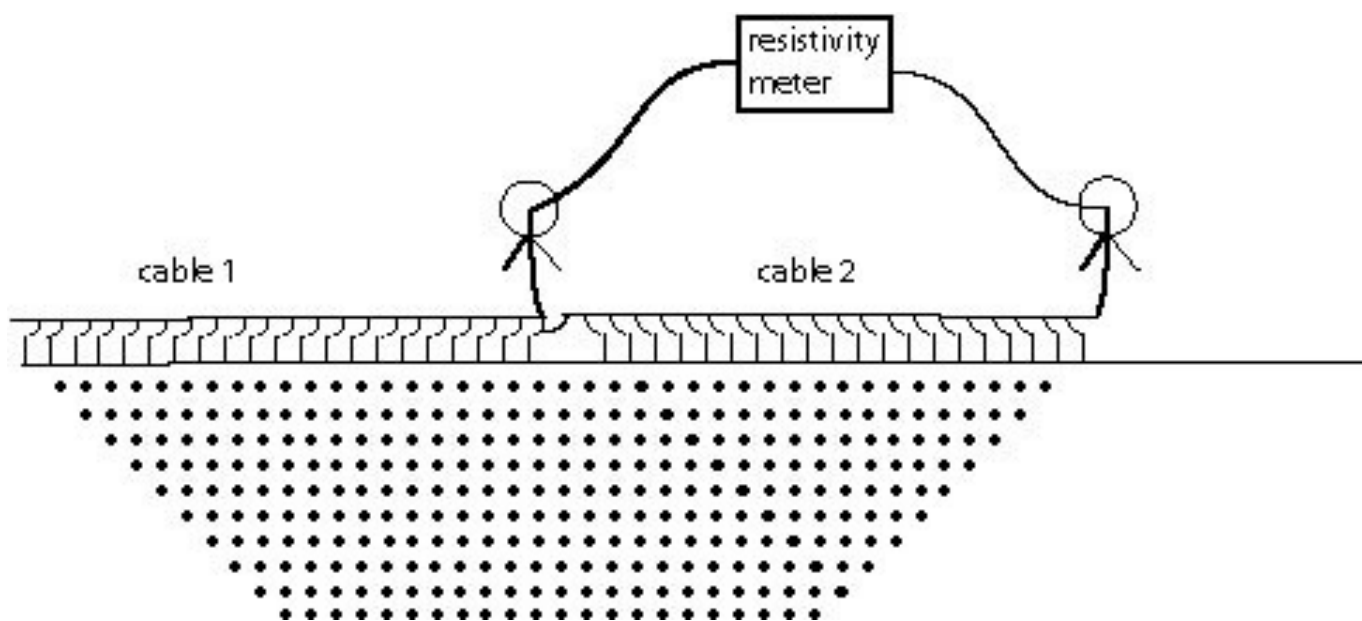
En esta etapa, teniendo en cuenta los objetivos del estudio, se plantea como alcanzarlos y se recopila toda la información sobre la zona de estudio, como por ejemplo resultados de otros estudios geofísicos, cartografía, información geológica, etc.

•Programación detallada del trabajo de campo en función del objetivo y sus circunstancias.

La correcta programación del trabajo de campo es de gran importancia, ya que puede ahorrar tiempo y evitar problemas. En esta etapa decidiremos por ejemplo si se realizará un estudio 2D o 3D y el protocolo de adquisición de datos. También, se decide de la localización sobre el terreno del perfil o perfiles, la longitud de cada uno y por tanto el número de cables a utilizar y la distancia entre electrodos. Esta distancia condiciona tanto el grado de resolución como la profundidad máxima a alcanzar, de manera que a menor separación mayor resolución pero menor profundidad. Como regla aproximada, la profundidad máxima que se alcanza usando dos cables es la distancia entre electrodos multiplicada por 6. Si se usan cuatro cables, sería multiplicada por 10 -12. Por ejemplo, si usamos 2 cables y tenemos una distancia interelectródica de 0.5 m, tenemos la capacidad de detectar cuerpos con esta dimensión mínima, hasta una profundidad de unos 3 m. En los estudios 3D, se elegirá además el número de perfiles que componen la cuadrícula y la distancia entre ellos, dependiendo el grado de detalle de esta distancia.

El protocolo de adquisición de datos va a determinar los electrodos que se usarán de forma sucesiva y cuáles actuarán como de corriente (a través de ellos se introduce la corriente eléctrica) o como de potencial (se medirá la diferencia de potencial entre ellos). Según el protocolo elegido, el instrumento va usando separaciones mayores entre los electrodos que actuarán como de corriente. Mientras mayor sea la distancia entre estos electrodos, a mayor profundidad se sitúa el punto al que se asigna el valor de la resistividad aparente.

En el caso de perfiles en los que se quiera alcanzar una longitud grande, es habitual emplear la técnica conocida como *roll-along*, que permite cubrir distancias mayores manteniendo la cobertura.



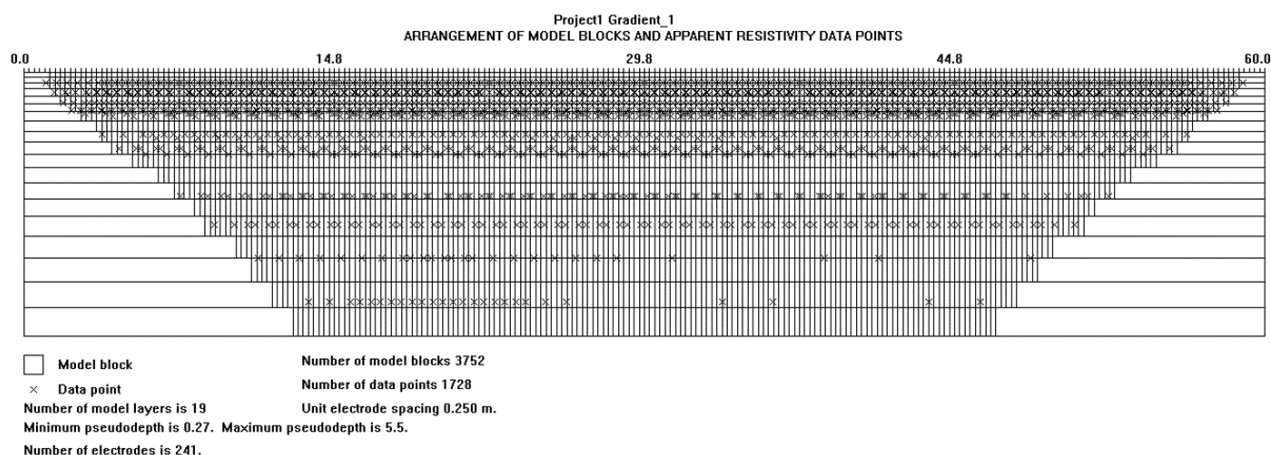
Ejemplo de protocolo de adquisición

•Ejecución del trabajo de campo.

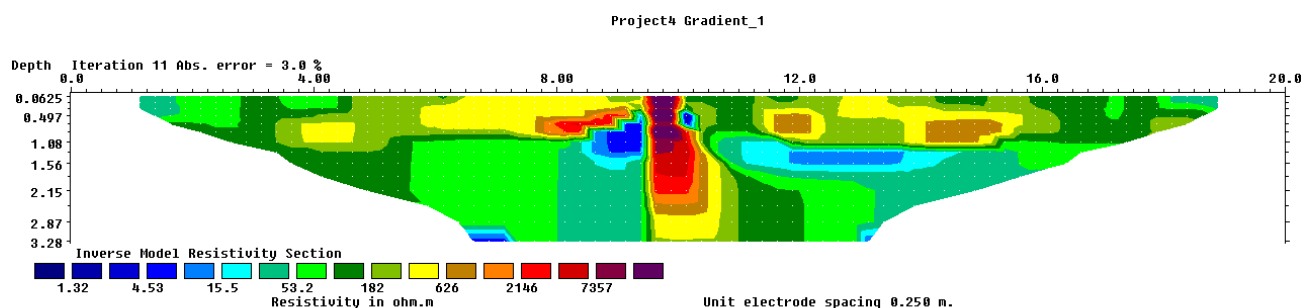
Sobre el terreno, se señala el perfil mediante cinta métrica y se clavan los electrodos según la distancia elegida. Se conectan los electrodos con los cables, la batería y se comienza la toma de datos. La unidad de medida, será la encargada de ejecutar de forma automática todas las secuencias de observaciones según el protocolo elegido. Además, es importante asignar coordenadas a una serie de puntos del perfil, normalmente mediante observaciones GPS. También durante el proceso de medida, se toman fotos y notas sobre la zona a estudiar, anotando cualquier posible incidencia.

•Procesado de los datos.

El procesamiento de los datos consiste en resolver el problema inverso, es decir, en obtener un modelo de distribución de las resistividades reales del subsuelo a partir de los valores de resistividad aparente. Para ello, disponemos de las aplicaciones Res2dinv y Res3dinv de Geotomo Software para estudios 2D y 3D respectivamente. Estos programas se basan en un ajuste mediante el método de diferencias finitas, consistente en una división del subsuelo en celdas con un valor inicial de la resistividad real, a continuación obtiene para cada celda un valor de la resistividad aparente y compara con los valores observados. De manera iterativa se van ajustando los valores de resistividad de cada celda hasta conseguir un error mínimo. La inversión se puede realizar añadiendo la topografía.



Ejemplo de división en celdas para la inversión numérica.



Distribución de resistividades reales tras la inversión.

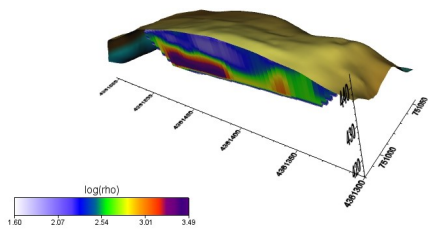
•Interpretación física de los resultados obtenidos.

Para llevar a cabo la interpretación desde el punto de vista físico, se seleccionan los valores de la resistividad que muestran mayor discrepancia con el medio, conocidos como anomalías. Es aconsejable realizar distintas representaciones gráficas, sobre todo en los estudios 3D, donde se suele realizar representaciones de secciones horizontales a distintas profundidades y también representaciones 3D de valores concretos de resistividad.

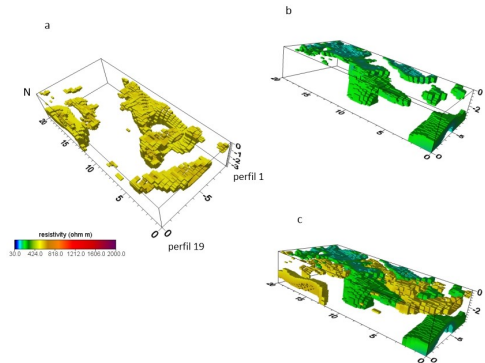
Dependiendo del objetivo del estudio, para realizar una interpretación completa es muy importante la colaboración con expertos en otras disciplinas, como por ejemplo en Geología o Arqueología.

Aplicaciones

El método de tomografía eléctrica se utiliza ampliamente en estudios de geología, de geotecnia y de hidrogeología. Al tratarse de un método no destructivo, es muy apropiado en estudios arqueológicos, ofreciendo resultados con un alto grado de detalle. Como ejemplo, en la figura se muestran algunos resultados obtenidos en estudios geológico y arqueológico, llevados a cabo en el yacimiento de Villasviejas del Tamuja, en Botija (Cáceres), en el marco del proyecto “Desarrollo de métodos de mínima invasión para la revalorización socio-cultural de zonas arqueológicas” (PRI IB116150) financiado por la Junta de Extremadura.



Representación 3D de un perfil junto a la topografía (De Tena et al., 2020).



Representación 3D de selección de resistividades (Pro et al., 2020).

Referencias

De Tena, M.T.; Pro, C.; Charro, C.; Salgado, J.A.; Mayoral, V. (2020). Geological characterisation of the settlement of Villasviejas del Tamuja (Cáceres, Spain). Quaternary International. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.024>

Pro C., B. Caldeira, M. T. de Tena, C. Charro, R. J. Oliveira, J. F. Borges y V. Mayoral (2020). Exploring the Consistency of Data Collected in Archaeological Geophysics: A Case Study from the Iron Age Hillfort of Villasviejas del Tamuja (Extremadura, Spain). Remote Sensing, 12, 1989. doi:10.3390/rs12121989

Orellana, E (1982): “Prospección geoelectrica en corriente continua”. Biblioteca Técnica Philips. 580 págs

CMPLab es el acrónimo de Laboratorio de Captura de Datos, Modelado Virtual y Producción/Prototipado. CMPLab surgió de un proyecto de Ayudas a Infraestructuras y Equipamiento Científico-Técnico de la Secretaría de Estado de Investigación y comenzó su andadura en 2016. Este laboratorio trabaja en líneas de investigación relacionadas con la construcción de modelos 3D de objetos arqueológicos, fotografía de muy alta resolución, prospección geofísica y aplicaciones de la geomática al patrimonio cultural.

Nuestra sede física está en la primera planta del edificio de investigación del **Centro Universitario de Mérida**.

(Universidad de Extremadura)
Avda. Santa Teresa de Jornet, 38
06800 Mérida (España)

<http://cmplab.unex.es/>
Correo: cmplab@unex.es



Créditos de este cuaderno:

Carmen Pro, cpro@unex.es
Grupo Kraken <http://kraken.unex.es/>



GRUPO KRACKEN
ANÁLISIS DE DATOS
REPRODUCCIÓN Y MODELADO 3D



El grupo Kraken está formado por personas de diferentes áreas de conocimiento: ingeniería geomática, física de la Tierra, biología, telemática, agronomía... Nuestro nexos es la captura y procesamiento de datos espaciales tanto a escala detallada (modelos 3D, documentación gráfica de objetos) como a escala territorial (sistemas de información geográfica,

Parte de la realización de estos cuadernos ha sido financiada a través del proyecto GR18028 (Grupo de investigación RNM026) el cual ha sido co-financiado por los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) y el Gobierno de Extremadura.

JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital

