

# Tomografía eléctrica 2D/3D sobre depósitos de estériles mineros

En este artículo se pone de relieve los resultados obtenidos con tomografía eléctrica 2D y 3D, llevada a cabo sobre los depósitos de estériles mineros más relevantes de la Región de Murcia con el fin de apoyar a los estudios integrales que se están desarrollando sobre estas balsas (geoquímicos, geotécnicos, hidrogeológicos, etc.). Los valores geoelectricos procesados hasta la fecha se han mostrado muy significativos y adecuados como base para la estimación del relieve del zócalo sobre el cual se depositan los estériles, así como la delimitación de diferentes regiones dentro de la balsa según el tipo de estéril, humedad, granulometría, etc. Estos resultados se están corroborando con la ejecución de sondeos mecánicos con obtención de testigo y con la realización de análisis químicos sobre muestras tomadas en superficie y en profundidad.

En la Región de Murcia debido a la intensa actividad minera que ha existido, especialmente en el siglo pasado, se hallan catalogadas 85 balsas de estériles mineros (IGME, 1999), ubicadas en lo que fueron las principales comarcas mineras de la Región: Mazarrón y Cartagena-La Unión [Figura 1].

Debido a los diversos problemas que surgen de la presencia de estas balsas de estériles mineros, están aprobándose disposiciones y normativas (Aracil et al., 2003) encaminadas a fomentar las investigaciones sobre estas balsas y el desarrollo de técnicas eficaces que permitan minimizar o eliminar los efectos de estas estructuras sobre el medio ambiente y garantizar la seguridad de las infraestructuras próximas a estas estructuras.

La Universidad Politécnica de Cartagena, a través de un contrato suscrito con la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Región de Murcia, está llevando a cabo un estudio integral sobre depósitos de estériles mineros Clase I con el fin de evaluar los posibles riesgos y definir las medidas correctoras necesarias a adoptar. Las campañas geofísicas de medidas, realizadas hasta el momento, forman parte de este estudio integral y sus datos han buscado servir de información útil para el resto de los grupos de trabajo, con los siguientes objetivos:

- Determinar la superficie del zócalo sobre la cual se asientan los estériles mineros con el fin de ubicar el material depositado.
- Caracterizar geoelectricamente los diferen-

**Palabra clave:** DEPÓSITO DE ESTÉRILES, GEOFÍSICA, TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA 2D/3D

**Pedro MARTÍNEZ PAGÁN. Ing. de Minas<sup>(1)</sup>.  
Enrique ARACIL ÁVILA. Dr. CC Geológicas<sup>(2)</sup>.  
Unai MARURI BROUARD. Ldo. CC Geológicas<sup>(2)</sup>.  
Ángel FAZ CANO. Dr. CC Biológicas<sup>(1)</sup>.  
<sup>(1)</sup>Univ. Politécnica de Cartagena.  
<sup>(2)</sup>Análisis y Gestión del Subsuelo, S.L.**

tes niveles de estériles para modelizar la balsa con vistas a su estudio geotécnico.

- Poner de manifiesto la posible presencia de agua en las estructuras.
- Identificar y localizar zonas de fractura o de drenaje.

## Metodología

La técnica geofísica empleada ha sido tomografía eléctrica 2D y 3D (Loke, 2000; Aracil, 2002; Aracil et al., 2003) donde se desplegaron perfiles de 36 electrodos y 54 electrodos según el ancho y profundidad de los depósitos de estériles siguiendo el esquema básico de la [Figura 2].

El dispositivo empleado fue el Wenner-Schlumberger (Reynolds, 1997). El número de perfiles desplegados sobre cada depósito se estableció de forma que cubriera adecuadamente la zona de estudio [Figura 3]. Los electrodos se colocaron con una separación de 5 metros y en algunas balsas se repitieron las medidas para evaluar el efecto de la estacionalidad (estación seca y estación húmeda) sobre las medidas geoelectricas.

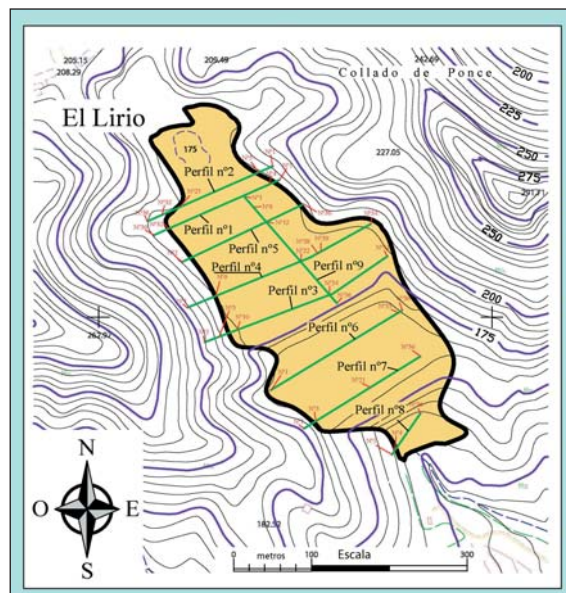
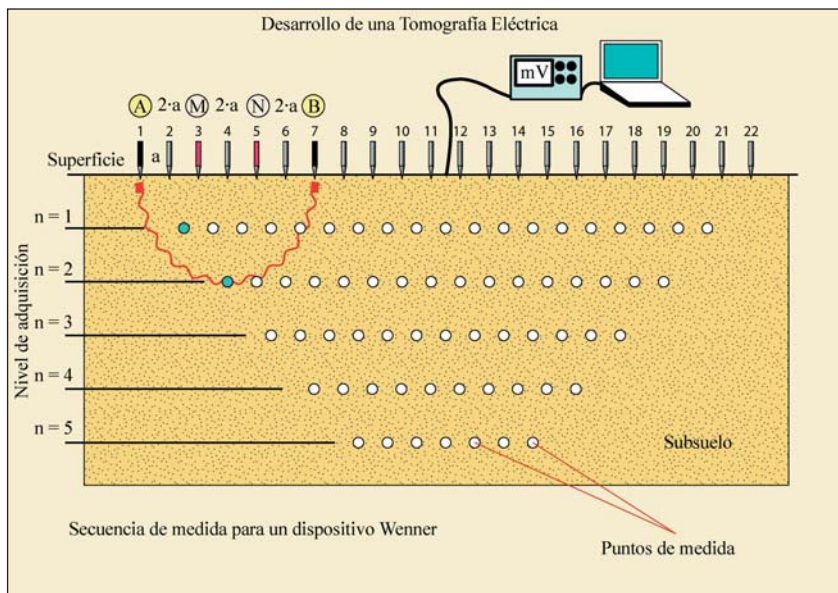
Para el caso de la tomografía eléctrica 3D se desplegaron perfiles de 36 electrodos con una separación entre perfil de 10 metros y separación entre electrodos de 5 metros. El procesado de las medidas se llevó a cabo con el programa *Res3Dinv*. Conviene resaltar en este punto que el tiempo de procesado requerido para los datos 3D fue significativamente mayor que para los datos 2D, aproximadamente tres horas para cada bloque 3D.

## Resultados

Los resultados obtenidos con la tomografía eléctrica 2D y 3D han cubierto satisfactoria-

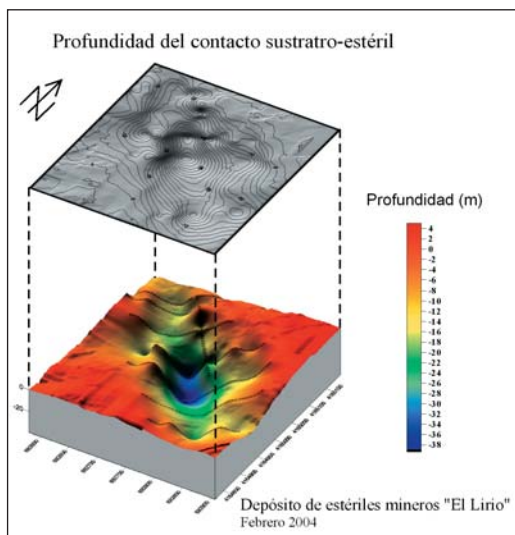


[Figura 1] Situación de los principales depósitos de estériles en la Región de Murcia.

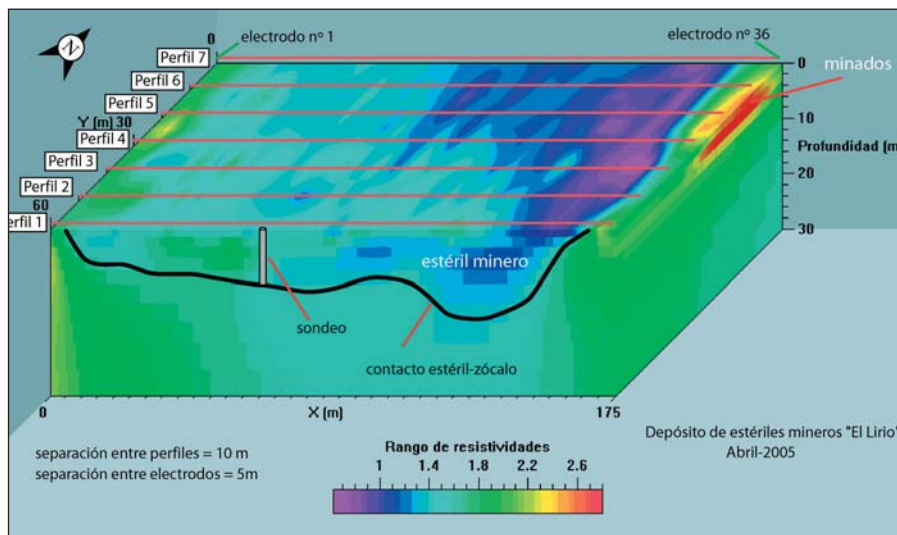


[Figura 2] Esquema del dispositivo y la secuencia de medida de una tomografía eléctrica.

[Figura 3] Situación de perfiles de tomografía eléctrica 2D sobre un depósito de estériles.



[Figura 4] Topografía del contacto sustrato-estéril obtenida con tomografía eléctrica 2D.



[Figura 5] Imagen del volumen de estéril obtenida con tomografía eléctrica 3D.

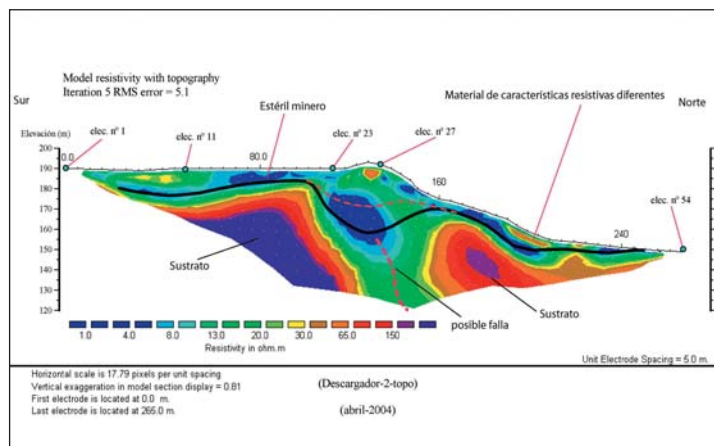
mente las expectativas debido al tipo de material vertido, que está formado por estériles procedentes de los lavaderos de sulfuros metálicos y de las labores de explotación, principalmente, y que contrasta geoelectricamente con el zócalo natural o sustrato.

Como consecuencia, la tomografía eléctrica ha permitido obtener de forma fiable en cada uno de los depósitos investigados:

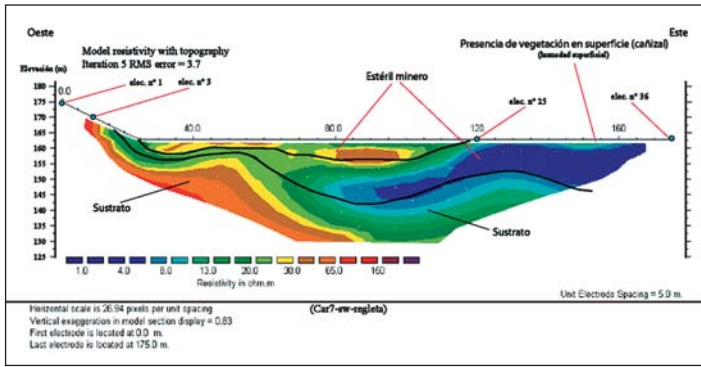
- La topografía del vaso de los depósitos y cubicación del volumen de estériles depositados [Figura 4] y [Figura 5].
- Localización de fracturas o zonas por donde se produce transporte de metales pesados en disolución [Figura 6].
- Zonificación de la balsa en función del contenido de humedad o de la alteración sufrida por los materiales: carbonatos, sulfatos, óxidos, cambios de pH, etc. [Figura 7].
- Identificación geoelectrica de diferentes

tipos de material para modelizar geotécnicamente la balsa de estériles [Figura 8]. Para confirmar los resultados obtenidos con tomografía eléctrica se han realizado si-

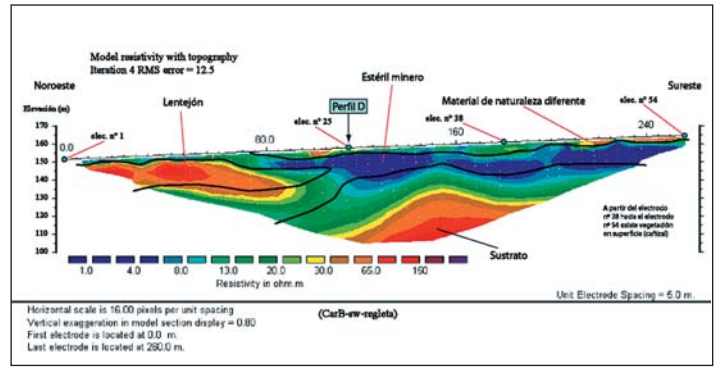
multáneamente campañas de toma de muestras superficiales y sondeos con obtención de testigo para llevar a cabo análisis físico-químicos en laboratorio.



[Figura 6] Identificación de fracturas y zonas de drenaje en los depósitos de estériles.



[Figura 7] Presencia de humedad delimitada con tomografía eléctrica 2D.



[Figura 8] Diferentes materiales que conforman el depósito de estériles.

## Conclusiones

A la vista de los datos que se van obteniendo con la tomografía eléctrica, y que han sido contrastados con otras técnicas, se puede afirmar que la tomografía eléctrica es una herramienta muy adecuada, desde el punto de vista de la fiabilidad, de la rapidez de ejecución, del consumo de tiempo de procesamiento y de la no invasión del subsuelo, para apoyar estudios geotécnicos, hidrogeológicos, hidráulicos, geoquímicos, etc. que se lleven sobre depósitos de estériles mineros como resultado de la explotación de sulfuros metálicos.

## Bibliografía

- ARACIL, E. 2002. *La tomografía eléctrica como técnica versátil aplicable a la obra civil*. IV Jornadas de Geotécnica. Vías de Comunicación, 9-10 de Mayo de 2002. Servicio de Publicaciones Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos.
- ARACIL, E., MARURI, U., VALLÉS, J., MARTÍNEZ-PAGÁN, P., PORRES, J.A. 2003. *Evaluación de problemas medioambientales mediante tomografía eléctrica*. Ingeopres, nº 122, pp. 34-39.
- IGME. 1999. *Inventario Nacional de Balsas Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*. Cartagena.
- LOKE, M. H. 2000. *Electrical imaging surveys*

for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys. University of Birmingham.

- REYNOLDS, J.M. 1997. *An introduction to applied and environmental geophysics*. Wiley. Chichester (England). 796 p.

### Información:

**U.P. DE CARTAGENA (E.T. INGENIERÍA CIVIL)**  
 Pº Alfonso XII, 52. 30203 Cartagena  
 Tel.: 968 325 558  
 E-mail: p.martinez@upct.es  
 Pág. Web: www.upct.es