

EXPLORACION DE MINERALES MEDIANTE TOMOGRAFIAS ELECTRICAS RESISTIVIDAD /CARGABILIDAD

I. INTRODUCCION

La técnica de exploración por tomografía de resistividad eléctrica (ERT o electrical resistivity tomography) es un método eficaz, rápido, de bajo costo y no invasivo que permite modelar y visualizar la estructura interna de los materiales del subsuelo. En sus inicios la metodología presentaba resultados unidimensionales (1D) con poco detalle, actualmente se presentan resultados en 2D y 3D con mucho más detalle lo que permite modelar e interpretar de mejor manera el subsuelo y los materiales que conforman las instalaciones mineras que son investigadas. Actualmente esta tecnología se aplica para solucionar problemas diversos: exploración minera, exploración hídrica, estudio de contaminantes, estudios de fugas, deslaves y geotecnia entre otros.

El rango de estudio puede variar desde algunos metros hasta centenares de metros de profundidad. Los avances alcanzados de esta metodología han sido significativos, ya que se ha obtenido una alta resolución en la prospección, reducción importante en los tiempos de adquisición con la instrumentación automatizada y tiempos de procesamiento mucho más rápidos. En este sentido TERA 21 ha tomado la vanguardia al introducir en sus servicios un moderno equipo de ERT que está revolucionando la metodología de exploración actual en el arco minero venezolano. Estas innovaciones han hecho que la técnica sea más accesible y más aplicable a proyectos mineros y de ingeniería, ya que puede ser utilizada para detectar pequeños como grandes objetivos. La adquisición toma desde unos pocos minutos hasta varias horas, dependiendo de la resolución y de la profundidad requerida.

El diferente comportamiento geoelectrico del medio permite obtener perfiles 2D e imágenes 3D de la distribución de resistividades y cargabilidades en profundidad, por lo que se trata de una de las herramientas de carácter no destructivo más eficaz para el análisis y caracterización del subsuelo que existe actualmente, para el ahorro de tiempo y dinero. Si bien aún no ha ubicado su estructura mineralizada o durante su explotación se perdió la continuidad de la misma, con las tomografías eléctricas puede entender mejor el subsuelo previo a paso final de excavación o perforación, lo cual se traduce en optimización de recursos y desarrollo de su proyecto.

II. MEMORIA DESCRIPTIVA es TERA 21 C.A, Rif: J-40186960-2

II.1. PRE-CAMPO

Esta actividad es realizada en oficina, e incluye un arqueo de las principales fuentes de información como: cartografía nacional, bibliotecas universitarias, publicaciones nacionales e internacionales, revisión de trabajos previos internos y planificación detallada de la campana. Implica aplicación de técnicas de geomática para el procesamiento de datos e imágenes satelitales disponibles, así como la elaboración de un SIG para el proyecto. Contempla toda la planificación logística y estrategias de exploración a implementar, así como la preparación y mantenimiento de equipos de campo.

II.2. CAMPO

Contempla la ejecución de picas de acceso en las zonas que lo requieran. Se utilizará como es clásico en geofísica, medidas de resistividad eléctrica/IP del subsuelo para detectar y localizar cuerpos y estructuras geológicas mediante su contraste resistivo y cargabilidad. Se empleará tomógrafo de 32 electrodos, la geometría a utilizar será dipolo-dipolo con espaciamiento interelectrodico de 10 metros para dimensionar perfiles de 310 metros, con lo cual se garantiza alcanzar los 50-70 metros de profundidad. Los perfiles serán georeferenciados en cada electrodo, utilizando equipo GNSS de alta precisión. Se realizará la organización, preparación y preprocesamiento de datos.

II.3. POST-CAMPO

Durante esta etapa, se realizará el procesamiento de los datos geofísicos 2D/pseudo 3D, y se integraran todos los resultados adquiridos en campo, con el objetivo de definir prospectos. En esta etapa se realizará el procesamiento, análisis e interpretación detallada de los resultados, para sintetizar todo en un informe final.

III. METODOLOGIA

Generalmente para la identificación de estructuras y vetas, se utiliza el dispositivo multielectrónico Dipolo-Dipolo, que optimiza el tiempo de toma de datos (en una sola lectura se leen 10 niveles) por tener mejor resolución vertical, buena cobertura horizontal y ser menos susceptible al ruido telúrico (variaciones temporales del campo magnético terrestre y sus gradientes).

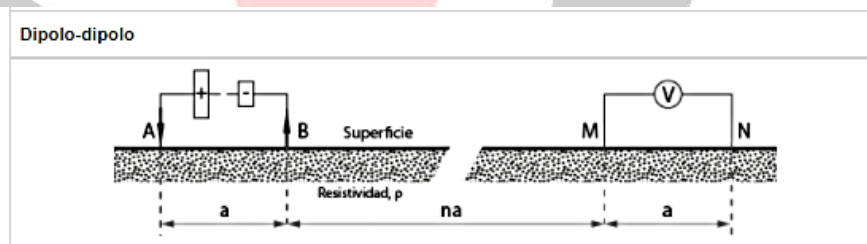


Figura 1. Dispositivos o arreglos de electrodos más comunes.

Donde A y B son los electrodos de corriente y M y N los de potencial. La constante a es una distancia en metros (en general no mayor de 10 m, salvo para dispositivos determinados, donde se buscan profundidades de investigación grandes). La variación del parámetro n nos va definiendo los diferentes niveles que estamos midiendo, ya que de su valor depende el tamaño del dispositivo y por tanto la profundidad a alcanzar.

La profundidad de investigación depende del tipo de dispositivo, del tamaño del mismo y de los materiales a estudiar (tamaño, disposición, contraste de resistividad, etc.). En términos generales suelen ser del orden del 40% del $n \cdot a$ máximo, en los dispositivos Wenner y Schlumberger, y del 30% del $n \cdot a$ máximo en el dipolo-dipolo.

La adquisición de los datos geoelectrico se realizará empleando un Tomógrafo marca Pasi modelo POLARES 2.0, este sistema se conecta a 32 electrodos, que se disponen en línea recta con una separación constante, a través de un cable conectado a los electrodos en el terreno. Se plantea utilizar espaciamiento de 10 m entre electrodos para dimensionar perfiles de 310 metros de longitud y garantizar 50 metros de profundidad. Para

acotar los efectos de borde de trapecio en los perfiles, se plantea solape entre perfiles de 25% para los 20 km de transectos y 50% para los perfiles de las 03 poligonales de detalle.

El equipo selecciona automáticamente los cuatro electrodos activos, que se utilizarán para cada medición. Las mediciones se realizarán utilizando una geometría dipolo-dipolo a una frecuencia de 31.5-7.81 Hz. La figura 2 muestra la geometría básica a utilizar y la configuración del equipo.

POLARES32 - CONFIGURAZIONE CON 32 ELETTRODI

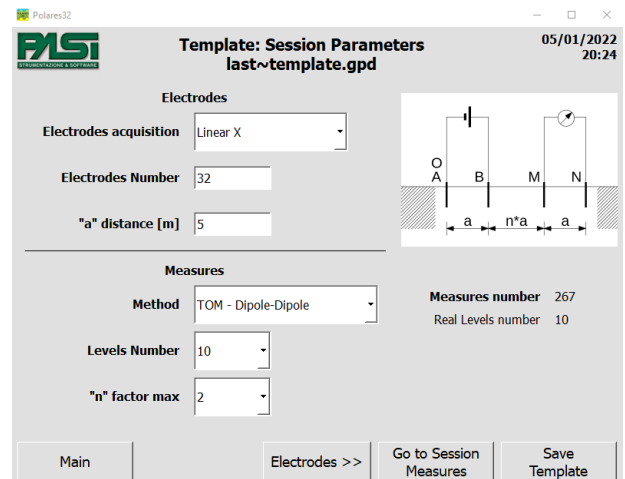
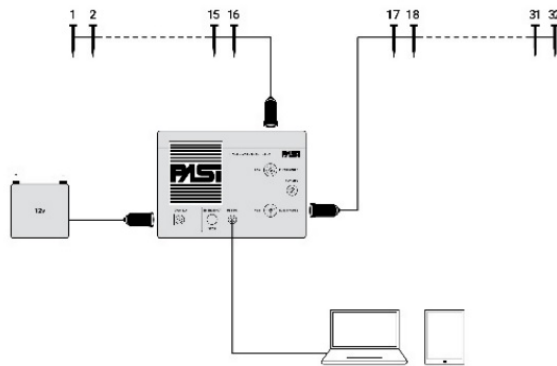


Figura 2. Configuración geométrica de electrodos utilizada en campo, PASI (2021).

Como control de calidad, antes de cada medición se comprobará el valor de la impedancia de contacto (resistencia de contacto del electrodo) de cada electrodo. Los valores de impedancia de contacto deben ser lo más bajos posible para facilitar la corriente inyección y, lo que es más importante, deben ser homogéneos para evitar anomalías puntuales en los datos. Los perfiles serán georreferenciados mediante equipos GNSS diferenciales, sobre cada electrodo a fines de obtener los valores XYZ.

Respecto al procesamiento de los datos, se basará en resolver el problema inverso, es decir, en obtener un modelo de distribución de las resistividades/cargabilidades reales del subsuelo a partir de los valores aparentes. Para ello, disponemos de las aplicaciones Res2dinv y Res3dinv de Geotomo Software para estudios 2D y 3D respectivamente, Loke (2020). Estos programas se basan en un ajuste mediante el método de diferencias finitas, que consiste en una división del subsuelo en celdas con un valor inicial de la resistividad real (figura 3), 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/cargabilidad de cada celda hasta conseguir un error mínimo. La inversión realizara añadiendo la topografía de cada perfil.

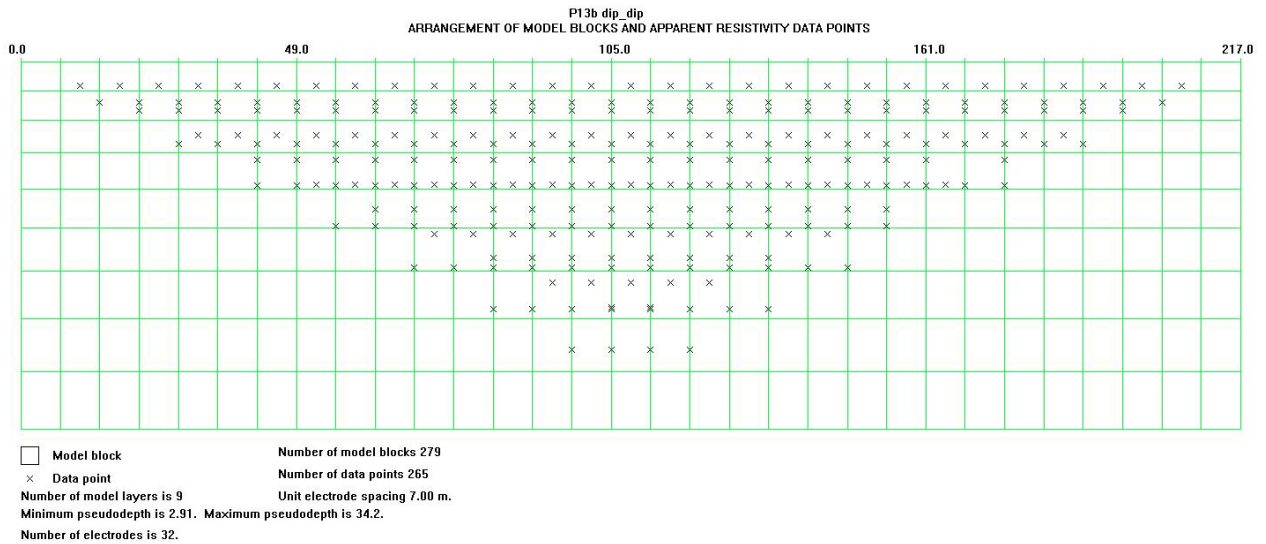


Figura 3. Modelo de bloque de resistividad/cargabilidad utilizado en la inversión de datos RES2DINV

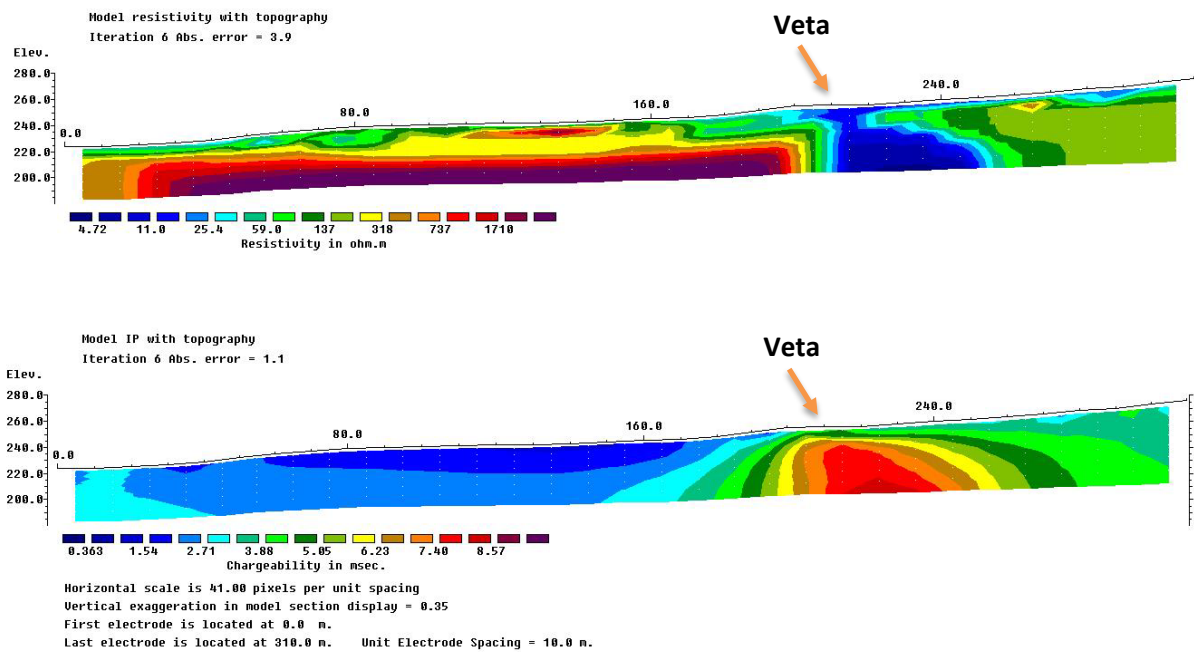


Figura 4. Tomografía eléctrica en transecto 2D. Ejemplo de caso de éxito en la identificación de vetas mineralizadas y confirmada en campo, en zona cercana a El Callao, estado Bolívar, Venezuela.

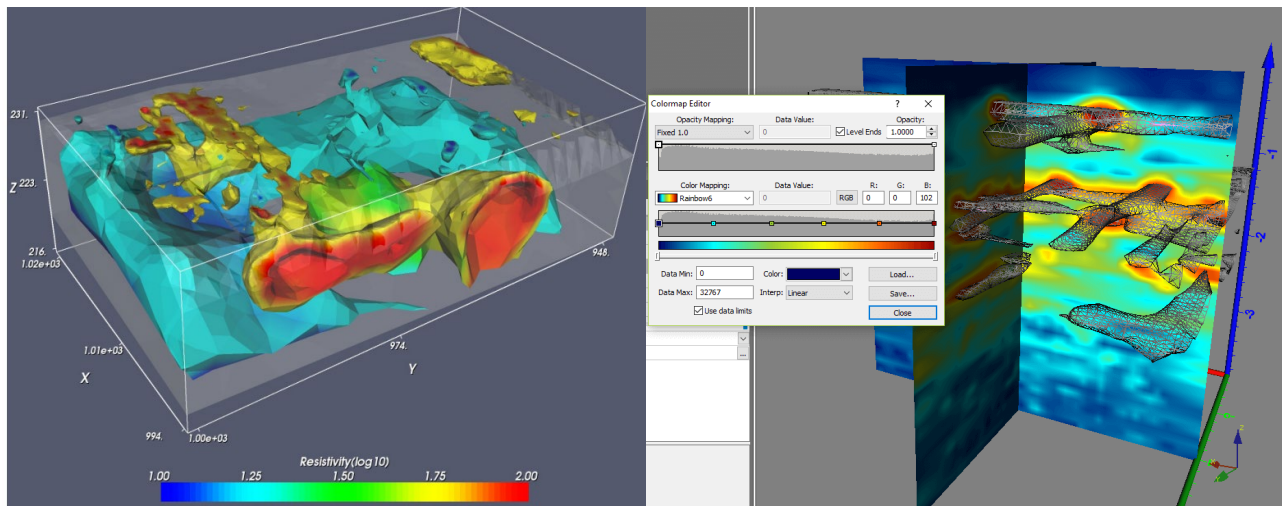


Figura 5. Ejemplos de inversión 3D y modelado tridimensional en base a tomografías eléctricas (3D de isosuperficies).

IV. EQUIPAMIENTO

IV.1. Equipo de Tomografía eléctrica

Las mediciones de campo en el estudio presentado se realizarán utilizando el equipo POLARES 2.0 (P.A.S.I. srl), que utiliza una corriente alterna sinusoidal de frecuencia ajustable. El tomógrafo dispone de 2 rollos de cable inteligente con espaciamiento de 10 metros para 32 electrodos. Este sistema tiene una unidad de conmutación electrónica automática para conmutar señales en los diferentes electrodos, por lo que el instrumento puede medir tanto la corriente como el voltaje con una secuencia de medidas controlada por microprocesador, ver instrumental en figura 8 y detalles técnicos adjuntos.



Figura 6. Instrumental utilizado en campo para mediciones de tomografías eléctricas y polarización inducida.

IV.2. Equipos GNSS

Equipo GNSS diferencial multiconstelación:

- GPS, GLONASS, Galileo y BeiDou
- Bandas de frecuencias L1C/A y L2C
- 184-channel u-blox F9
- Corriente: 68mA - 130mA

Figura 7. Equipos de Georeferenciación RTK

- Time to First Fix: 25s (cold), 2s (hot)
- Max Navigation Rate:
- PVT (basic location over UBX binary protocol) - 25Hz
- RTK - 20Hz
- Raw - 25Hz
- Horizontal Position Accuracy:
- GNSS Positioning (~30cm accuracy) - 'Rover'
- GNSS Positioning with RTK (1.4cm accuracy)



IV.3. Equipos de desmalezamiento

- ✓ Brújula y equipos GNSS
- ✓ Motosierra a gasolina x 2
- ✓ Desmalezadora de espada a gasolina x 2
- ✓ Machetes x 4
- ✓ Bidones, gasolina y Aceite 2 tiempos. Lima triangular, lima cola de ratón. Implementos de seguridad.

V. PRODUCTOS A ENTREGAR

V.1. Productos

- Reportes de avance semanal
- Datos crudos en formato res2inv y .txt
- Datos de georeferenciación de cada perfil en formato .txt
- Memoria fotográfica del trabajo de campo.
- Reporte de adquisición final de datos.
- Secciones de resistividad y cargabilidad 2D/3D invertidas.
- Modelos tridimensionales (cubo de resistividades/cargabilidades)
- Informe final de procesamiento de datos, resultados e interpretación y recomendaciones.

El informe final será sometido a revisión por parte del **CLIENTE** en un período no mayor a 3 días continuos, en los cuales el mismo podrá consultar, pedir aclaratorias, sugerir modificaciones, entre otros. Al finalizar este período, si no son presentadas observaciones, se considerarán los resultados finales y el informe **APROBADOS** por el cliente.

NOTA: Todos los productos serán entregados en formato digital.

VI. Personal

Los profesionales especialistas que participarán durante la ejecución del proyecto son los siguientes:

- ✓ Geofísico Senior/ Adquisición y procesamiento/ **director de proyecto.**

- ✓ Geofísico Junior/ Procesamiento e interpretación
- ✓ Ing. Electrónico / Operador de campo
- ✓ Ing. Sistemas / Operador GNSS
- ✓ Ingeniero agrimensor / Elaboración de picas
- ✓ Obreros 4-6

VI.1. Condiciones/obligaciones del CLIENTE

- ✓ Proporcionar asistencia en enlace con la comunidad, logística dentro del área de estudio y en las bases de operaciones.
- ✓ Permisos de acceso y seguridad en campo.
- ✓ Personal de seguridad y apoyo a disposición del proyecto para acompañamiento.
- ✓ Permisos CVM. Guía de movilización de personal, vehículos, equipos y combustible.
- ✓ Se debe comunicar vía correo la aprobación formal de la oferta.
- ✓ Picas de acceso a convenir...

VI.2. Servicios/obligaciones de TERA 21.

- ✓ Preparación de mapas y otros datos previos.
- ✓ Suministro del personal calificado necesario para completar el estudio.
- ✓ Suministro del equipo técnico con los equipos y herramientas necesarias para realizar el estudio.
- ✓ Procesamiento de los datos geofísicos en el campo y en el centro de procesamiento de datos en oficina.
- ✓ Preparación y entrega al CLIENTE de todos los productos especificados en la oferta.
- ✓ Interpretación de los datos, especificados en la oferta.
- ✓ Presentación de los productos finales.
- ✓ Entrega de informe final y resultados.

Agradeciendo el interés por participar en su proyecto, quedamos a sus órdenes, dispuestos a colaborar y a la espera de sus comentarios y reacciones respecto a la presente oferta técnica, sin más se despide, equipo TERA 21

Inversiones TERA 21 C.A, Rif: J-40186960-2