

APLICACIÓN DEL MÉTODO GEOFÍSICO MAGNETOTELÚRICO SPARTAN MT EN LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA, DE HIDROCARBUROS Y MINERA PROFUNDA

Leduar Ramayo Cortés y Miles Rideout

Quantec Geoscience Limited. Viamonte 3892, Chacras de Coria, Mendoza, Argentina,

RESUMEN

La exploración de energía geotérmica, minera y de hidrocarburos resulta extremadamente compleja y costosa, lo cual está dado por la profundidad a la que se desarrollan los depósitos y en muchos casos por el difícil acceso a las áreas de estudio. Por otra parte, la aplicación de técnicas de exploración convencionales (geológicas, geoquímicas de superficie y geofísicas tradicionales) es muy limitada. Los métodos magnetotelúricos (MT) poseen una larga historia en la exploración de recursos y se han convertido, gracias a los recientes avances informáticos, modelado 2D y 3D y al desarrollo de nuevas técnicas de inversión, en una prometedora herramienta para la detección y delimitación de reservorios. El objetivo del presente trabajo consiste en mostrar las bondades de la herramienta de exploración geofísica SPARTAN MT. Asimismo, se incluyen tres casos históricos de estudio donde se muestra la aplicación de la tecnología a la exploración de reservorios geotérmicos, yacimientos de petróleo y gas y a la exploración de un depósito tipo IOCG (Óxidos de hierro con cobre y oro)

BASES Y DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO MAGNETOTELÚRICO (SPARTAN MT)

MT es un método de exploración geofísica que usa ondas electromagnéticas de baja frecuencia de origen natural y es uno de muchos métodos que miden la resistividad eléctrica del subsuelo como forma indirecta de estudiar las características geológicas de un área determinada. Estas señales, luego de atravesar la atmósfera, se difunden en la corteza terrestre atenuándose rápidamente con la profundidad.

El concepto básico de éste método es sencillo; se registran en series de tiempo las componentes horizontales de los campos magnético y eléctrico que son provocados por la incidencia de las señales electromagnéticas y que fluctúan conforme a las propiedades del medio que atraviesan. Para poder captar las características del medio en todas sus dimensiones, los campos eléctrico (E) y magnético (H) son medidos en las tres direcciones, de manera que se obtienen registros de las componentes E_x , E_y , H_x , H_y , y H_z .

El campo eléctrico es detectado mediante dipolos eléctricos dispuestos en el terreno según dos direcciones preferenciales perpendiculares entre sí. Para las mediciones de campo magnético se usan bobinas receptoras orientadas en concordancia con los dipolos eléctricos, además de una bobina adicional para lectura de la componente vertical del campo magnético. Una unidad receptora (Data Logger) almacena y preprocesa estas lecturas. Idéntico procedimiento se lleva a cabo en una estación remota donde se registran los campos en forma sincronizada con cada sitio de sondeo para posteriores procesos de remoción de ruidos y certificación de la calidad de los datos. Ambas estaciones, remota y local se sincronizan mediante GPS.

El proceso aplicado a los datos obtenidos permite obtener curvas de resistividad aparente en función de la frecuencia gracias a la ecuación que relaciona la impedancia del medio con la resistividad del mismo para una determinada frecuencia o periodo. Estos datos de resistividad aparente en función de la frecuencia son luego modelados para obtener interpretaciones 1D (curvas de resistividad en función de la profundidad para cada sitio de sondeo), 2D (secciones de resistividad vs. profundidad) y 3D.

CASOS DE ESTUDIO

1) Exploración de reservorios geotérmicos: Ejemplo del Campo Geotermal del Valle Dixie, Nevada

Este estudio tuvo como objetivos: delinear zonas de fallas con flujos de fluidos, mapear las posibles formaciones reservorios y determinar la ubicación del basamento de la cuenca. Se diseñaron 14 millas de perfiles sobre el Valle Dixie. Cada perfil cruzaba la zona de fallas Stillwater en un ángulo casi recto sobre un rango de frecuencias de 10KHz a 0.03Hz. Estas líneas de estudio cortaron las áreas de producción principal. En la Figura 1 puede observarse la buena correlación existente entre el modelo geológico generado con apoyo en información de pozos y el modelo de resistividades Spartan MT. La inversión

inicial 2-D indicó con gran exactitud la ubicación de las rocas de basamento y la zona de probable alteración por efecto de los fluidos geotermales en circulación demostrando la capacidad de mapear en detalle los principales rasgos estructurales y litológicos de los diferentes ambientes geológicos a profundidades mayores de 2 km.

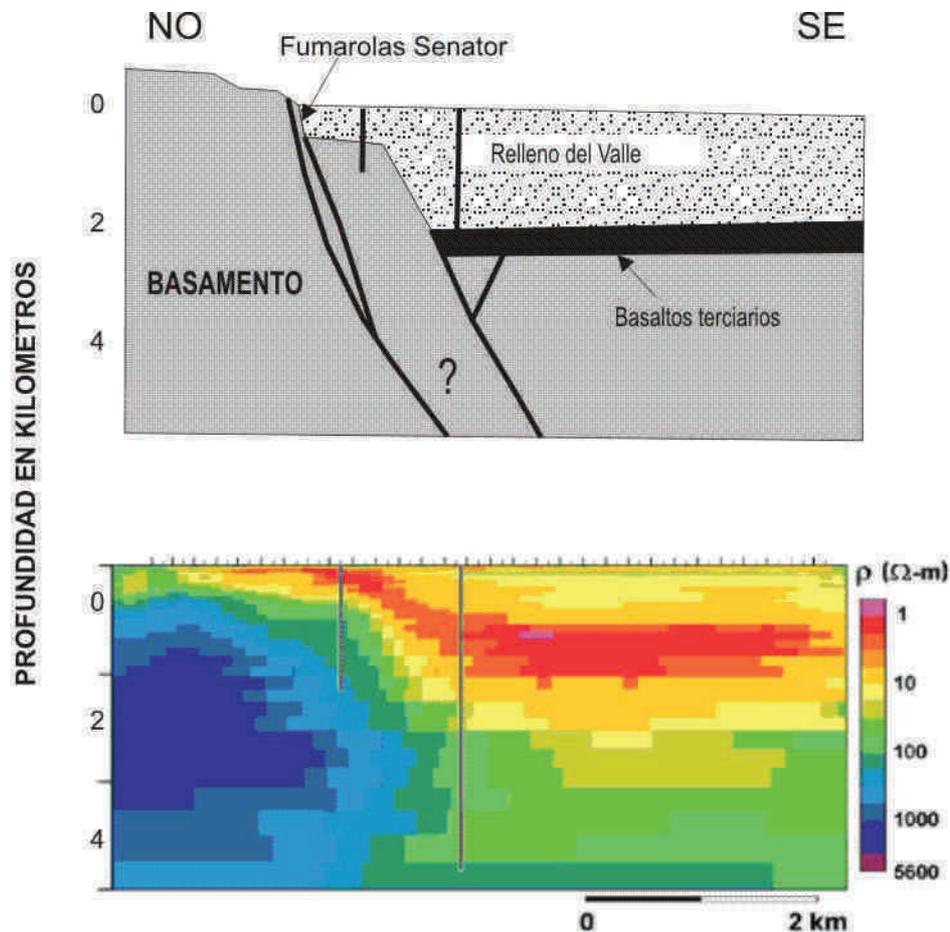


Figura 1. Modelo Geológico Vs. imagen 2D de resistividad. Dixie Valley. Modificado de (Barton et al., 1998; Benoit, 1999).

2) Exploración de hidrocarburos: Ejemplo en la Cuenca de Veracruz, México.

El objetivo del estudio consistió en determinar los principales rasgos litológicos y estructurales de la cuenca de Veracruz, en el área del Ejido Buenos Aires. Como se observan en el perfil de SPARTAN MT (Figura 2) los datos magnetotelúricos posibilitan la delimitación y diferenciación de las rocas pertenecientes al frente estructural sepultado (cinturón plegado y fallado), el cual está constituido por calizas del Cretácico Medio-Superior, de las secuencias asociadas a la cuenca terciaria rellena por conglomerados, arenas y arcillas, depositadas como resultado del levantamiento de la Sierra Madre Oriental y deformada por emplazamientos volcánicos recientes. Ambas unidades son productoras de petróleo y gas (Marlan W. et al., 2002).

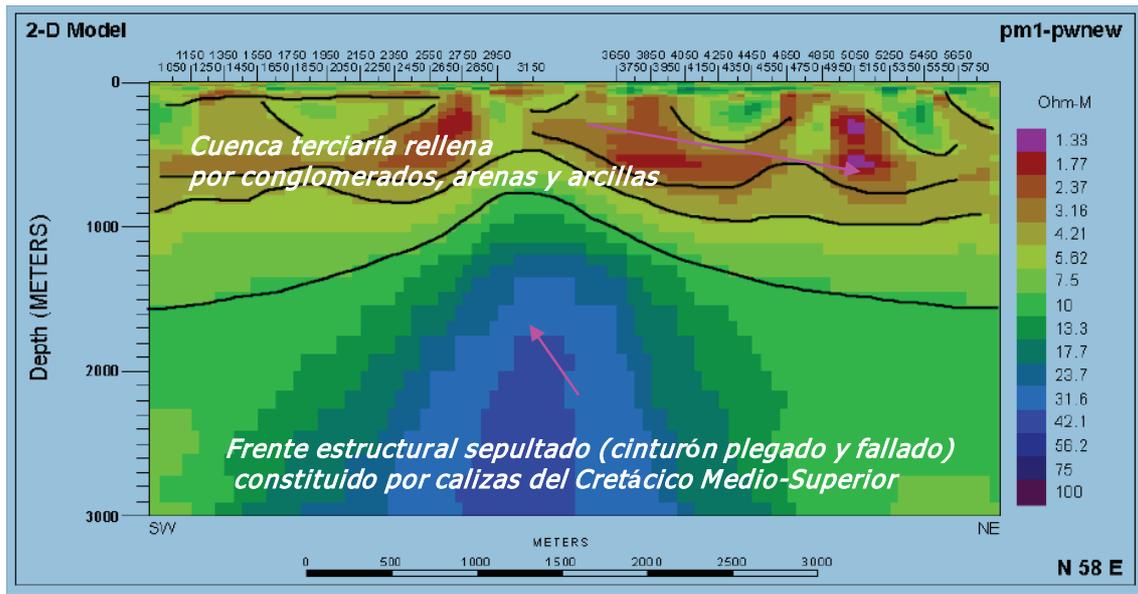


Figura 2. Modelo de inversión 2D perfil PM-1. (Cortesía PEMEX).

3) Exploración minera: Ejemplo en Mont-de-l'Aigle, mineralización tipo IOCG

Mont-de-l'Aigle es una importante mina ubicada en la Península de Gaspé, Québec, Canadá, la cual hospeda una rica mineralización de oro y cobre tipo IOCG. El depósito cubre la parte norte del Domo de Lemieux, una estructura circular anticlinal del siluro-devoniano compuesta fundamentalmente por rocas sedimentarias y volcánicas en menor medida que pertenecen al Sinclinorium Gaspé- Connecticut Valley. Este domo es cortado por un sistema de fallas de dirección NNW y ESE. Además es intruido por numerosos diques y sills de composición máfica y félsica. En el área afloran más de siete manifestaciones de mineralización IOCG, compuestas por cuarzo-calcopirita-hematita-magnetita, y se emplaza espacialmente relacionado con las fallas y los márgenes de los diques y sills (M. Simard et al., 2006). En una primera etapa se realizaron estudios magnéticos y gravimétricos los cuales permitieron definir la localización de los cuerpos (Figura 3).

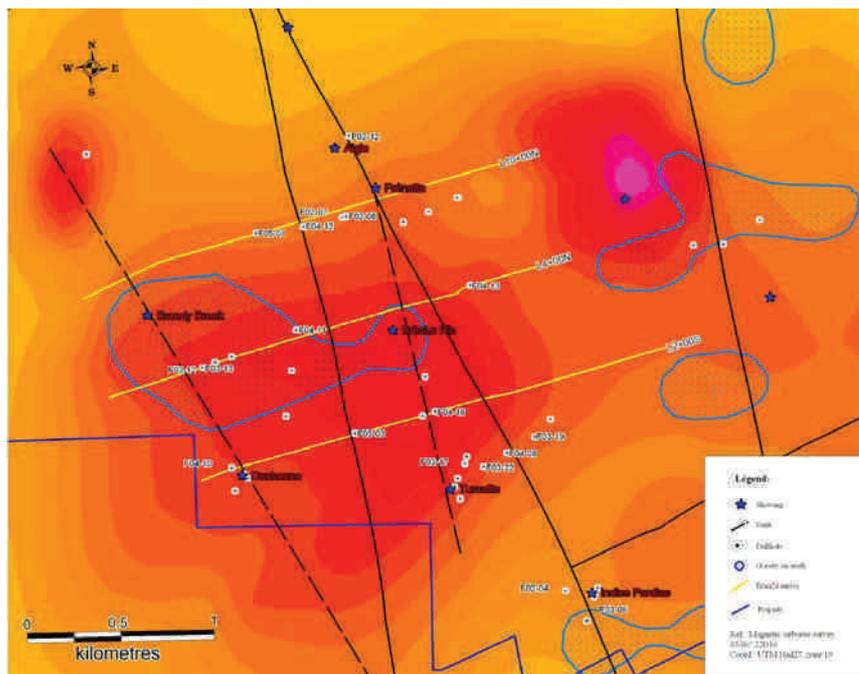


Figura 3. Mapa de anomalías magnéticas y gravimétricas, mostrando las principales fallas, pozos y ubicación de líneas de MT (cortesía de Ressources Appalaches).

El objetivo de este estudio fue detectar y delimitar la mineralización tipo IOCG hasta profundidades mayores a 1 500 m. En el área se diseñaron tres líneas de MT de 2 400 m cada una (Figura 3).

El estudio realizado dio como resultado el revelamiento de 22 nuevos targets (Figura 4), todos relacionados a zonas de fuerte control estructural y a anomalías de conductividad (baja resistividad) y emplazados a profundidades entre los 200 y 1500 m.

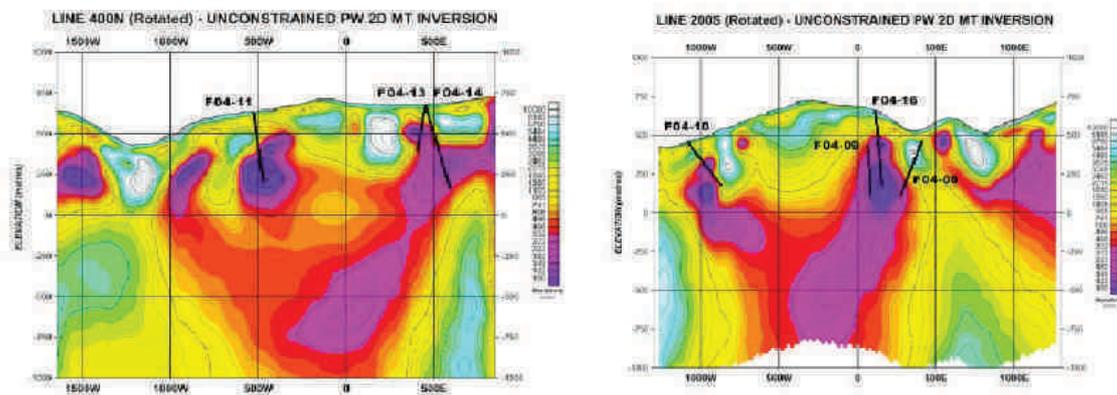


Figura 4. Distribución de anomalías de resistividad MT en las líneas 400 N y 200 S (cortesía de Ressources Appalachés).

De las 22 anomalías detectadas 12 fueron testeadas por perforación y reportaron la presencia de mineralización IOCG. Además se han reportado los interceptos de mineralización más significativos hasta el presente.

CONCLUSIONES

SPARTAN MT posee una serie de ventajas como: a) Portabilidad: Las características de los equipos que se usan, son compactos y livianos, permiten que puedan ser transportados a cualquier lugar ya sea a pie, a caballo, en vehículos terrestres o en helicópteros; b) Flexibilidad de arreglos: Una vez diseñada la grilla de estudio es posible modificarla durante el transcurso del mismo sin que ello afecte los resultados del estudio; c) Costos relativamente bajos: La metodología empleada para los sondeos MT es atractiva desde el punto de vista económico si se la compara con los costosos métodos de prospección sísmica; d) No daña ni obstruye: Es un método que preserva el medioambiente pues no hay daños de tipo físico (por ej.: excavación de pozos) ni químico; y e) Gran profundidad de investigación: Con MT se logran grandes profundidades de sondeo, pudiéndose superar los 25km de profundidad.

REFERENCIAS

- Barton, C., Hickman, S., Morin, S., Benoit, D. 1998. Reservoir scale fracture permeability in the Dixie Valley, Nevada, geothermal field: Proc. XXIII Workshop of geothermal reservoirs engineering Stamford University.
- Benoit, R., 1999. Conceptual model of the Dixie Valley, Nevada Geothermal System. Geoterm Resour. Counc. Trans., 23, 505-511.
- Marlan W., Morgan A., 2002. Petroleum provinces of the twenty-first Century. BOOK RELEASES AND REVIEWS. AAPG Bulletin, v. 86, no. 2, .AAPG. 343-346.
- Simard, M., G.Beaudoin, J.Bernard1 and A. Hupé. 2006. Metallogeny of the Mont-de-l'Aigle IOCG deposit, Gaspé Peninsula, Québec, Canada. Mineralium Deposita. 607-636.