



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Avenços en l'adquisició i interpretació de dades geoelectriques

Fabián Bellmunt Traver

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



Grup d'Exploració Electromagnètica i Sísmica
Institut de Recerca Geomodels
Departament de Geodinàmica i Geofísica
Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona

Avenços en l'adquisició i interpretació de dades geoelèctriques

Memòria presentada per Fabián Bellmunt Traver per a optar al títol de Doctor dins del programa de doctorat de Ciències de la Terra de la Universitat de Barcelona. Aquesta memòria ha estat realitzada baix la direcció del Dr. Alejandro Marcuello Pascual (Universitat de Barcelona).

Fabián Bellmunt Traver
Barcelona, Setembre 2015

Dr. Alejandro Marcuello Pascual
Director y tutor de la tesi

Presentació

La tomografia elèctrica de resistivitat es desenvolupa a partir de la combinació de les tècniques de sondeigs i calicates elèctrics, i ha estat històricament utilitzada amb elèctrodes situats en la superfície per a la caracterització de les propietats elèctriques del subsòl. Però, en temps més recents, ha començat a aplicar-se amb elèctrodes en fondària, aprofitant les infraestructures de pous, i a situacions cada cop més exigents, com és el seguiment de processos dinàmics.

Un dels aspectes clau en tomografia elèctrica és l'elecció de la configuració d'elèctrodes més adient a cada context. Actualment, és possible fer una elecció raonada amb l'ús de la modelització i també de la bibliografia especialitzada. Tanmateix això, aquesta elecció no és fàcil, ja que s'ha de tenir en compte el temps d'adquisició de les configuracions en funció del tipus i condicions de l'experiment a realitzar.

En estudis de caracterització on no es disposi d'informació prèvia sobre les característiques de l'estructura a estudiar, seria convenient l'adquisició de la mateixa tomografia elèctrica utilitzant diverses configuracions. Però això, requereix augmentar el temps d'adquisició, el que podria ser problemàtic si s'ha d'enregistrar un gran volum de dades (cobrir una extensa àrea), o si s'han d'adquirir mesures normals i recíproques per a disposar d'un control de

qualitat de les dades. Aquest últim fet pot augmentar enormement el temps d'adquisició, ja que algunes de les configuracions més utilitzades en tomografia elèctrica no permeten aprofitar l'equipament multicanal en els dos modes d'adquisició, normal i recíproc.

En estudis de seguiment de processos dinàmics, l'elecció de la configuració més adient és més complicada, ja que el temps d'adquisició pot ser un aspecte crític. Si durant el procés d'adquisició hi ha canvis significatius en les propietats del subsòl, la interpretació de les variacions de la resistivitat pot ser errònia. En aquestes situacions, reduir el temps d'adquisició no és trivial, ja que la disminució en el nombre de dades pot reduir la resolució espacial de les imatges de resistivitat.

A més, en el cas d'adquisicions de dades amb elèctrodes en fondària, hi ha alguns aspectes que no estan tan ben establerts com amb l'ús d'elèctrodes en la superfície, com són el muntatge dels elèctrodes en els pous i la utilització de diferents tècniques d'inversió per a l'obtenció dels models de variació de la resistivitat del subsòl.

La motivació d'aquesta tesi sorgeix de la manca de metodologies d'actuació amb l'ús de la tomografia elèctrica en les situacions anteriorment esmentades.

Objectiu de la tesi

L'objectiu principal de la investigació realitzada en la tesi ha estat metodològic, i ha consistit en la cerca d'estratègies que permetin optimitzar el procés d'adquisició de dades amb tomografia elèctrica. A continuació es detallen els objectius particulars:

- Cercar estratègies que permetin simplificar el procés de selecció de la configuració més adient en cada context i establir un equilibri entre el temps d'adquisició i la resolució espacial. És a dir, reduir el temps d'adquisició de les configuracions mantenint alhora una resolució adequada.
- Avaluar diferents procediments d'instal·lació d'elèctrodes en pous i diferents tècniques d'obtenció dels models de variació en estudis de seguiment de processos dinàmics.

Estructura de la memòria de la tesi

Aquesta tesi es presenta com a compendi de tres publicacions originals en revistes incloses al JRC (Journal Citation Reports) relacionades amb l'ús de la tomografia elèctrica de resistivitat per a la caracterització i el seguiment de processos dinàmics. Aquesta memòria consta de quatre capítols i un annex.

En el primer capítol es presenta la tècnica de tomografia elèctrica dins del context dels objectius de la tesi. Aquest capítol s'ha dividit en dos apartats: 1) Conceptes bàsics i 2) Aplicació de la tomografia elèctrica de resistivitat. En el primer apartat, es presenten alguns conceptes bàsics del mètode de tomografia elèctrica, com són: la resistivitat, la resistivitat aparent i el teorema de reciprocitat. En el segon apartat, s'expliquen les diferents etapes d'aplicació de la tomografia elèctrica (Muntatge en camp, Adquisició, Representació i Inversió de les dades) en el context de la tesi i es presenten algunes aportacions de l'estudi que s'ha realitzat en la tesi i que complementen les publicacions.

En el segon, tercer i quart capítols, es presenten els resultats més importants obtinguts en la tesi, la discussió d'alguns aspectes observats, i les conclusions d'aquest estudi, respectivament. En l'últim capítol es presenten, també, els treballs futurs que han sorgit durant la realització d'aquesta tesi.

A l'Annex s'inclouen les publicacions originals que conformen aquesta tesi, i que s'introdueixen breument a continuació:

- **Bellmunt, F.**, Marcuello, A, (2011). Method to obtain standard pseudosections from pseudo pole-dipole arrays. *Journal of Applied Geophysics*, 75, 419-430.

En aquesta primera publicació es presenta una estratègia d'adquisició de dades de tomografia elèctrica en superfície que permet endarrerir l'elecció de la configuració més adient fins a la interpretació dels models de resistivitat, i reduir el temps d'adquisició.

- **Bellmunt F.**, Marcuello A., Ledo J., Queralt P., Falgàs E., Benjumea B., Velasco V., Vázquez-Suñé E., 2012. Time-lapse cross-hole electrical resistivity tomography monitoring effects of an urban tunnel. *Journal of Applied Geophysics* 87, 60–70.

En la segona publicació es presenta un experiment de seguiment de la perforació d'un túnel, mitjançant mesures de tomografia elèctrica amb elèctrodes en pous, on es mostra el disseny de l'experiment, els resultats obtinguts amb diferents tècniques d'inversió i la interpretació dels resultats.

- **Bellmunt F.**, Marcuello A., Ledo J., Queralt P., 2015. Capability of cross-hole electrical configurations for monitoring rapid plume migration experiments. Actualment en revisió en la revista *Journal of Applied Geophysics*.

En la tercera publicació es presenta una estratègia d'adquisició de dades tomografia elèctrica amb elèctrodes en pous que permet reduir el temps d'adquisició mantenint alhora la resolució necessària en experiments de seguiment on el temps d'adquisició és un aspecte limitant.

Durant la realització d'aquesta tesi, i donat que no he percebut una ajuda específica pel seu desenvolupament, he gaudit de diversos contractes i convenis amb diferents institucions. Aquest fet ha donat lloc a una sèrie de publicacions en revistes que, d'una u altra forma, també reflecteixen el treball realitzat durant aquesta etapa predoctoral.

- Cuevas Martínez J.L., Cabrera Pérez L, Marcuello A., Arbués Cazo P., Marzo Carpio M., Bellmunt F., 2010. Exhumed channel sandstone networks within fluvial fan deposits from the Oligo-Miocene Caspe Formation, South-east Ebro Basin (North-east Spain), *Sedimentology*, 57 , 162 - 189.
- Cadet H., Macau A., Benjumea B., Bellmunt F., Figueras S. 2011. From ambient noise recordings to site effect assessment: The case study of Barcelona microzonation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 31, (3), 271-281.
- Benjumea B., Macau A., Gabàs A., Bellmunt F., Figueras S., Cirés J., 2011. Integrated geophysical profiles and H/V microtremor measurements for subsoil characterization. *Near Surface Geophysics*, 9 (5), 413-425.

- Gabàs, A., Macau, A., Benjumea, B., Bellmunt, F., Figueras, S., Vilà, M., 2013. Combination of Geophysical Methods to Support Urban Geological Mapping. *Surveys in Geophysics*. *Surveys in Geophysics*. 35 (4), 983-1002.
- Piña-Varas P., Ledo J., Queralt P., Marcuello A., Bellmunt F., Hidalgo R., Messeiller, M., 2014. 3-D Magnetotelluric Exploration of Tenerife Geothermal System (Canary Islands, Spain). *Surveys in Geophysics* 35 (4), 1045-1064.
- Piña-Varas P., Ledo J., Queralt P., Marcuello A., Bellmunt F., Ogaya X., Pérez N., Rodríguez-Losada J. A., 2015. Vertical collapse origin of Las Cañadas caldera (Tenerife, Canary Islands) revealed by 3-D magnetotelluric inversion. *Geophys. Res. Lett.*, 42 (6), 1710-1716.
- Rodríguez, F., Pérez, N.M., Padrón, E., Melián, G., Piña-Varas, P., Dionis, S., Barrancos, J., Padilla, G.D., Hernández, P.A., Marrero, R., Ledo J., Bellmunt, F., Queralt, P., Marcuello, A., Hidalgo, R., 2015. Surface geochemical and geophysical studies for geothermal exploration at the southern volcanic rift zone of Tenerife, Canary Islands, Spain. *Geothermics Volume* 55, 195-206.
- Bosch, D., Ledo, J., Queralt, P., Bellmunt, F., Luquot, L. I Gouze, P., 2015. Electrical Resistivity Tomography at laboratory scale: investigating the rock-brine CO2 system. Actualment en revisió en la revista *Journal of Applied Geophysics*.

