

Interpretación conjunta de modelos de velocidad y resistividad 3D mediante clasificación estadística

Joint interpretation of velocity and resistivity 3D models through statistical classification

I. Marzán¹, D. Martí¹, A. Lobo, J. Kormann², J. Álvarez-Marrón¹ y R. Carbonell¹

¹ Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera”, ICTJA-CSIC, Lluís Solé i Sabaris s/n, 08028 Barcelona, imarzan@ictja.csic.es

² Barcelona Supercomputing Center, BSC-CNS, Jordi Girona 29, 08034 Barcelona

Resumen: La integración de resultados obtenidos con técnicas geofísicas diferentes para su interpretación geológica, no es fácil más allá de correlaciones cualitativas. En este trabajo, se propone un método de interpretación conjunta de tres colecciones de datos (velocidad de ondas P, resistividad y digrafías) para caracterizar transiciones en un medio yesífero (Villar de Cañas, Cuenca). Por interpolación, hemos integrado los datos de velocidad y resistividad en una única grid 3D y, para su interpretación conjunta, aplicamos un método estadístico de clasificación supervisada, LDA. El algoritmo se ajusta con un training-set extraído de los pozos y luego se aplica a toda la grid. De esta forma, cada nodo es clasificado litológicamente según su relación velocidad-resistividad, obteniendo un nuevo modelo litológico 3D. Este nuevo modelo integra las capacidades resolutoras de los métodos sísmico y eléctrico mostrando una mejor correlación con datos geológicos que ambas técnicas por separado.

Palabras clave: Interpretación conjunta, integración de datos, velocidad, resistividad, yesos.

Abstract: *The integration of results from separate geophysical surveys in order to derive a geological interpretation is complicated beyond a qualitative correlation. In this study, we propose a joint interpretation of three separate geophysical datasets (a velocity model, a resistivity model and well logs) to characterize geological transitions in a gypsiferous context, (Villar de Cañas, Cuenca, Spain). By interpolation, we integrate the velocity and resistivity data in a single 3D grid and, in order to derive a geological joint interpretation, we apply a supervised statistical classification method, LDA. The algorithm is fitted using a training set compiled from the well logs. Thus, every node is lithologically classified according to its velocity-resistivity relationship, resulting in a new 3D lithological model. This new model integrates both, seismics and electric resolution capacities, showing better agreement with geology data than those resulting from the application of these techniques separately.*

Key words: *Joint interpretation, data integration, velocity, resistivity, gypsum.*

INTRODUCCIÓN

El objetivo de toda exploración geofísica es caracterizar el subsuelo y como cada técnica geofísica tiene sus limitaciones, una campaña debe combinar diversos métodos geofísicos. La combinación de los métodos sísmico, eléctrico y diagrafías ha proporcionado buenos resultados en la exploración somera. Sin embargo, la integración de los resultados obtenidos con estas técnicas para derivar una interpretación geológica no es evidente más allá de una correlación cualitativa (subjetiva). En este estudio, proponemos la interpretación conjunta de estas tres técnicas mediante un método de clasificación estadística (más objetiva). Se quiere caracterizar la transición de lutitas a yesos hasta unos 100 m de profundidad en una parcela donde se planea una infraestructura singular, en Villar de Cañas, Cuenca (Fig.1).

CONTEXTO

La zona de estudio se sitúa en la cuenca del río Záncara, un tributario del Tajo, en un sinclinal de

planta romboidal producto de un sistema de fallas de salto de dirección dextrógiro enraizadas en el basamento (Álvarez-Marrón et al. 2014). El relleno sedimentario se divide en dos unidades neógenas principales separadas por una discordancia, a su vez separadas del basamento paleoceno por una discordancia basal. La litología hasta 100 m está caracterizada por sedimentos endorreicos, fundamentalmente lutitas y yesos (ENRESA 2013b).

A partir de las diagrafías de sondeos en la parcela hemos elaborado una estratigrafía geofísica obteniendo cuatro subunidades miocenas, de techo a base: lutitas (LT), yesos de transición (Ytr) y yesos masivos (Ym1 y Ym2). El objetivo específico de este estudio es caracterizar las transiciones LT-Ytr y Ytr-Ym integrando datos de velocidad y resistividad. Disponemos de tres fuentes de datos adquiridos y procesados por separado:

- Diagrafías de sondeos (ENRESA 2013b) (Fig.1). Los sondeos son las columnas sobre los que se elaboran los modelos de técnicas geofísicas indirectas.

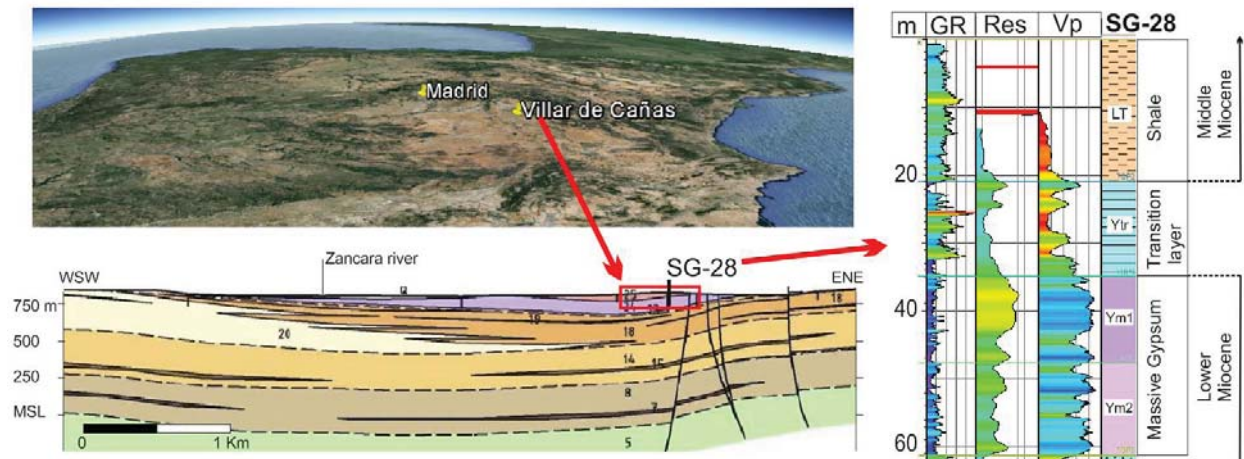


FIGURA 1. Perfil geológico del synclinal de Villar de Cañas (el cuadro rojo muestra el alcance del estudio) (ENRESA 2013b) y estratigrafía geofísica elaborada a partir de las diagráfias de sondeos: Lutitas (LT), yesos de transición (Ytr) y yesos masivos (Ym1 y Ym2).

- Resultados de una tomografía sísmica de primeras llegadas (Martí et al. 2015). Modelo de velocidades 3D cubriendo un área de 500x500m y un paso de malla 20x10x5m (Fig. 2). El alcance máximo en profundidad es de unos 100m y cambia con el grado de cobertura de rayos, muy dependiente de la litología. La correlación con perfiles geológicos es buena en el límite Ytr-Ym (transición mecánica) pero no tan buena con el límite LT-Ytr (transición composicional) (Fig. 3).

- Resultados de 22 perfiles de tomografía eléctrica (ERT) distribuidos en forma de malla

(ENRESA 2013b) (Fig. 2). El espaciado entre líneas es de aproximadamente 50m y su alcance en profundidad de unos 60m. Mediante interpolación IDW (ponderación inversa a la distancia), hemos construido un modelo 3D de resistividades eléctricas usando los nodos del modelo sísmico como nido. De esta forma tenemos una grid 3D bi-paramétrica con un valor de velocidad y resistividad en cada nodo. El modelo de resistividad muestra una buena correlación con la transición de lutitas a yesos pero no es lo suficientemente resolutivo para caracterizar transiciones dentro de los yesos (Fig. 3).

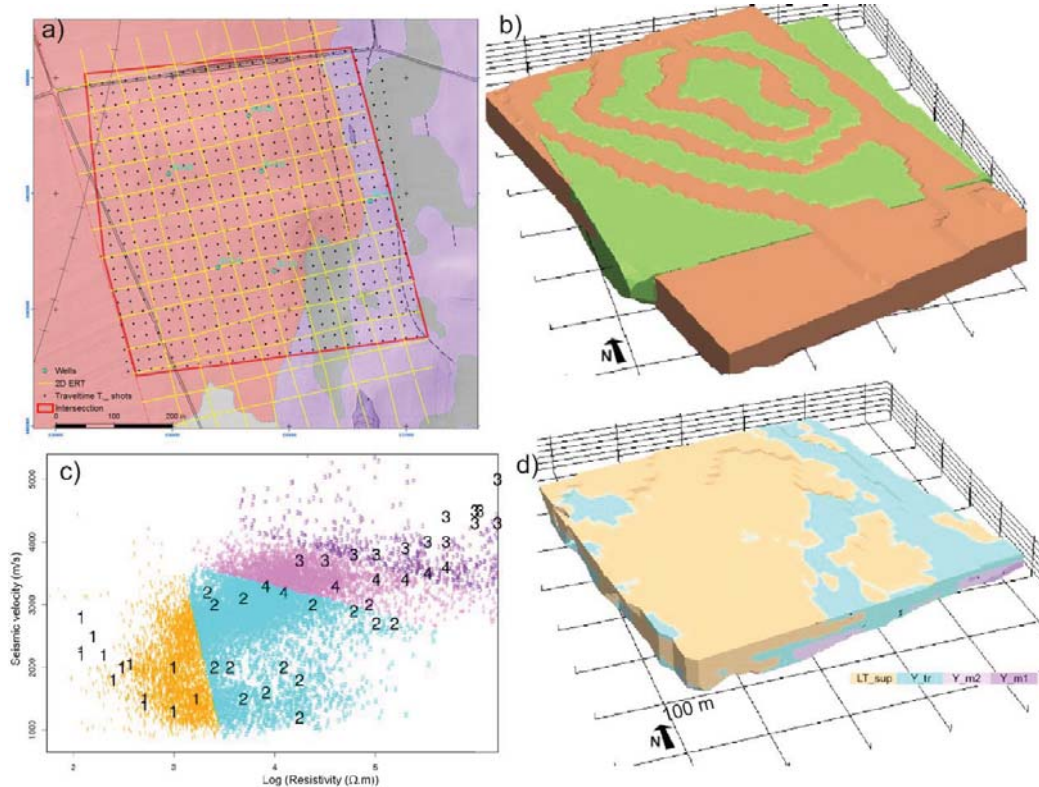


FIGURA 2. a) Geometrías de adquisición: ERT en líneas amarillas, sísmica en puntos negros, intersección en rojo y en sondeos en puntos azules. b) Intersección de los modelos 3D donde elaboramos la grid bi-paramétrica. c) Clasificación de los nodos según su relación velocidad-resistividad. Los números negros corresponden a las clases: 1=LT, 2=Ytr, 3=Ym1, 4= Ym2. d) modelo litológico derivado de la clasificación

INTERPRETACIÓN CONJUNTA

Para realizar una interpretación conjunta de los datos sísmicos y eléctricos, beneficiándonos así de ambas capacidades de resolución, hemos aplicado a la grid bi-paramétrica un método de clasificación estadística supervisada: LDA (Linear Discriminant Analysis, Fisher, 1936; Richards & Jia, 2005). El algoritmo se ajusta con un training-set extraído de las digrafías de sondeos y se aplica a toda la grid,

obteniéndose una clasificación litológica para cada nodo en función de su relación velocidad-resistividad (Fig. 2c), obteniendo un nuevo modelo litológico 3D (Fig. 2d). El nuevo modelo combina las capacidades resolutoras de la sísmica y la eléctrica mejorando la interpretación geológica frente a la interpretación por separado: la sísmica resuelve la transición mecánica Ytr-Ym y la eléctrica la transición composicional LT-Ytr (Fig. 3).

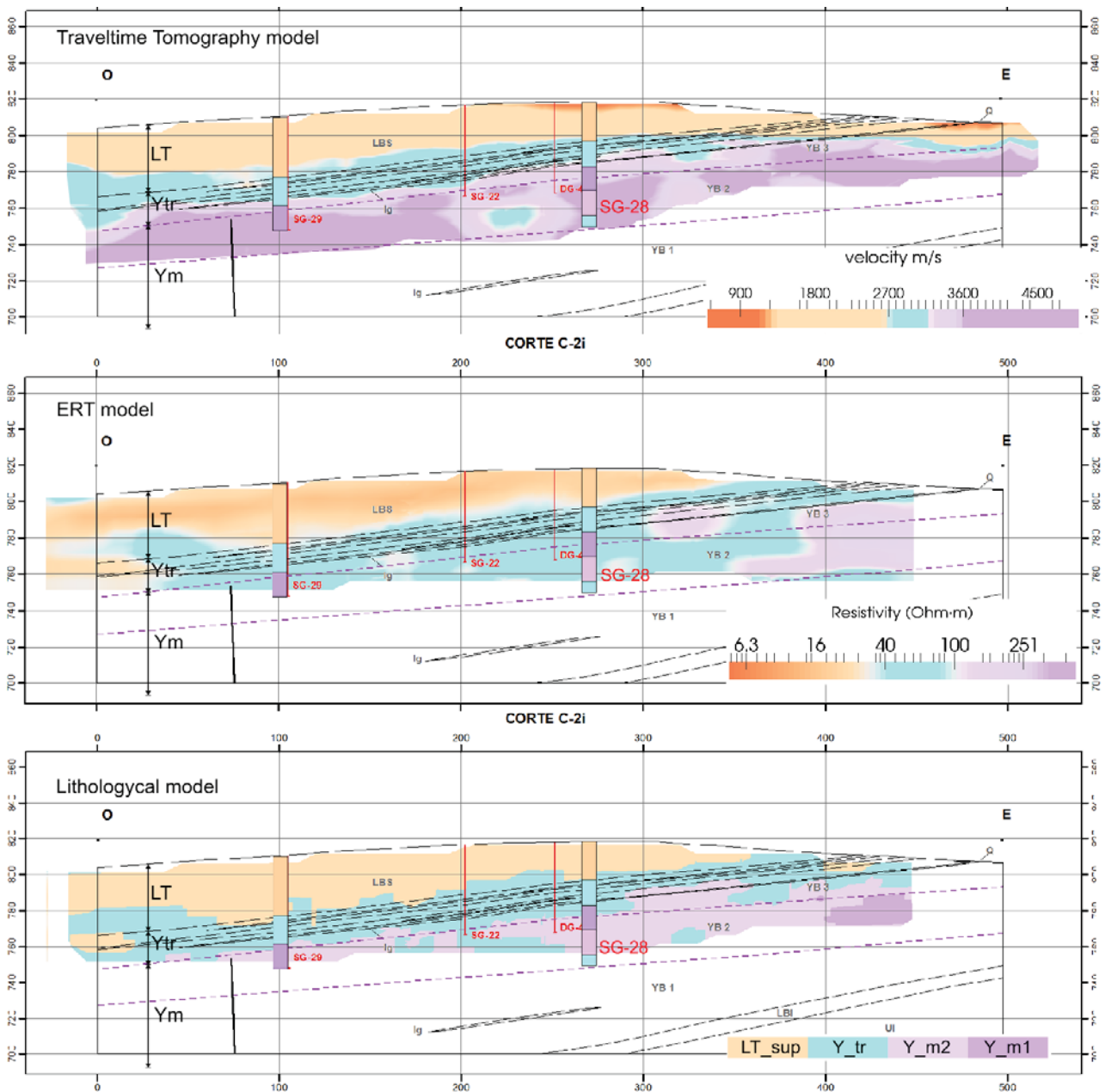


FIGURA 3. De arriba abajo: sección del modelo de velocidad, del modelo de resistividad y del modelo litológico final; superpuesto el perfil geológico y dos columnas de sondeos.

CONCLUSIÓN

Hemos podido integrar modelos separados de velocidad y resistividad en una única grid 3D. Para interpretar conjuntamente los dos valores de la grid hemos aplicado un método de clasificación estadístico (LDA), obteniendo un nuevo modelo litológico 3D. Este modelo se beneficia de ambas capacidades resolutoras, sísmica y eléctrica, mostrando una mejor correlación con la geología que ambos modelos por separado.

AGRADECIMIENTOS

La financiación y el acceso a la base de datos geológica y geofísica han sido proporcionadas por ENRESA. Ref. 20133830

REFERENCIAS

- Alvarez-Marron J., A Perez-Estaun, R Carbonell, I Marzan, D Martí, D Brown, A Pineda. (2014). Intraplate strike-slip tectonics accommodating late Cenozoic shortening in the southern Iberian range (Loranca basin, Spain). *16th Edition of the Deep SEISMLX International Symposium*. DOI 0.13140/2.1.3779.6168
- ENRESA (2013a). Cartografía geológico-estructural y geomorfológica del sector norte de la cuenca del río Záncara, UTE INYPSA-EPTISA. *ENRESA informe interno*.
- ENRESA (2013b). Campaña ERT por AGS & diagrañas de pozos por ByA-Peñarrolla in Villar de Cañas. *ENRESA informe interno*.
- Fisher, R. A. (1936). The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems. *Annals of Eugenics* 7 (2): 179–188.
- Martí Linares D., I. Marzán, J. Sachsenhausen, J. Álvarez-Marrón, I. Cienfuegos and R. Carbonell (2015). High-resolution Seismic Characterization of the Shallow Subsurface Applied to Civil Engineering. *77th EAGE Conference and Exhibition – Workshops*. DOI: 10.3997/2214-4609.201413471.
- Richards, John A., and Xiuping Jia. (2005). Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. *4th ed. Springer*.