

Título: Sísmica experimental con objetivos someros

Simón Lissa

Universidad Nacional de La Plata

slissa@fcaglp.unlp.edu.ar

Contenidos y objetivos: Los métodos geofísicos de prospección son utilizados para inferir información del subsuelo desde la superficie terrestre de un modo no invasivo. Los mismos consisten en analizar un determinado campo físico registrado por sensores específicos distribuidos estratégicamente sobre la superficie. Luego, conociendo la respuesta de ciertas propiedades de las rocas a dichos campos físicos, es posible estimar la existencia y/o distribución de las propiedades que posean interés prospectivo. Algunos de los métodos geofísicos de prospección son los sísmicos, los geoelectrónicos y los potenciales. En particular, los métodos sísmicos se aplican, principalmente, para caracterizar la geometría y propiedades de rocas profundas del subsuelo (más de 1 km) con el objetivo de extraer hidrocarburos. Sin embargo, dichos métodos son también capaces de aportar información del subsuelo somero. Por ejemplo para prospección de recursos hídricos, recursos mineros o, más recientemente, para caracterizar la estructura del suelo con fines agrícolas. Adicionalmente, nuestro país se encuentra en una etapa exploratoria de salares de La Puna para estudiar la factibilidad de producir carbonato de litio. Los métodos sísmicos de reflexión poseen el potencial para aportar información valiosa que ayude a caracterizar el subsuelo de dichos salares.

El objetivo de este curso es describir las diferentes técnicas sísmicas existentes desde un punto de vista aplicado y utilizando datos adquiridos experimentalmente en campo. Dichas técnicas se basan en el análisis de distintas ondas y/o de la geometría descrita por el viaje de las mismas en el subsuelo. En el caso particular de las técnicas basadas en ondas refractadas con ángulo crítico y las superficiales, los estudiantes adquirirán los datos sísmicos para luego procesarlos e interpretarlos. Durante las clases teóricas, el instructor expondrá conceptos y modelos normalmente utilizados en la literatura. Adicionalmente, se analizarán y discutirán en clase ejemplos de casos aplicados de sísmica somera. Los trabajos prácticos de este curso buscan enfrentar a los estudiantes con problemas basados en datos obtenidos experimentalmente desarrollando así sus habilidades para adquirir, procesar e interpretar datos reales.

Duración: Total de 64 horas. 32 horas clases en donde el instructor presenta aspectos teóricos, problemas prácticos y soluciones; más 32 horas en donde el estudiante deberá trabajar en la resolución de los ejercicios propuestos en los trabajos prácticos en clase. La materia se dictará durante el primer semestre de cada año.

Requisitos: Conocimiento de propagación de ondas sísmicas, ley de Hooke, velocidades de ondas P, S y Rayleigh, análisis de Fourier, álgebra lineal, métodos numéricos, programación en lenguaje Python.

Correlativas del programa de la carrera de Geofísica: Análisis de señales, Sismología.

Programa:

1. Velocidades de ondas de cuerpo y superficiales.
 - i. Modelos de rocas.
 - ii. Modelos de suelos no consolidados.
2. Fuentes sísmicas.
 - i. Fuentes impulsivas
 - ii. Fuentes de señal codificada.
3. Ondas refractadas con ángulo crítico.
 - i. Teoría y aplicaciones.
 - ii. Método de perfil y contraperfil. Método más menos. Tomografía sísmica.
 - iii. Caso de estudio aplicado con objetivos hídricos subsuperficiales.
 - iv. Caso de estudio aplicado a suelos (agrogeofísica).
3. Ondas superficiales.
 - i. Teoría y aplicaciones.
 - ii. Técnicas de remoción de ground-roll.
 - iii. Análisis multicanal de onda superficiales (MASW). Ejemplo de aplicación.
4. Ondas reflejadas.
 - i. Teoría y aplicaciones.
 - ii. Modelado de reflexiones en diferentes escenarios del subsuelo. Capas de alta y baja velocidad.
 - iii. Caso de estudio aplicado a prospección de litio en un salar de la puna de la República Argentina.

Trabajos prácticos:

1. Adquisición de datos sísmicos en campo por los estudiantes.
2. Procesamiento de los datos adquiridos utilizando las ondas refractadas aplicando las técnicas de:
 - i. Perfil y contraperfil.
 - ii. Método más menos.
 - iii. Tomografía sísmica.
4. Procesamiento de los datos adquiridos utilizando las ondas superficiales aplicando la técnica MASW.
5. Procesamiento de datos sísmicos utilizando ondas de reflexión. Modelado y procesamiento de datos reales adquiridos en salares de la República Argentina o en una cuenca de la Provincia de Buenos Aires.

Modalidad de calificación:

- Aprobación de Trabajos Prácticos (70%)
- Presentación de artículos (30%)

Cada estudiante lee, analiza y expone para toda la clase al menos 2 artículos que consideren datos reales relacionados a un problema aplicado de métodos sísmicos con objetivos someros. Profesores que estarán presentes durante las evaluaciones: Dr. Juan Moirano y Dr. Santiago Perdomo.

Bibliografía

Anderson, N. Overview of the shallow seismic reflection technique. University of Missouri Rolla, Department of Geology and Geophysics, 1.

Anderson, N., Cardimona, S., & Newton, T. (2003). Application of innovative nondestructive methods to geotechnical and environmental investigations (No. RDT-03-008). Missouri. Department of Transportation.

Bachrach, R., & Nur, A. (1998). High-resolution shallow-seismic experiments in sand, Part I: Water table, fluid flow, and saturation. *Geophysics*, 63(4), 1225-1233.

Bachrach, R., Dvorkin, J., & Nur, A. (1998). High-resolution shallow-seismic experiments in sand; Part II, Velocities in shallow unconsolidated sand. *Geophysics*, 63(4), 1234-1240.

Black, R. A., Steeples, D. W., & Miller, R. D. (1994). Migration of shallow seismic reflection data. *Geophysics*, 59(3), 402-410.

Brouwer, J. H. (2002). Improved NMO correction with a specific application to shallow-seismic data. *Geophysical Prospecting*, 50(2), 225-237.

Bueker, F., Green, A. G., & Horstmeyer, H. (1998). Shallow seismic reflection study of a glaciated valley. *Geophysics*, 63(4), 1395-1407.

Burger, H. R., Burger, D. C., & Burger, H. R. (1992). *Exploration geophysics of the shallow subsurface* (Vol. 8). New Jersey: Prentice Hall.

Chen, G., Liang, G., Xu, D., Zeng, Q., Fu, S., Wei, X., ... & Fu, G. (2004). Application of a shallow seismic reflection method to the exploration of a gold deposit. *Journal of Geophysics and Engineering*, 1(1), 12-16.

Fabien-Ouellet, G., & Fortier, R. (2014). Using all seismic arrivals in shallow seismic investigations. *Journal of Applied Geophysics*, 103, 31-42.

Feroci, M., Orlando, L., Baliab, R., Bosmana, C., Cardarelli, E., & Deiddab, G. (2000). Some considerations on shallow seismic reflection surveys. *Journal of Applied Geophysics*, 45, 127-139.

Groos, L., Schäfer, M., Forbriger, T., & Bohlen, T. (2014). The role of attenuation in 2D full-waveform inversion of shallow-seismic body and Rayleigh waves. *Geophysics*, 79(6), R247-R261.

Groos, L., Schäfer, M., Forbriger, T., & Bohlen, T. (2017). Application of a complete workflow for 2D elastic full-waveform inversion to recorded shallow-seismic Rayleigh waves. *Geophysics*, 82(2), R109-R117.

Hatherly, P. J. (1986). Attenuation measurements on shallow seismic refraction data. *Geophysics*, 51(2), 250-254.

Hawkins, L. V. (1961). The reciprocal method of routine shallow seismic refraction investigations. *Geophysics*, 26(6), 806-819.

Hill, I. A. (1992). Better than drilling? Some shallow seismic reflection case histories. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 25(3), 239-248.

Hunter, J. A., Pullan, S. E., Burns, R. A., Gagne, R. M., & Good, R. L. (1984). Shallow seismic reflection mapping of the overburden-bedrock interface with the engineering seismograph; some simple techniques. *Geophysics*, 49(8), 1381-1385.

Irnaka, T. M., Brossier, R., Métivier, L., Bohlen, T., & Pan, Y. (2022). 3-D multicomponent full waveform inversion for shallow-seismic target: Ettlingen Line case study. *Geophysical Journal International*, 229(2), 1017-1040.

Jefferson, R. D., Steeples, D. W., Black, R. A., & Carr, T. (1998). Effects of soil-moisture content on shallow-seismic data. *Geophysics*, 63(4), 1357-1362.

Jeng, Y. (1995). Shallow seismic investigation of a site with poor reflection quality. *Geophysics*, 60(6), 1715-1726.

Karastathisa, V. K., Ganasa, A., Makrisb, J., Papouliac, J., Dafnis, P., Gerolymatou, E., & Drakatos, G. (2007). The application of shallow seismic techniques in the study of active faults: The Atalanti normal fault, central Greece. *Journal of Applied Geophysics*, 62, 215-233.

Lewis, M. A., Peng, Z., Ben-Zion, Y., & Vernon, F. L. (2005). Shallow seismic trapping structure in the San Jacinto fault zone near Anza, California. *Geophysical Journal International*, 162(3), 867-881.

Li, G., & Ben-Zion, Y. (2023). Daily and seasonal variations of shallow seismic velocities in southern California from joint analysis of H/V ratios and autocorrelations of seismic waveforms. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 128(2), e2022JB025682.

Lissa, S., Perdomo, S., Valeff, E., Lorenzo, D., & Ainchil, J. Resultados preliminares del estudio de la relación agua superficial-subterránea mediante tomografía sísmica y eléctrica en un curso de agua de la cuenca Martín-Carnaval, La Plata. CDD 526.1.

Mavko, G., Mukerji, T., & Dvorkin, J. (2020). *The rock physics handbook*. Cambridge university press.

Miller, R. D., Pullan, S. E., Steeples, D. W., & Hunter, J. A. (1992). Field comparison of shallow seismic sources near Chino, California. *Geophysics*, 57(5), 693-709.

Miller, R. D., Steeples, D. W., & Myers, P. B. (1990). Shallow seismic reflection survey across the

Meers fault, Oklahoma. Geological Society of America Bulletin, 102(1), 18-25.

Morey, D., & Schuster, G. T. (1999). Palaeoseismicity of the Oquirrh fault, Utah from shallow seismic tomography. Geophysical Journal International, 138(1), 25-35.

Musil, M., Maurer, H., Green, A. G., Horstmeyer, H., Nitsche, F. O., Mühl, D. V., & Springman, S. (2002). Shallow seismic surveying of an Alpine rock glacier. Geophysics, 67(6), 1701-1710.

Neigwl, P., Dinlle, D., Valley, C., & Marsh, L. (2005). The terrestrial shallow seismic reflection technique applied to the characterization and assessment of shallow sedimentary environments. Quarterly journal of engineering geology and hydrogeology, 38(1), 23-38.

Pan, Y., & Gao, L. (2023). Individual and joint inversions of shallow-seismic rayleigh and love waves: full-waveform inversion versus random-objective waveform inversion. Surveys in Geophysics, 44(4), 983-1008.

Purdy, G. M. (1987). New observations of the shallow seismic structure of young oceanic crust. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 92(B9), 9351-9361.

Qaher, M., Eldosouky, A. M., Saada, S. A., & Basheer, A. A. (2023). Integration of ERT and shallow seismic refraction for geotechnical investigation on El-Alamein Hotel Building Area, El-Alamein new city, Egypt. Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources, 9(1), 115.

Shtivelman, V. (2003). Application of shallow seismic methods to engineering, environmental and groundwater investigations. Bollettino di Geofisica teorica ed applicata, 44(3-4), 209-222.

Steeple, D. W. (2000). A review of shallow seismic methods.

Steeple, D. (2005). Shallow Seismic Methods. Hydrogeophysics, 215-251.

Steeple, D. W. (1998). Special Issue Shallow seismic reflection section—Introduction. Geophysics, 63(4).

Steeple, D. W., & Miller, R. D. (1998). Avoiding pitfalls in shallow seismic reflection surveys. Geophysics, 63(4), 1213-1224.

Vanlı Senkaya, G., Senkaya, M., Karsli, H., & Güney, R. (2020). Integrated shallow seismic imaging of a settlement located in a historical landslide area. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 79, 1781-1796.

Whiteley, R. J., & Greenhalgh, S. A. (1979). Velocity inversion and the shallow seismic refraction method. Geoexploration, 17(2), 125-141.

Yilmaz, O. (2001). Seismic data analysis: processing, inversion and interpretation of seismic data. Society of Exploration Geophysicists, 463.

Yordkayhun, S., & Suwan, J. N. (2012). A university-developed seismic source for shallow seismic surveys. *Journal of Applied Geophysics*, 82, 110-118.

Zhang, K., Li, H., Wang, X., & Wang, K. (2020). Retrieval of shallow S-wave profiles from seismic reflection surveying and traffic-induced noise. *Geophysics*, 85(6), EN105-EN117.