Guía docente de la asignatura

Tomografía Sísmica (M40/56/1/10)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 06/07/2025

Máster	Máster Universitario en Geofísica y Meteorología
MÓDULO	Módulo de Geofísica
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Segundo	**Créditos**	5	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Comprensión de textos en inglés científico. Conocimientos fundamentales de Física y Matemáticas.

En el caso de utilizar herramientas de IA para el desarrollo de la asignatura, el estudiante debe adoptar un uso ético y responsable de las mismas. Se deben seguir las recomendaciones contenidas en el documento de "Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial en la UGR" publicado en esta ubicación:
https://ceprud.ugr.es/formacion-tic/inteligencia-artificial/recomendaciones-ia#contenido0

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

La propagación de las ondas sísmicas y su relación con las propiedades de los materiales. - La dispersión de las ondas sísmicas internas y superficiales.- Los métodos de modelado Inverso.- La técnica de imágenes tomográficas.- Anelasticidad y anisotropía.- El splitting de ondas de cizalla.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F Pág. 1 de 11

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Realizar experimentos de forma independiente y describir, analizar y evaluar críticamente los datos obtenidos.
- CG02 - Identificar los elementos esenciales de un proceso o una situación compleja, y a partir de ellos construir un modelo simplificado y realizar estimaciones sobre su evolución futura.
- CG03 - Idear la forma de comprobar la validez de un modelo e introducir las modificaciones necesarias cuando se observen discrepancias entre las predicciones del modelo y las observaciones.
- CG06 - Elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, de redactar planes, proyectos de trabajo o artículos científicos o de formular hipótesis razonables.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE02 - Conocer y valorar las aportaciones de los diferentes métodos geofísicos al conocimiento de la Tierra.
- CE03 - Analizar los distintos procesos geofísicos y sus diferentes escalas espacio-temporales, junto con las teorías y leyes que los rigen y los modelos que tratan de explicar las observaciones.
- CE06 - Conocer la instrumentación básica usada en la obtención de datos geofísicos y recoger, interpretar y representar datos referentes a la Geofísica usando las técnicas adecuadas de campo y laboratorio.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Mostrar interés por la calidad y la excelencia en la realización de diferentes tareas.
- CT03 - Tener un compromiso ético y social en la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- CT04 - Ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios para alcanzar objetivos comunes desde campos expertos diferenciados.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F
05/05/2026 - 11:22
Pág. 2 de 11

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Realizar experimentos de forma independiente y describir, analizar y evaluar críticamente los datos obtenidos.
- CG02 - Identificar los elementos esenciales de un proceso o una situación compleja, y a partir de ellos construir un modelo simplificado y realizar estimaciones sobre su evolución futura.
- CG03 - Idear la forma de comprobar la validez de un modelo e introducir las modificaciones necesarias cuando se observen discrepancias entre las predicciones del modelo y las observaciones.
- CG06 - Elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, de redactar planes, proyectos de trabajo o artículos científicos o de formular hipótesis razonables.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE02 - Conocer y valorar las aportaciones de los diferentes métodos geofísicos al conocimiento de la Tierra.
- CE03 - Analizar los distintos procesos geofísicos y sus diferentes escalas espacio-temporales, junto con las teorías y leyes que los rigen y los modelos que tratan de explicar las observaciones.
- CE06 - Conocer la instrumentación básica usada en la obtención de datos geofísicos y recoger, interpretar y representar datos referentes a la Geofísica usando las técnicas adecuadas de campo y laboratorio.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Mostrar interés por la calidad y la excelencia en la realización de diferentes tareas.
- CT03 - Tener un compromiso ético y social en la aplicación de los conocimientos

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F Pág. 3 de 11

adquiridos.
- CT04 - Ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios para alcanzar objetivos comunes desde campos expertos diferenciados.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:

- La propagación de las ondas sísmicas y su relación con las propiedades de los materiales.

- La dispersión de las ondas sísmicas internas y superficiales.

- Los métodos de modelado Inverso.

- Las diferentes técnicas de obtención de imágenes tomográficas.

- Los conceptos de anelasticidad y anisotropía.

- Las curvas de dispersión

El alumno será capaz de:

- Calcular las velocidades de las ondas y relacionarlas con las propiedades de las rocas.

- Diseñar un experimento de tomografía sísmica.

- Calcular anisotropía a partir de la primera llegada de las ondas P.

- Calcular y trabajar con curvas de dispersión.

- Determinar Imágenes 2-D y 3-D de estructuras litosféricas complejas.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

Gran parte del conocimiento que poseemos de la estructura interna de la Tierra ha sido proporcionado mediante el análisis de las Ondas Sísmicas. La estructura de los materiales que conforman nuestro planeta es reflejada en el campo de ondas que se propaga en su interior al ocurrir un terremoto o al generarse un campo de ondas mediante una fuente artificial. Las imágenes tridimensionales, obtenidas mediante la inversión de los tiempos de llegada de las ondas sísmicas, han contribuido de forma espectacular a un mayor conocimiento de las propiedades y composición de los materiales que constituyen la corteza, manto y núcleo terrestres, así como a la determinación precisa de anomalías ó discontinuidades a escala local y global. El objetivo de este curso es mostrar a los alumnos el alcance de las técnicas de inversión y como en la actualidad es posible obtener imágenes directas de numerosos procesos geodinámicos activos, tales como lajas de subducción, arcos magmáticos, puntos calientes y deshidratación a grandes profundidades. El curso consta de dos partes, teoría y práctica.

Teoría.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F Pág. 4 de 11

1. Introducción. Modelos de velocidad sísmica. Teoría y métodos del trazado del rayo sísmico.Problema inverso y algoritmos de inversión.

2. Métodos de estimación de la resolución. Diferentes tipos de tests sintéticos.

3. Relación entre las propiedades y el comportamiento de las rocas y la velocidad sísmica.

4. Imágenes sísmicas obtenidas a partir de la inversión de tiempos de llegada de terremotos locales, regionales y telesísmos.

5. Imágenes de alta resolución: obtención del coeficiente de Poisson y porosidad. Densidad de fracturación y razón de saturación en regiones sísmicamente activas. Relación entre velocidad sísmica y parámetro b. Heterogeneidades estructurales de la corteza: asperidades. Estado de esfuerzos y velocidad sísmica. Existencia de fluidos como origen de los terremotos.

6. Descripción y generación de ondas superficiales. Ejemplos.

7. Medidas de dispersión de ondas superficiales: velocidades de grupo y de fase.

8. Ondas superficiales a partir de correlaciones de ruido ambiente.

9. Tomografía 1: inversión para obtener mapas de velocidad de grupo y de fase.

10. Tomografía 2: inversión para obtener perfiles de velocidad Vs.

11. Aspectos avanzados: inversión conjunta, inversión de forma de onda, inversión transdimensional.

12. Breves nociones de Tomografía de Atenuación en regiones volcánicas ó intensamente fracturadas.

13. Relación entre imágenes sísmicas, modelización gravimétrica y flujo térmico. Velocidad sísmica, magnetismo, conductividad eléctrica y detección de fluidos.

14. Tomografía global: Lajas de subducción y arcos magmáticos, origen de los puntos calientes, deshidratación a grandes profundidades. Estructura y dinámica de las grandes discontinuidades terrestres.

15. Imágenes sísmicas en la Península Ibérica y la Cadena Alpina.

PRÁCTICO

La primera práctica consistirá en una visita a las instalaciones del Instituto Andaluz de Geofísica, donde un técnico especialista explicará a los alumnos el proceso de adquisición de datos sísmicos registrados por la Red Sísmica de Andalucía.

La segunda práctica se desarrollará en el aula de Informática del Instituto andaluz de Geofísica (UGR) donde los alumnos aprenderán el mecanismo del procesado de la señal, mediante programas de localización de terremotos, que les permitirán vislumbrar los “residuos de tiempos de viaje” utilizados en la inversión para la obtención de las imágenes sísmicas. En esta práctica el alumno “picará” las fases P y S de terremotos locales, calculará la magnitud y será capaz de obtener los parámetros hipocentrales de los eventos. Posteriormente, mediante el programa SES2002 (Simulación de Escenarios sísmicos, IGN) será capaz de simular los efectos que

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F Pág. 5 de 11

producirían los terremotos localizados en el entorno próximo (número de viviendas afectadas, número de heridos, etc.).

La tercera práctica sería una introducción al Python y la utilización de los "notebooks" (e.g. Jupyter) para hacer investigación reproducible.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

Aki, K. and W. H. K. Lee, 1976. Determination of the three-dimensional velocity anomalies under a seismic array using first P arrival times from local earthquakes, Part. 1. A homogeneus initial model. J. Geophys. Res., 81, 4381-4399.

Babuska, V. and M. Cara (1991). Seismic anisotropy in the Earth. Kluwer Academic,

Boschi, L., G. Ekström, B. Kustowski; Multiple resolution surface wave tomography: the Mediterranean basin, Geophysical Journal International, Volume 157, Issue 1, 1 April 2004, Pages 293–304.

Humphreys, E. and R.W. Clayton, 1988. Adaptation of back projection tomography to seismic travel time problems, J. Geophys. Res., 93, 1073-1085.

Inoue, H., Y. Fukao, K. Tanabe and Y. Ogata, 1990. Whole mantle P-wave travel time tomography, Phy. Earth Planet. Inter., 59, 294-328.

Grad, M., Timo Tiira and ESC Working Group. The Moho depth map of the European Plate. Geophys. J. Int. (2009), doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03919.x

Levshin, A.L., M.H. Ritzwoller, M.P. Barmin, A. Villaseñor, and C.A. Padgett, New constraints on the Arctic crust and uppermost mantle: surface wave group velocities, Pn, and Sn, Phys. Earth Planet. Inter., vol. 123, no. 2-4, pp. 185-204, 2001.

Martí, J., A. Villaseñor, A. Geyer, C. López, and A. Tryggvason (2017), Stress barriers controlling lateral migration of magma revealed by seismic tomography, Scientific Reports, 7, 40757, doi: 10.1038/srep40757

Martínez, M.D., Lana, X., Canas, J.A., Badal, J. and Pujades, L., 2000. Shear-wave velocity tomography of the lithosphere-asthenosphere system beneath the Mediterranean area, Phys. Earth Planet. Inter., 122, 33-54.

Mitra, S., Priestley, K., Gaur, V.K., Rai, S.S. and Haines, J., 2006. Variation of Rayleigh wave group velocity dispersion and seismic heterogeneity of the Indian crust and uppermost mantle, Geophys. J. Int., 164, 88-98.

Mishra, O.P., Zhao, D. and Singh, D.D., 2005. Northwest Pacific fundamental mode Rayleigh wave group velocity and its relationship with tectonic structures, Bull. Seism. Soc. Am., 95, 2125-2135.

Moudnib, L. E., A. Villaseñor, M. Harnafi, J. Gallart, A. Pazos, I. Serrano, D. Córdoba, J. A Pulgar, P. Ibarra, M. M Himmi. Crustal structure of the Betic-Rif system, western Mediterranean, from local earthquake Tomography. Tectonophysics, Volume 643, 7 March 2015, Pages 94–105.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F Pág. 6 de 11

Serrano, I., J. Morales, D. Zhao, F. Torcal y F. Vidal. P-wave tomographic images in the Central Betics-Alborán Sea (South Spain) using local earthquakes: contribution for a continental collision. Geophysical Research Letters, Vol. 25, No. 21, 4031-4034, November 1, 1998. , ISSN: 0094-8276, 1998.

Serrano, I., D. Zhao y J. Morales. 3-D crustal structure of the extensional Granada Basin in the convergent boundary between the Eurasian and African plates. Tectonophysics, 344/1-2 (61-79), 2002, ISSN: 0040-1951, 2002.

Serrano, I., Bohoyo, F., Galindo-Zaldívar, J., Morales, J. y Zhao, D. Geophysical signatures of a basic-body rock placed in the upper crust of the External Zones of the Betic Cordillera (Southern Spain). Geophysical Research Letter, Vol. 29, NO. 0, 10.1029/2001GL013487, 2002, ISSN: 0094-8276, 2002

Serrano, Morales, J. Torcal, F., Vidal, F. and Mancilla, F. Imágenes tomográficas en el Sur de España y Norte de Marruecos. Física de la Tierra, 2003, 15, 145-162, ISSN: 0214-4557.

Serrano, I., Zhao, D., Morales, J. and Torcal, F. Seismic tomography from local crustal earthquakes beneath eastern Rif mountains of Morocco. Tectonophysics, 6881(2003), 1-15, ISSN: 0040-1951, 2003.

Serrano, I., Hearn, T. M., Morales, J. and Torcal, F. Seismic anisotropy and velocity structure beneath the southern half

of the Iberian Peninsula. Physics of the Earth and Planetary Interior, 150, 317-330, June 2005, ISSN: 0031-9201, 2005.

Serrano, I., Torcal, F. y Morales, J. Imágenes de velocidad sísmica en la región inferior del manto litosférico de la Península Ibérica. Libro Homenaje a Víctor García Dueñas. Revista de la Sociedad Geológica de España, 20(3-4), 2007.

Serrano, Inmaculada, Federico Torcal and José Benito Martín. High Resolution Seismic Imaging of an active fault at the eastern Guadalquivir basin (Betic Cordillera, Southern Spain). Tectonophysics 660 (2015) 79-91.

Spakman, W. and G. Nolet, 1988. Imaging algorithms, accuracy and resolution in delay time tomography. N. J. Vlaar, G. Nolet, M. J. R. Wortel and S. A. L. Cloetingh (Editors), Mathematical Geophysics: a Survey of Recent Developments in Seismology and Geodynamics. Reidel, Dordrecht, pp. 155-188.

Savage, M. K. (1999). Seismic anisotropy and mantle deformation: What have we learned from wave splitting?. Reviews of Geophysics, 37, 1. Vinnik, L.P. Detection of waves converted from P to SV in the mantle, Phys. Earth Planet. Inter. 15 (1977), pp. 39–45.

Villaseñor, A., Ritzwoller, M.H., Levshin, A.L., Barmin, M.P., Engdahl, E.R., Spakman, W. and Trampert, J., 2001. Shear velocity structure of central Eurasia from inversion of surface waves velocities, Phys. Earth Planet. Inter., 123, 169-184.

Villaseñor, S. Chevrot, M. Harnafi, J. Gallart, A. Pazos, I. Serrano, D. Córdoba, J. A. Pulgar, P. Ibarra. Subduction and volcanism in the Iberia-North Africa collision zone from tomographic images of the upper mantle. Tectonophysics 663 (2015) 238–249.

Zhao, D., A. Hasegawa, S. Horiuchi (1992) Tomographic imaging of P and S wave velocity structure beneath northeastern Japan. J. Geophys. Res. 97, 19909-19928.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F Pág. 7 de 11

Zhao, D., A. Hasegawa, H. Kanamori (1994) Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional, and teleseismic events. J. Geophys. Res. 99, 22313-22329.

Zhao, D. (2001) Seismic structure and origin of hotspots and mantle plumes. Earth Planet. Sci. Lett. 192, 251-265. 237 Zhao, D. (2004) Global tomographic images of mantle plumes and subducting slabs: insight into deep Earth dynamics. Phys. Earth Planet. Inter. 146, 3-34.

Zhao, D., H. Kanamori, H. Negishi, D. Wiens (1996) Tomography of the source area of the 1995 Kobe earthquake: Evidence for fluids at the hypocenter? Science 274, 1891-1894.

Zhao, D., O. Mishra, R. Sanda (2002) Influence of fluids and magma on earthquakes: seismological evidence. Phys. Earth Planet. Inter. 132, 249-267.

Zhao, D., H. Negishi (1998) The 1995 Kobe earthquake: Seismic image of the source zone and its implications for the rupture nucleation. J. Geophys. Res. 103, 9967-9986.

Zhao, D. (2009) Multiscale seismic tomography and mantle dynamics. Gondwana Res. 15, 297-323.

Zhao, D. (2007) Seismic images under 60 hotspots: Search for mantle plumes. Gondwana Res. 12, 335-355.

Zhao, D., (2015). Multiscale Seismic Tomography. Springer Geophysics. ISBN 978-4-431-55359-5 ISBN 978-4-431-55360-1 (eBook). DOI 10.1007/978-4-431-55360-1.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Aki, K. and B. Chouet (1975). Origin of coda waves: source, attenuation and scattering effects. J. Geophys. Res. 80, 3322-42.

Ammon, C.J. The isolation of receiver function effects from teleseismic P waveforms, Bull. Seismol. Soc. Am. 81 (1991), pp. 2504–2510.

Badal, J., Corchete, V., Payo, G., Pujades, L. and Canas, J.A., 1996. Imaging of shear wave velocity structure beneath Iberia, Geophys. J. Int., 124, 591-611.

Bohoyo, F., J. Galindo-Zaldivar y I. Serrano. Main features of the basic rock bodies of the Archidona Region from geophysical data (External Zones, Betic Cordillera). C. R. Acad. Sci. Paris, 330, 1-8, 2000, ISSN: 1251-8050, 2000.

Corchete, V., Badal, J., Serón, F.J. and Soria, A., 1995. Tomographic images of the Iberian subcrustal lithosphere and asthenosphere, J. Geophys. Res., 100, 24133-24146.

Gaite, B., A. Villaseñor, A. Iglesias, M. Herraiz, and I. Jiménez-Munt (2015), A 3-D shear velocity model of the southern North American and Caribbean plates from ambient noise and earthquake tomography, Solid Earth, 6(1), 271-284, doi: 10.5194/se-6-271-2015.

Godey, S., R.K. Snieder, A. Villaseñor, and H.M. Benz, Surface wave tomography of North America and the Caribbean using global and regional broad-band networks: phase velocity maps and limitations of ray theory, Geophys. J. Int., vol. 152, no. 3, pp. 620-632, 2003.

Granet, M. and J. Trampert, 1989. Large-scale P-velocity structures in the Euro Mediterranean area. Geophys. J. Int., 99, 583-594.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F Pág. 8 de 11

Pasyanos, M.E., and Walter, W.R., 2001. A surface wave dispersion study of the Middle East and North Africa for monitoring the comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, Pure appl. Geophys., 158, 1445-1474.

Ritzwoller, M.H., Levshin, A.L., Ratnikova, L.I., and Egorkin, A.A., 1998. Intermediate-period group-velocity maps across Central Asia, Western China and parts of the Middle East. Geophys. J. Int., 134, 315-328.

Ritzwoller, M.H., Shapiro, N.M., Levshin, A.L. and Leahy, G.M., 2001. The structure of the crust and upper mantle beneath Antartica and the surrounding oceans. J. Geophys. Res., 106, 30645-30670.

Vdovin, O.Y., Rial, J.A., Levshin, A.L. and Ritzwoller, M.H., 1999. Group-velocity tomography of South America and the surrounding oceans, Geophys. J. Int., 136,324-340.

Vuan, A., Robertson Maurice, S.D., Wiens, D.A. and Panza, G.F., 2005. Crustal and upper mantle S-wave velocity structure beneath the Bransfield Strait (West Antactica) from regional surface wave tomography, Tectonophysics, 397, 241-259.

Yanovskaya, T. B., Antonova, L.M. and Kozhevnikov, V.M., 2000. Lateral variations of the upper mantle structure in Eurasia from group velocity of surface waves, Phys. Earth Planet Inter., 122, 19-32.

Yanovskaya, T. B. and Kozhevnikov, V. M., 2003. 3D S-wave velocity pattern in the upper mantle beneath the continent of Asia from Rayleigh wave data, Phys. Earth Planet Inter., 138, 263-278.

ENLACES RECOMENDADOS

http://www.ima.umn.edu/~berryman/

http://www.uh.edu/~jbutler/anon/anoncoursegeoph.html

http://www.noc.soton.ac.uk/soes/staff/then/classes/soes6037/struct2.html

http://www.seismo.unr.edu/ftp/pub/louie/class/100/100-earthquakes.html

http://www.seismo.unr.edu/ftp/pub/louie/class/757/intro/

http://utam.geophys.utah.edu/ebooks/gg692/

http://mesoscopic.mines.edu/~jscales//inverse/

http://www.geo.uu.nl/~bijwaard/

http://sepwww.stanford.edu/sep/berryman/NOTES/lecture_notes.html
http://www.uwgb.edu/DutchS/PLATETEC/seistom.HTM

http://rses.anu.edu.au/seismology/projects/tireg/tomo.html
http://cgiss.boisestate.edu/~billc/Inverse.html http://www.emsc-csem.org/index.php?page=home

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F Pág. 9 de 11

http://neic.usgs.gov/neis/epic/ http://www.jma.go.jp/en/quake/ http://www.iris.edu/ http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/ http://www.ign.es/ign/es/IGN/home.jsp http://www.isc.ac.uk/

http://www.mantleplumes.org/Seismology.html http://www.angelfire.com/nt/terremotosLinks/ http://www.jmarcano.com/riesgos/links/terremoto.html http://orfeus.knmi.nl/

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Sesiones de discusión y debate
- MD03 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD04 Prácticas de laboratorio o clínicas
- MD06 Ejercicios de simulación
- MD07 Análisis de fuentes y documentos
- MD09 Realización de trabajos individuales

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

- Pruebas, ejercicios y problemas, resueltos en clase o individualmente a lo largo del curso: 10-20%
- Valoración final de informes, trabajos, proyectos, etc. (individual o en grupo): 10-20%
- Presentaciones orales: 35-40%
- Memorias: 10-10%
- Aportaciones del alumno en sesiones de discusión y actitud del alumno en las diferentes actividades desarrolladas: 5-10%

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

- Pruebas escritas 100%

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F
05/05/2026 - 11:22
Pág. 10 de 11

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

- Pruebas escritas 100%

INFORMACIÓN ADICIONAL

Al principio del curso, se llevarán a cabo reuniones de coordinación según establece el Sistema de la Garantía de la Calidad.

Los alumnos dispondrán, desde el inicio del curso, del material gráfico utilizado por el profesor, de un resumen de la bibliografía esencial, así como de los vínculos de páginas WEB donde pueden encontrar material relacionado con cada tema. Además, existirá una comunicación continua con el profesor, a través del correo electrónico, especialmente en el periodo de desarrollo de sus trabajos individuales.

Los alumnos dispondrán de un aula de informática, ubicada en el Instituto Andaluz de Geofísica, donde podrá acceder a los diferentes recursos utilizados durante el curso (material para prácticas, referencias bibliográficas y demás material de apoyo). Así mismo, estará a su disposición la base de datos de terremotos locales utilizada en el desarrollo de las prácticas, la cual pueden consultar libremente, lo cual se considera importante para el desarrollo de sus trabajos individuales.

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

SOFTWARE LIBRE

Havskov, J., Voss, P.H. and Ottemoller, L. (2020). Seismological Observatory Software: 30 Yr of SEISAN. Seismological Research Letters, 91 (3): 1846-1852.
DOI: https://doi.org/10.1785/0220190313

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 11:22
Código seguro de verificación (CSV): 6356AFB03B8EB24AAD6982CEB86B909F Pág. 11 de 11