



Grado en Geología 26408 - Geología estructural

Guía docente para el curso 2011 - 2012

Curso: 2, Semestre: 1, Créditos: 9.0

Información básica

Profesores

- **Carlos Luis Liesa Carrera** carluis@unizar.es
- **Héctor Alberto Millán Garrido** hmillan@unizar.es
- **Belen Oliva Urcia** boliva@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

La asignatura se enmarca en una línea de aprendizaje sobre aspectos geométricos de la geología, enlazando con las materias de Cartografía Geológica y de Geofísica y Tectónica Global. Requiere el desarrollo de visión y razonamiento espacial, de representación y análisis gráfico, de capacidad de observación en el campo, y de interpretación cinemática-evolutiva de las estructuras geológicas. Su aprendizaje exigirá más esfuerzo en el ámbito de la comprensión y el razonamiento que en el puramente memorístico.

Se recomienda: (1) asistir a todas las actividades de la asignatura, (2) seguir la asignatura con un plan de trabajo continuado, estudiando los contenidos teóricos conforme se imparten y llevar al día los trabajos y cuestionarios planteados y (3) hacer uso del material puesto a disposición del alumno en el Anillo Digital Docente y de las tutorías académicas.

Actividades y fechas clave de la asignatura

- Tercera semana de septiembre: inicio de clases teóricas.
 - Cuarta semana de septiembre: inicio de clases prácticas.
 - Cada semana: entrega de memoria de prácticas.
 - Cada dos semanas: entrega de respuestas a cuestionarios.
 - Tercera semana de diciembre: entrega de la memoria del trabajo de campo.
 - Segunda semana de enero: fin de clases teóricas y prácticas.
 - Periodos ordinarios de exámenes: prueba escrita (1ª y 2ª convocatoria)
-

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:** Identifica los principales tipos de estructuras tectónicas y conoce sus características geométricas y sus mecanismos genéticos.
- 2:** Realiza mapas, cortes geológicos y esquemas que reflejen la geometría de las estructuras y las relaciones entre ellas, a partir de observaciones de campo.
- 3:** Mide en el campo la orientación de las estructuras tectónicas utilizando brújula y clinómetro.
- 4:** Representa, trata y analiza los elementos estructurales, planos o lineales, mediante proyección estereográfica, sistema de planos acotados y bloques diagrama.
- 5:** Localiza y lee artículos científicos en español y en inglés; selecciona y comprende la información relevante que contienen en relación con problemas concretos.
- 6:** Trabaja de forma autónoma y en equipo; realiza y redacta un trabajo científico original; expone y defiende en público sus resultados.
- 7:** Conoce y utiliza el léxico concreto de Geología Estructural tanto en español como en inglés. Las actividades desarrolladas en inglés en el conjunto de la asignatura se estiman en 1 ECTS.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

La Geología Estructural es la parte de la Geología dedicada al estudio de las deformaciones de las rocas, fundamentalmente las de origen tectónico (producidas por fuerzas internas de la Tierra). En la asignatura se busca conseguir que el estudiante conozca las diferentes modalidades y tipos de estructuras en que se manifiesta dicha deformación, maneje los métodos de observación y análisis de las mismas, y comprenda los principales procesos y mecanismos que las originan.

La asignatura *Geología Estructural* será impartida por el Prof. Carlos Liesa y la asignatura en inglés *Structural Geology* será impartida por el Prof. Héctor Millán.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

Los objetivos generales de la asignatura se plantean en tres planos distintos:

(a) Aprendizaje de aspectos conceptuales y metodológicos a través de actividades expositivas y razonamiento fundamentalmente deductivo.

(b) Aplicación práctica de técnicas de representación y tratamiento de datos.

(c) Desarrollo de la capacidad de exploración e investigación de problemas mediante procedimientos empíricos, desde la toma de datos en campo hasta su interpretación final.

Objetivos generales:

- 1) Conocer los diversos tipos de estructuras tectónicas: definición, clasificaciones, características geométricas, cinemáticas y dinámicas de las deformaciones desde escala microscópica a cartográfica.
- 2) Desarrollar habilidades de observación y toma de datos de las estructuras tectónicas en el campo.
- 3) Aprender a manejar las principales herramientas de representación y análisis de las estructuras.
- 4) Conocer los criterios para aplicar los conceptos y modelos de Geología Estructural a la interpretación tectónica regional y a campos de interés económico.
- 5) Desarrollar la capacidad de aprendizaje autónomo, adquiriendo madurez en el uso de la bibliografía (en español e inglés) y adoptando una actitud crítica en el manejo de la información.
- 6) Desarrollar la capacidad de trabajo en equipo, y adquirir soltura en la comunicación oral y escrita de conocimientos y resultados científicos.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura de Geología Estructural se enmarca en una línea de aprendizaje sobre aspectos geométricos de la Geología, enlazando con las materias de Cartografía Geológica y de Geofísica y Tectónica Global. Requiere el desarrollo de visión y razonamiento espacial, de representación y análisis gráfico, de capacidad de observación en el campo, y de interpretación cinemática-evolutiva de las estructuras geológicas.

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:** Reconocer, describir y clasificar las principales estructuras tectónicas.
- 2:** Interpretar los mecanismos genéticos de cada tipo de estructura.
- 3:** Aplicar los métodos de estudio geométrico, cinemático y dinámico más adecuados a cada tipo de estructura y en función de los datos disponibles.
- 4:** Identificar en campo las estructuras de deformación y sus elementos geométricos.
- 5:** Tomar datos estructurales en el campo; hacer observaciones a escala cartográfica y de afloramiento, realizar cortes y esquemas; tomar orientaciones con la brújula.
- 6:** Identificar estructuras de deformación y sus elementos en muestras de mano y lámina delgada.
- 7:** Manejar los principales métodos de representación, análisis y tratamiento gráfico de la geometría y orientación de las estructuras: proyección estereográfica, planos acotados, cortes estructurales, bloques diagrama, mapas de contornos.
- 8:** Reconstruir los mecanismos genéticos de las estructuras reales, su evolución cinemática, su contexto dinámico y, en el caso de deformaciones polifásicas, su secuencia cronológica.

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

La Geología Estructural es una pieza básica del entramado de las Ciencias de la Tierra, y su aprendizaje es fundamental, por sí mismo y por sus relaciones con el resto de las disciplinas. El estudio de las estructuras tectónicas obliga a ejercitarse en las observaciones de detalle, en el análisis sistemático y concienzudo de la información, y en el razonamiento riguroso para abordar su interpretación. Comprender sus mecanismos de desarrollo, y la interacción de éstos con los procesos sedimentarios, magmáticos, metamórficos, geomorfológicos o hidrogeológicos, es fundamental tanto para el geólogo general como para el especialista en cualquiera de estos campos.

La Geología Estructural tiene, a la vez, importantes aplicaciones tecnológicas. El marco tectónico explica el desarrollo, geometría y evolución de las cuencas sedimentarias. La exploración y explotación de yacimientos minerales y energéticos

(carbón, petróleo, gas), muchos de ellos controlados tectónicamente en su génesis o en su geometría final, precisa del estudio en profundidad de las macroestructuras. Las condiciones de explotación de rocas industriales depende también en muchos casos del conocimiento preciso de la geometría de las anisotropías que presentan. La arquitectura y los parámetros mecánicos de la red de discontinuidades son asimismo decisivos en la caracterización geotécnica de macizos rocosos. El conocimiento de las fallas activas y de su tasa de movimiento es condición indispensable para los cálculos de peligrosidad en Sismología e Ingeniería Sísmica. La evaluación de otros riesgos naturales, como deslizamientos de laderas o colapsos kársticos, requiere también conocer la estructura de los materiales y aprender a detectar en ellos paleodeformaciones que puedan ser indicadoras de los procesos actuales.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

1: **Diseño general de las actividades de evaluación**

Las actividades prácticas de campo en Geología y también en la asignatura de Geología Estructural son de especial relevancia pues es donde el estudiante adquiere y desarrolla gran parte de sus capacidades de observación y reconocimiento de las estructuras geológicas a distintas escalas y la metodología de trabajo propia de esta disciplina geológica. Dada la excepcionalidad de las prácticas de campo, que además constituyen un tercio de la asignatura (3 de 9 ECTS), la evaluación continua es el único modo de superarlas en la primera convocatoria. De hecho, las actividades de campo forman parte de una de las actividades de evaluación (memoria de trabajo de campo) que suponen el 15% de la nota en el baremo de evaluación final presencial (ver criterios de evaluación). Es por ello que, al amparo del artículo 9.4 del “Reglamento de Normas de Evaluación del Aprendizaje” acordado el 22 de diciembre de 2010 por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza, se solicita la excepcionalidad de las prácticas de campo para que se valoren en la primera convocatoria exclusivamente a través del procedimiento de evaluación continua a través de la actividad de evaluación anteriormente mencionada. En la segunda convocatoria, en la prueba global de evaluación, se incluirá una prueba en la que se evalúe esta actividad fuera del aula.

En consecuencia, las actividades de evaluación están planteadas atendiendo a si se ha desarrollado o no de una manera presencial la asignatura (sobre todo en lo que respecta a las actividades de prácticas de campo). En los siguientes apartados se especifican las distintas actividades de evaluación para cada uno de los casos.

1: **Actividades de evaluación en el desarrollo presencial de la asignatura**

En el desarrollo normal de la asignatura, es decir, realizado de forma presencial por el estudiante durante el curso, las actividades de evaluación constarán de una evaluación continua de la asignatura de distintas actividades de aprendizaje y de una prueba final escrita. A continuación se detallan las distintas actividades de evaluación diseñadas:

A.1. Evaluación Continua

1) **Respuestas a cuestionarios.** En ciclos de periodicidad quincenal, los alumnos reciben un cuestionario sobre aspectos conceptuales y metodológicos, que deben trabajar en grupo, responder por escrito y, en ocasiones, exponer oralmente. En la evaluación de las respuestas y exposición se evalúan resultados de aprendizaje 1, 5 y 6.

2) **Memorias de prácticas de gabinete, laboratorio y ordenador.** Cada semana los estudiantes entregan la memoria de la práctica realizada la semana anterior. Se evalúa el resultado de aprendizaje 4.

3) **Memoria de trabajo de campo.** Tras cada excursión se entrega y revisa el cuaderno de campo. Tras cumplirse el programa completo, se entrega una memoria que compendie los resultados de las observaciones, análisis e interpretaciones más relevantes obtenidas en las áreas visitadas. Los resultados se exponen asimismo oralmente en una sesión de seminario. Se evalúan resultados de aprendizaje 2, 3 y 6.

A.2. Prueba final escrita

4) **Prueba escrita.** En el periodo ordinario de exámenes se realiza una prueba final escrita (estimada en 4 o 5 horas de duración) que consta de dos partes: (4a) cuestiones breves teórico-prácticas, relacionadas con los aspectos básicos del programa; (4b) ejercicio abierto consistente en la interpretación de un caso real, a partir de datos de campo, información gráfica y bibliografía en español o inglés. Para su realización, el alumno puede disponer de los apuntes y libros que desee. Se evalúan resultados de aprendizaje 1, 4 y 5. En la parte (a) se valora el dominio de los conceptos y métodos básicos de análisis e interpretación de las estructuras tectónicas. En la parte (b) se valora la madurez general alcanzada en el manejo crítico de la información, en la resolución de problemas nuevos, así como el carácter original y personal de los razonamientos.

Cuando el estudiante haya desarrollado presencialmente las distintas actividades de la asignatura pero no haya alcanzado los objetivos de aprendizaje previstos en las pruebas de evaluación en la primera convocatoria del curso, las actividades de evaluación en la segunda convocatoria se restringirán a la prueba final escrita y a la evaluación de las memorias e informes revisadas, mejoradas y completadas a que se refieren las actividades de evaluación 1, 2 y 3.

2: Prueba global de evaluación

Los estudiantes que no hayan seguido la asignatura de forma presencial, y los que aun habiéndolo hecho así lo deseen, tendrán derecho a una prueba global de evaluación.

En la PRIMERA CONVOCATORIA la prueba global incluirá la evaluación de todas las actividades, con la excepción de las prácticas de campo que se habrán evaluado de manera continua durante el curso (a partir del Trabajo y cuaderno de campo, la Memoria final de prácticas de campo y la Exposición oral), y consistirá en una **prueba escrita**, similar a la indicada en el apartado anterior (duración estimada en 3-4 horas).

En la SEGUNDA CONVOCATORIA la prueba global incluirá la evaluación de todas las actividades, incluidas las actividades de prácticas de campo (duración estimada en 4-5 horas) y consistirá en:

1) una **prueba escrita**, similar a la indicada en el apartado anterior y

2) una **prueba adicional**, en la que el estudiante deberá resolver varios ejercicios prácticos, similares a los realizados en el desarrollo presencial de la asignatura, con el único apoyo del material suministrado por el evaluador. Estos ejercicios incluirán el reconocimiento de estructuras tectónicas a partir de fotografías de campo o muestras de mano que suplirán la evaluación de las prácticas de campo.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

El programa de la asignatura no se considera como un fin en sí mismo, sino como un marco en el que se desarrolla el aprendizaje personal del estudiante, basado en una actitud activa y participativa. Los estudiantes disponen de apuntes y otros materiales y recursos bibliográficos que deben servir de base a su trabajo, y de referencias bibliográficas esenciales

para ampliar información. Con ello, el tiempo que se destina a clases magistrales expositivas se reduce al máximo.

Se pone énfasis en el aprendizaje significativo y práctico más que en el aprendizaje memorístico. De ahí que se realicen y evalúen diversas actividades de aplicación y de investigación empírica, y que las pruebas escritas se realicen disponiendo del material de consulta que se desee.

Las sesiones prácticas se dedican, en su mayoría, a ejercicios de representación y análisis de estructuras tectónicas, bien manualmente o mediante ordenador. Dos de ellas son sesiones de laboratorio dedicadas al estudio de muestras de mano, de láminas delgadas y a modelización analógica de deformaciones.

Durante las prácticas de campo se observan estructuras sobre el terreno, se miden sus orientaciones, se analiza su geometría, relaciones espaciales y cronológicas, y se recoge toda la información en mapas, cortes, fotografías y anotaciones en el cuaderno de campo.

La tutoría académica se considera una actividad docente más, y se estimula su uso para que el estudiante pueda: (i) consultar al profesor dudas generales sobre los contenidos de la asignatura y las técnicas de trabajo; (ii) consultar dudas sobre ejercicios que hayan sido planteados expresamente para resolverse fuera del horario presencial; (iii) recibir orientación para la búsqueda de fuentes de información; (iv) tener un seguimiento del trabajo personal y de la elaboración de la memoria de campo.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

1:
Actividad 1: Aprendizaje de los aspectos conceptuales, descriptivos y genéticos de las estructuras tectónicas, y de los principales métodos de estudio a nivel geométrico, cinemático y dinámico.

Metodología:

- **Clases magistrales participativas** (3 ECTS; 30 horas presenciales)
- **Seminarios:** estudio de casos sobre guión-cuestionario (0,5 ECTS; 5 horas presenciales).

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS:

Parte 1ª: PRELIMINAR

1. Introducción. La Geología Estructural: objetivos y métodos de trabajo; desarrollo histórico. El estudio de las estructuras de deformación a nivel geométrico, cinemático y dinámico.

2. Sistemas de representación de estructuras tectónicas. Mapas y cortes geológicos; bloques diagrama. Orientación de planos y líneas; dirección y buzamiento; buzamiento aparente; inmersión y cabeceo. Fundamentos de proyección estereográfica y equiareal; sistema de representación en planos acotados.

3. Esfuerzo, deformación y comportamiento reológico. Conceptos y parámetros de deformación y esfuerzo. Relaciones esfuerzo-deformación; ensayos de laboratorio. Comportamiento reológico: elástico, plástico, viscoso, frágil; factores condicionantes. Niveles estructurales.

Parte 2ª: ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN CONTINUA

4. Conceptos básicos de deformación. Deformación longitudinal y angular. Deformación homogénea y heterogénea; deformación continua y discontinua; deformación finita e infinitesimal. Deformación homogénea en dos y tres dimensiones: elipse y elipsoide de deformación; ejes principales de deformación. Cizalla simple homogénea.

5. Fábricas tectónicas. Orientaciones preferentes de planos y líneas producidas por deformación. Fábricas tectónicas y su relación con el elipsoide de deformación. Foliaciones continuas y discontinuas: clasificación y mecanismos. Fábricas lineares.

6. Mecanismos de deformación a escala textural. Mecanismos de presión-disolución a escala

extracristalina y a escala de grano; mecanismos de difusión; sombras de presión. Mecanismos físicos: rotación, microboudinage, cataclasis. Deformación del retículo cristalino: deslizamiento de planos cristalográficos, maclación mecánica. Cristalización; endurecimiento por deformación y recuperación. Relaciones entre deformación y cristalización metamórfica.

7. Zonas de cizalla dúctil. Características generales. Zonas de cizalla dúctil con marcadores pasivos previos; pliegues asociados. Z.C.D. con fábricas de deformación interna; fábrica S-C. Sistemas de Z.C.D. conjugadas.

8. Geometría de pliegues. Elementos geométricos de un pliegue. Determinación de la orientación del eje y el plano axial. Clasificaciones geométricas de pliegues en tres dimensiones y en sección transversal.

9. Mecanismos de plegamiento. Clasificación genética de pliegues; mecanismos cinemáticos y su relación con los tipos geométricos. Cinemática de los pliegues activos o flexurales: buckling, kinking y bending; deformación interna de las capas; flexo-deslizamiento y flexo-fluencia. Pliegues pasivos. Pliegues de flexión y aplastamiento; foliación de plano axial; refracción de esquistosidad.

Parte 3ª: ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN DISCONTINUA

10. Conceptos básicos de esfuerzos. Esfuerzo como vector: componente normal y tangencial. Estado de esfuerzos en un punto: tensor de esfuerzos; elipse y elipsoide de esfuerzos; ejes principales de esfuerzos. Análisis de esfuerzos en dos dimensiones mediante el círculo de Mohr. Campos y trayectorias de esfuerzos. El campo litostático.

11. Mecánica de la fracturación de las rocas. El criterio de rotura de Coulomb: línea de resistencia intrínseca; cohesión y ángulo de rozamiento interno. Envolvente de Mohr. Teoría de Griffith. Influencia de la presión de fluidos. Deslizamiento sobre discontinuidades previas.

12. Juntas estilolíticas y juntas de extensión. Los distintos tipos de estructuras discontinuas a partir de las teorías de fracturación. Juntas y picos estilolíticos; clasificaciones geométricas y genéticas; relación con los ejes de esfuerzos. Juntas de extensión; geometría y tipos de relleno; juntas puras y oblicuas; relación con los ejes de esfuerzos.

13. Fallas. Geometría; clasificaciones. Cinemática; clasificaciones: fallas normales, inversas y de desgarre. Separación de falla y desplazamiento neto; determinación de la dirección, sentido y magnitud del desplazamiento; indicadores cinemáticos. Dinámica: modelo de Anderson de fallas conjugadas; relación con los ejes de esfuerzos. Rocas de falla: brechas; harinas de falla; milonitas.

14. Diaclasas. Análisis geométrico: orientaciones y estilos 'arquitectónicos'; tamaño y espaciados. Análisis fractográfico: ornamentaciones, microestructuras asociadas y progagación de diaclasas. Interacciones entre diaclasas y cronología relativa. Relación con los ejes de esfuerzos.

15. Zonas de cizalla semifrágil. El experimento de Riedel: fracturas secundarias R y R'. Estructuras T y S. Deformación progresiva. Sistemas de Z.C.S. conjugadas.

Parte 4ª: ASOCIACIONES ESTRUCTURALES

16. Tectónica compresiva en el nivel estructural inferior. Orógenos: tipos; arquitectura general; rasgos evolutivos. Deformación en las zonas profundas. Pliegues de aplastamiento: foliaciones y lineaciones asociadas; rods, mullions, boudinage. Zonas de cizalla dúctil y pliegues pasivos. Complejos gnéisicos y migmatíticos.

17. Sistemas de cabalgamientos. Elementos y caracteres geométricos; expresión cartográfica; estilos de "piel fina" y de "piel gruesa". Pliegues asociados: de acomodación, propagación y despegue. Cinemática y evolución de sistemas de cabalgamientos; cabalgamientos imbricados; dúplex. Aspectos dinámicos; el modelo de cuña orogénica. Sedimentación sintectónica: cuencas de antepaís y de piggy-back.

18. Tectónica extensional. Rifts: tipos; arquitectura general; rasgos evolutivos. Fallas normales: geometría; fallas lístricas. Pliegues asociados: de arrastre y roll-over. Sistemas de fallas normales; estructuras de horst y graben; dúplex extensionales. Sedimentación sintectónica en cuencas extensionales. Campos de esfuerzos: extensión uniaxial, triaxial y multidireccional. Extensión tardía en orógenos.

19. Tectónica de desgarre. Elementos geométricos y patrones cinemáticos de fallas. Zonas de relevo compresivo y extensivo; splay faults; dúplex transcurrentes; fallas de transferencia. Transpresión y transtensión: estructuras en “flor positiva” y “flor negativa”. Aspectos dinámicos: campos de esfuerzos de desgarre; perturbaciones de trayectorias. Tectónica de desgarre en bordes de placa y en dominios intraplaca.

20. Deformación polifásica. Problemática de la deformación progresiva y polifásica; fases de deformación y evolución de los campos de esfuerzos. Superposición de pliegues pasivos y de pliegues flexurales. Análisis de foliaciones y lineaciones superpuestas. Tectónica de inversión; reactivación de fallas; inversión positiva y negativa.

21. Otras asociaciones estructurales. Tectónica gravitacional: deslizamientos, slumps, olistolitos. Diapiros: geometría y mecanismos. Estructuras de impacto. Cuerpos intrusivos; relación con el campo de esfuerzos regional.

2: Actividad 2: Aprendizaje de los procedimientos de observación y toma de datos estructurales en campo.

Metodología: **Prácticas de campo** (3 ECTS; 4,5 jornadas de campo)

PROGRAMA DE PRÁCTICAS DE CAMPO:

Jornada 1

- Lugar: Sierra de Algairén-Paniza (Zaragoza); Paleozoico.
- Fecha: Viernes, 7 de octubre.
- Actividades: Reconocimiento de un catálogo de estructuras comunes de deformación dúctil y frágil. Manejo de brújula y toma de datos estructurales en grupos de trabajo. Análisis de relaciones estratificación/foliación, medición de orientaciones, interpretación de mecanismos de plegamiento.

Jornada 2

- Lugar: Corte del Río Isuela (Huesca); Mesozoico y Cenozoico.
- Fecha: Viernes, 4 de noviembre.
- Actividades: Reconocimiento de la estructura del frente surpirenaico. Observaciones a escala cartográfica y de afloramiento de estructuras de carácter frágil y dúctil y toma de datos estructurales. Relaciones tectónica-sedimentación en relación con pliegues.

Jornada 3

- Lugar: Aliaga (Teruel); Mesozoico y Cenozoico.
- Fecha: Viernes, 17 de noviembre.
- Actividades: Estudio de la deformación polifásica. Estructuras de inversión positiva de una cuenca extensional. Reconstrucción geométrica y cinemática de pliegues superpuestos. Relaciones tectónica-sedimentación.

Jornada 4

- Lugar: Montalbán (Teruel); Mesozoico y Cenozoico.
- Fecha: Viernes, 26 de noviembre.
- Actividades: Corte geológico a escala macroestructural de un sistema de cabalgamientos, pliegues asociados y relaciones tectónica-sedimentación. Estudio de estructuras discontinuas a escala de afloramiento (fallas, estilolitos, juntas de extensión): esquemas de campo, medición de orientaciones, análisis de relaciones cronológicas.

Jornada 5

- Lugar: Corte del Embalse de Vadiello (Huesca); Mesozoico y Cenozoico.
- Fecha: Viernes, 16 de diciembre.
- Actividades: Toma de datos de campo de orientación de las capas y observaciones de detalle de la estructura en una transversal a las Sierras Exteriores aragonesas por la carretera del Embalse de Vadiello y, partir de estos datos y de la cartografía, realización del corte geológico y su interpretación.

3: Actividad 3: Aprendizaje de los procedimientos de observación de estructuras a escala de muestra de mano y a escala microscópica. Manejo de métodos de reconstrucción y análisis geométrico, cinemático y dinámico de estructuras.

Metodología: **Prácticas de gabinete, laboratorio y ordenador**
(2,5 ECTS; 25 horas presenciales; 10 sesiones).

PROGRAMA DE PRÁCTICAS DE GABINETE, LABORATORIO y ORDENADOR:

- 1. Cortes geológicos (I).** Realizados a partir de mapas geológicos con pliegues, fallas normales y discordancias.
- 2. Proyección estereográfica (I).** Representación manual, lectura y tratamiento básico de líneas y planos; ángulos entre líneas y planos. Análisis manual de relaciones entre planos y líneas: polos de planos; líneas contenidas en planos; cabeceos; intersecciones de planos; buzamientos reales y aparentes; proyección de líneas en planos.
- 3. Observación y clasificación de fábricas tectónicas** en muestras de mano y lámina delgada; identificación de elementos de fábrica y relación con elipsoides de deformación. **Sistema de representación de planos acotados.** Buzamientos reales y aparentes; problema de los tres puntos. Intersección de planos.
- 4. Proyección estereográfica (II).** Representación y análisis manual de conjuntos de datos; ajustes de conjuntos de líneas: ajustes a círculos mayores y círculos menores. Análisis geométrico y cinemático básico de pliegues flexurales. Rotaciones.
- 5. Proyección estereográfica (III).** Representación y análisis automático de conjuntos de datos mediante aplicaciones informáticas; ajustes automáticos de conjuntos de líneas; cálculo de orientaciones medias. Análisis geométrico y cinemático de pliegues de aplastamiento con foliación y lineaciones asociadas. Representación y análisis automático de datos picos estilolíticos, juntas de extensión y fallas.
- 6. Análisis de esfuerzos y mecánica de la fracturación** mediante círculo de Mohr en dos dimensiones.
- 7. Experimento de Riedel:** estudio empírico del desarrollo de zonas de cizalla semifrágil.
- 8. Cortes geológicos (II).** Realizados a partir de mapas geológicos con pliegues, cabalgamientos y discordancias.
- 9. Métodos de representación en 3D (I). Mapa de contornos estructurales.** Cálculo de saltos de falla.
- 10. Cortes geológicos (III).** Realizados a partir de mapas reales.

4: **Actividades en inglés**

Durante el desarrollo de la asignatura se plantea que el estudiante conozca y utilice los términos propios de Geología Estructural no sólo en español sino también en inglés. Con este objetivo además de ir introduciendo la terminología en las distintas actividades presenciales (fundamentalmente clases magistrales) algunas de las actividades anteriormente mencionadas se desarrollarán y trabajará fundamentalmente con documentación en inglés. En conjunto, estas actividades suponen 1 ECTS. Entre ellas destacamos las siguientes actividades, en las que se indican la equivalencia en ECTS estimada para cada una de ellas:

- **Jornada 5 de campo**, lectura de bibliografía recomendada y elaboración de la correspondiente memoria (0,7 créditos).

- **Sesiones de seminario:**

a) Estudio de casos a partir de lectura de bibliografía, análisis y discusión sobre guión-cuestionario y exposición/debate oral (0,2 ECTS; 2 horas presenciales).

b) Exposición y discusión de parte de los resultados del trabajo de campo (0,1 ECTS; 1 hora presencial).

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Planificación y calendario

Los 9 ECTS de la asignatura conllevan 90 horas de actividades presenciales, que se distribuyen en:

- 30 horas de clases teóricas (3 h semanales): L y M de 11-12 h y X de 10-11 h.
- 5 horas de sesiones de seminario: incluidas en el horario anterior.
- 25 horas de prácticas de gabinete, laboratorio y ordenador (1 sesión semanal, 10 sesiones): L, 16-18,30 h.
- 30 horas de prácticas de campo (4,5 jornadas):
 - + Jornada 1: Viernes, 7 de octubre.
 - + Jornada 2: Viernes, 4 de noviembre.
 - + Jornada 3: Viernes, 17 de noviembre.
 - + Jornada 4: viernes, 26 de noviembre.
 - + Jornada 5 (media jornada): Viernes, 16 de diciembre.

CALENDARIO PREVISTO:

- Primera semana de clase: Inicio de clases teóricas.
- Segunda semana de clase: Inicio clases prácticas.
- Cada 15 días entrega del cuestionario.
- Cada semana entrega de la práctica resuelta
- 07-10-11: Jornada 1 de campo: presentación de cuaderno.
- 04-11-11: Jornada 2 de campo: presentación de cuaderno.
- 17-11-11: Jornada 3 de campo: presentación de cuaderno.
- 26-11-11: Jornada 4 de campo: presentación de cuaderno.
- 16-12-11: Jornada 5 de campo: presentación de cuaderno.
- Diciembre-Enero: Entrega del informe de campo
- Enero-febrero 2012: Prueba escrita final/prueba global de evaluación.

HORARIO DE TUTORÍA:

Carlos Liesa: L, M, X, J de 13 -14 h y M y X de 9-10 h.

Bibliografía básica

Listado de manuales básicos de Geología Estructura

Listado de manuales básicos de Geología Estructural

Se destacan con negrita las cinco referencias básicas de la asignatura.

DAVIS, G. H. y REYNOLDS, S. J. (1996) *Structural Geology of rocks and regions*. John Wiley & Sons, 776 pp.

HOBBS, B.E.; MEANS, W.D. & WILLIAMS, P.F. (1976) *An Outline of Structural Geology*. John Wiley & Sons, 571 pp.
Traducido en Ed. Omega, 1981, 518 pp.

LISLE, R.J. (1988) *Geological structures and maps*. Pergamon Press, 150 pp.

LISLE, R. J. y LEYSHON, P. R. (2004) *Stereographic Projection Techniques for Geologists and Civil Engineers*. Cambridge University Press, 112 pp.

MARSHAK, S. y MITRA, G. (1988) *Basic Methods of Structural Geology*, Prentice-Hall, 446 pp.

MATTAUER, M. (1976) *Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre*. Omega, 524 pp.

McCLAY, K. R. (1987) *The mapping of geological structures*. Geol. Soc. of London, (Handbook Series), Open University Press,

161 pp.

PARK, R.G. (1989) *Foundations of Structural Geology*. Blackie Ed., 148 pp.

RAGAN, D.M. (1980) *Geología Estructural. Introducción a las técnicas geométricas*. Omega, 207 pp.

RAMSAY, J.G. (1977) *Plegamiento y fracturación de las rocas*. Blume, 590 pp.

RAMSAY, J.G. y HUBER, M.I. (1983) *The technics of modern Structural Geology. Vol. 1: Strain analysis*. Academic Press, pp. 1-307.

RAMSAY, J.G. y HUBER, M.I. (1987) *The technics of modern Structural Geology . Vol. 2: Folds and fractures*. Academic Press, pp. 308-700.

RAMSAY, J.G. y LISLE, R.J. (2000) *The technics of modern Structural Geology . Vol. 3: Application of continuous mechanics in structural geology* . Academic Press, pp. 701-1061.

TWISS, J. y MOORES, E. M. (1992) *Structural Geology*. W. H. Freeman & Company, 532 pp.

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Basic methods of structural geology. Part I, Elementary techniques / by Stephen Marshak, Gautam Mitra. Part II, Special topics. . Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, cop. 1988
- Davis, George Herbert. Structural geology of rocks and regions / George H. Davis, Stephen J. Reynolds . - 2nd ed. New York [etc.]: John Wiley & Sons, cop. 1996
- Hobbs, Bruce E.. An outline of structural geology / Bruce E. Hobbs, Winthrop D. Means, Paul F. Williams New York [etc.] : John Wiley & Sons, cop. 1976
- Hobbs, Bruce E.. Geología estructural / Bruce E. Hobbs, Winthrop D. Means, Paul F. Williams ; [traducido por Montserrat Domingo de Miró] Barcelona : Omega, D.L. 1981
- Lisle, Richard J.. Geological structures and maps : a practical guide / by Richard J. Lisle . - [1st ed.] Oxford [etc.] : Pergamon Press, 1988
- Lisle, Richard J.. Stereographic projection techniques for geologists and civil engineers/ Richard J. Lisle, Peter R. Leyshon . - 2nd ed. Cambridge: University Press, 2004
- Mattauer, Maurice. Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre / Maurice Mattauer ; [traducido por Mateo Gutiérrez Elorza y Jesús Aguado Sánchez] . - [2a ed.] Barcelona : Omega, D.L. 1989
- McClay, K.R.. The mapping of geological structures / K.R. McClay . - 1st ed., reprinted Chichester [etc.] : John Wiley and Sons, 1992
- Park, R.G.. Foundations of structural geology / R.G. Park . - 2nd ed. Glasgow [etc.] : Blackie, 1989
- Ragan, Donal M.. Geología estructural : introducción a las técnicas geométricas / Donal M. Ragan ; [traducido por Montserrat Domingo de Miró] . - [1a. reimpr.] Barcelona : Omega, 1987
- Ramsay, John G.. Plegamiento y fracturación de las rocas / John G. Ramsay ; versión española Fernando Bastida Ibáñez, Ignacio Gil Ibarguchi . - [1a ed.] Madrid : Hermann Blume, 1977
- Ramsay, John G.. The techniques of modern structural geology. Vol. 1, Strain analysis / John G. Ramsay, Martin I. Huber London [etc.] : Academic Press, 1983
- Ramsay, John G.. The techniques of modern structural geology. Vol. 2, Folds and fractures / John G. Ramsay, Martin I. Huber London [etc.] : Academic Press, 1987
- Ramsay, John G.. The techniques of modern structural geology. Vol. 3, Applications of continuum mechanics in structural geology / John G. Ramsay, Richard J. Lisle San Diego [etc.] : Academic Press, 2000
- Twiss, Robert J.. Structural geology / Robert J. Twiss, Eldridge M. Moores. New York : W.H. Freeman, cop. 1992.