

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

Información del Plan Docente

Año académico	2016/17
Centro académico	100 - Facultad de Ciencias
Titulación	296 - Graduado en Geología
Créditos	5.0
Curso	4
Periodo de impartición	Primer Semestre
Clase de asignatura	Optativa
Módulo	---

1. Información Básica

1.1. Recomendaciones para cursar esta asignatura

La asignatura requiere el desarrollo de habilidades de visión espacial, representación y análisis gráfico, capacidad de observación en el campo y reconstrucción evolutiva de las estructuras geológicas (*razonamiento cuatri-dimensional*). Su aprendizaje exigirá más esfuerzo de comprensión, razonamiento y aplicación que puramente memorístico. Se recomienda vivamente: (i) la asistencia y participación activa del alumno en las clases de teoría y prácticas; (ii) haber superado, antes de matricularse, la asignatura *Geología estructural* (26408) de 2º curso; (iii) conocimiento básico de inglés escrito.

1.2. Actividades y fechas clave de la asignatura

- Inicio y fin de clases: según calendario académico establecido por la Facultad de Ciencias y que se publica en la página Web de la Facultad. Las prácticas de gabinete empezarán la segunda semana.

- Horarios de clases teóricas y prácticas: según horario establecido por la Facultad de Ciencias y que se publica en la página Web de la Facultad.

- Fechas de prácticas de campo: según calendario establecido por la Comisión de Garantía de Calidad del Grado en Geología y que se publica en la página Web del Departamento de Ciencias de la Tierra.

- Fechas de examen: según calendario establecido por la Facultad de Ciencias publicado en la página Web de la Facultad.

Las fechas de entrega de cuestionarios, prácticas y memoria de campo se irán concretando a lo largo del curso, pero:

- Cada semana: entrega de respuestas a cuestionarios.

- Semanas 4ª, 8ª y 13ª del cuatrimestre: pruebas escritas parciales.

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

- 3ª semana de diciembre: entrega del trabajo de campo.
- Mediados de enero: entrega de la memoria global de prácticas de gabinete, laboratorio y ordenador.
- Periodos ordinarios de exámenes: prueba escrita final de evaluación continua y prueba global de evaluación.

Área de Geodinámica Interna, Dpto. de Ciencias de la Tierra

Edificio de Geología, planta 2ª, despacho 12

c.e: jsimon@unizar.es

teléfono: 976 76 10 95

HORARIO DE TUTORÍA: M, X, J, 11-13 h.

2.Inicio

2.1.Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- Conocer la terminología, mecanismos, características geométricas, cinemáticas y dinámicas de las deformaciones tectónicas desde escala microscópica a cartográfica (en español e inglés).
- Manejar con soltura las técnicas comunes de observación y toma de datos de las estructuras en campo; en particular, el uso de la brújula para la toma de orientaciones.
- Manejar con soltura las técnicas de representación de las estructuras (mapas, cortes, esquemas de campo, proyección estereográfica).
- Conocer y usar los métodos principales de análisis geométrico, cinemático y dinámico de las estructuras de deformación continua y discontinua.
- Conocer los criterios para aplicar los resultados del análisis estructural a la interpretación tectónica regional y a campos de interés económico (prospección de recursos, ingeniería geológica).
- Desarrollar hábitos y actitudes para el trabajo científico: localizar y procesar con sentido crítico información bibliográfica en español e inglés; dominar la comunicación oral y escrita de conocimientos y resultados en español, y de forma básica en inglés; mostrar iniciativa personal y capacidad de trabajo en equipo.

2.2.Introducción

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

Breve presentación de la asignatura

El Análisis Estructural es la parte de la Geología Estructural dedicada al estudio en detalle de los mecanismos de deformación de las rocas, a la caracterización geométrica y cinemática de la misma, y a la reconstrucción de los sistemas de esfuerzos con los que se relaciona. La asignatura hace hincapié en el aprendizaje y manejo de los principales métodos de observación y tratamiento de datos, y en su aplicación a problemas de tectónica regional, prospección de recursos o ingeniería geológica.

3.Contexto y competencias

3.1.Objetivos

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

El desarrollo de la asignatura se plantea en tres planos distintos:

- (a) Aprendizaje de aspectos conceptuales y metodológicos a través de actividades expositivas y razonamiento fundamentalmente deductivo. Aquí se inscriben los objetivos de conocer la terminología, clasificaciones, geometría, cinemática y dinámica de las deformaciones, así como las principales herramientas de representación y análisis.
- (b) Aplicación práctica de técnicas de representación y tratamiento de datos. Para ello se requiere desarrollar habilidades de observación y toma de datos, utilizar métodos de análisis de los mismos mediante técnicas gráficas e informáticas, y aplicar sus resultados a la interpretación tectónica regional y a campos de interés económico.
- (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. Ello requiere, a su vez, desarrollar la capacidad de aprendizaje autónomo, de trabajo en equipo, y de uso crítico de la información.

3.2.Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura forma parte, como materia optativa, del módulo *Geología aplicada*. Se enmarca en una línea de aprendizaje que, en cuanto a contenidos, se centra en el estudio de la estructura y dinámica cortical, y en el plano metodológico, en el manejo de técnicas de observación y representación del terreno y de elementos abstraídos del mismo a todas las escalas. En vertical, se conecta fundamentalmente con la asignatura obligatoria *Geología estructural* (2º curso, 26408, módulo *Fundamentos de geología*), representando la profundización y desarrollo de ésta en el plano metodológico y aplicado. Asimismo, se fundamenta en otras materias de 3er curso como *Cartografía geológica* (26416) y *Geofísica y tectónica global* (26418). En horizontal, se coordina y conecta con las siguientes asignaturas de 4º curso: *Geotecnia y prospección geofísica* (26425, obligatoria, módulo *Geología aplicada*), *Tectónica: cuencas y orógenos* (26442, optativa, módulo *Fundamentos de geología*) e *Ingeniería geológica* (26436, optativa, módulo *Geología aplicada*).

Como aspecto transversal, 1 crédito ECTS de la asignatura se desarrolla en inglés, contribuyendo de ese modo a la consecución del objetivo global que se exige al estudiante en tal sentido en el conjunto del Grado.

3.3.Competencias

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

- Identificar y describir los distintos tipos de macro-, meso- y microestructuras tectónicas y sus elementos constituyentes en el campo, en muestra de mano y en lámina delgada, y clasificarlas desde el punto de vista morfológico y genético.
- Aplicar los métodos de análisis geométrico, cinemático y dinámico más adecuados a cada tipo de estructura y en

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

función de los datos disponibles.

- Tomar datos estructurales en el campo: hacer observaciones a escala cartográfica y de afloramiento, realizar cortes y esquemas, tomar orientaciones con la brújula.
- Aplicar las principales técnicas de representación, análisis, tratamiento gráfico y tratamiento estadístico de los datos de geometría y orientación de las estructuras: proyección estereográfica, planos acotados, cortes estructurales, bloques diagrama, mapas de contornos.
- Reconstruir los mecanismos genéticos de las estructuras reales, su evolución cinemática, su contexto dinámico y las relaciones genéticas y cronológicas entre estructuras a todas las escalas.
- Interpretar los estados de esfuerzos locales bajo los que se desarrollaron las estructuras discontinuas; reconstruir los campos de esfuerzos regionales y relacionarlos con los modelos tectónicos regionales.
- Aplicar los resultados del análisis de estructuras a la interpretación tectónica regional, a la prospección de recursos del subsuelo y a la caracterización geomecánica del terreno.
- Localizar y procesar con sentido crítico información bibliográfica en español e inglés; comunicar oralmente y por escrito conocimientos y resultados de investigación en español e inglés; trabajar en equipo.

3.4. Importancia de los resultados de aprendizaje

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. Si el aprendizaje de los conceptos y técnicas básicas de esta disciplina se produce ya en la Geología estructural de 2º curso, el desarrollo completo de la metodología de trabajo a pequeña y mediana escala y de sus aplicaciones constituye el objetivo específico del Análisis estructural.

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.

El Análisis estructural tiene, a la vez, importantes aplicaciones tecnológicas, algunas de ellas de forma directa, y otras a través de su aplicación a las reconstrucciones tectónicas. 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 macro- y mesoestructuras. 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 vertientes o colapsos kársticos, requiere también conocer la estructura de los materiales y aprender a detectar en ellos paleodeformaciones que puedan ser precursoras de los procesos actuales.

4. Evaluación

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

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

(a) EVALUACIÓN CONTINUA

(modalidad de evaluación prevista para los estudiantes que sigan el desarrollo normal de la asignatura de forma presencial)

a.1) **Respuestas a cuestionarios.** En ciclos de periodicidad aproximadamente semanal, los alumnos reciben una hoja en la que se plantean: (i) cuestiones teóricas sobre aspectos conceptuales o metodológicos, (ii) breves ejercicios prácticos. Todo ello deben resolverlo, individualmente o en grupo para luego responderlo por escrito y ponerlo en común en clase. Un 20 % de las cuestiones se plantean y resuelven en inglés. Se evalúan resultados de aprendizaje 1, 4, 5 y 6.

a.2) **Memoria de prácticas de gabinete, laboratorio y ordenador.** El estudiante va elaborando semanalmente los resultados de las prácticas, recomendándose que éstos sean revisados con el profesor en las horas de tutoría. Al final de la asignatura se entrega una memoria global de prácticas. Se evalúan resultados de aprendizaje 3, 4 y 5.

a.3) **Memoria y exposición oral del trabajo de campo .** Tras cada jornada de campo, el estudiante entrega el cuaderno de notas para su revisión. Tras cumplirse el programa de excursiones, se elaboran los resultados, recomendándose asimismo su seguimiento por el profesor en las horas de tutoría. Antes del periodo de exámenes, se entrega una memoria del trabajo de campo (con un resumen en inglés), que se expone asimismo oralmente (en inglés y español) en una sesión de seminario. Se evalúan resultados de aprendizaje 2, 3, 4, 5 y 6.

a.4) **Pruebas escritas parciales .** Durante las semanas 4^a, 8^a y 13^a del cuatrimestre se realizan sendas pruebas escritas correspondientes a cada una de las tres partes de que consta el programa de la asignatura. Dichas pruebas consisten en cuestiones y ejercicios prácticos breves de carácter básico, para cuya realización el alumno puede disponer de los apuntes y libros que desee. Un 20 % de las cuestiones se plantean y resuelven en inglés. Se evalúan resultados de aprendizaje 1, 4, 5 y 6.

a.5) **Prueba escrita final .** En el periodo ordinario de exámenes se realiza una prueba escrita final que consta de dos partes: (1^a) cuestiones y ejercicios prácticos breves de carácter básico (un 20 %, en inglés); (2^a) ejercicio abierto consistente en la interpretación de un caso real, a partir de datos de campo, información gráfica y bibliografía en español e inglés. Para su realización, el alumno puede disponer de los apuntes y libros que desee. La parte 1^a no será obligatoria para aquellos alumnos que hayan superado las pruebas escritas parciales. Se evalúan resultados de aprendizaje 1, 4, 5 y 6.

(b) PRUEBA GLOBAL DE EVALUACIÓN

(modalidad de evaluación prevista para los estudiantes que no hayan seguido el desarrollo de la asignatura de forma presencial, o para aquellos otros que, aun habiéndolo hecho, deseen acogerse a su derecho a una evaluación global)

b.1) **Prueba escrita global .** Igual o similar a la prueba escrita final prevista para la evaluación continua (partes 1^a y 2^a). Se evalúan resultados de aprendizaje 1, 4, 5 y 6.

b.2) **Resolución de un caso práctico,** análogo a uno de los abordados en las clases prácticas de gabinete, laboratorio y ordenador. Se evalúan resultados de aprendizaje 3, 4 y 5.

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

b.3) **Resolución de un caso real a partir de información de campo** . Se proporciona al estudiante información de campo en forma de fotografías, muestras de mano, descripciones y datos de orientaciones de estructuras. De todo ello debe hacerse un análisis e interpretación, un resumen de resultados en inglés y una **exposición oral en inglés y español** . Se evalúan resultados de aprendizaje 2, 3, 4, 5 y 6.

Criterios de Evaluación

(a) Criterios en la modalidad de evaluación continua

(a.1) Requisitos para superar la asignatura en evaluación continua :

1º) Entregar regularmente las respuestas a los cuestionarios y participar activamente en la puesta en común de resultados.

2º) Asistir, salvo causa justificada, a las dos jornadas de campo, presentando el cuaderno al terminar cada una de ellas.

3º) Entregar correctamente la memoria final de prácticas de campo y exponer oralmente un resumen de la misma.

4º) Superar cada una de las tres pruebas escritas parciales, o en su defecto la parte 1ª de la prueba final, con una puntuación del 65%.

5º) Superar la parte 2ª de la prueba escrita final con una puntuación del 50%.

(a.2) Baremo de puntuación final en evaluación continua :

- Respuestas a cuestionarios: 14 %
- Memoria de prácticas de gabinete, laboratorio y ordenador: 16 %
- Cuaderno: 4 %
- Memoria del trabajo de campo: 10 %
- Exposiciones orales (sobre cuestionarios y trabajo de campo): 6 %
- Pruebas escritas parciales / Prueba final, parte 1ª (8+12+15%): 35 %
- Prueba final escrita, parte 2ª: 15 %

(b) Criterios en la modalidad de evaluación global

(b.1) Requisitos para superar la asignatura en evaluación global :

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

1º) Superar la parte 1ª de la prueba escrita global (apartado b.1 de la prueba global de evaluación) con una puntuación del 65%.

2º) Superar la parte 2ª de la prueba escrita global (apartado b.1 de la prueba global de evaluación) con una puntuación del 50%.

3º) Superar la resolución del caso práctico y del caso real de campo (apartados b.2 y b.3 de la prueba global de evaluación) con una puntuación global del 50%.

(b.2) Baremo de puntuación de la prueba global de evaluación :

- Prueba escrita global (apartado b.1), parte 1ª: 49 %
- Prueba escrita global (apartado b.1), parte 2ª: 15 %
- Resolución de caso práctico (apartado b.2): 16 %
- Resolución y exposición oral de caso de campo (apartado b.3): 20 %

(c) Consideración final

Teniendo en cuenta el elevado número de pruebas y actividades que son objeto de evaluación, y la posibilidad de que su grado de exigencia y los criterios de aplicación del baremo no sean homogéneos con los de cursos anteriores, la calificación numérica obtenida por cada alumno podrá ser corregida al alza a fin de conseguir armonizar dichas calificaciones. En todo caso, dicha corrección no será arbitraria, y representará el mismo incremento porcentual para todos los estudiantes que hayan cumplido los requisitos para superar la asignatura.

5.Actividades y recursos

5.1.Presentación metodológica general

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

Al tratarse de una materia optativa de carácter aplicado, se presta especial atención al aprendizaje práctico, autónomo y significativo. El programa de la asignatura no se considera como un fin en sí mismo, sino como un marco en el que se desarrolla el trabajo personal del estudiante, desde una actitud activa y participativa. Los estudiantes disponen de apuntes y otros materiales que deben servir de base a su trabajo, y de referencias bibliográficas (fundamentalmente en inglés) para ampliar información. Con ello, el tiempo que se destina a clases magistrales meramente expositivas se reduce al máximo, en beneficio del estudio de casos, resolución de cuestiones de forma participativa, sesiones de seminario y trabajos prácticos. De ahí que se evalúen fundamentalmente las actividades de aplicación y de investigación empírica, y que las pruebas escritas se realicen disponiendo del material de consulta que se desee.

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 los ejercicios de los cuestionarios; (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.

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

5.2. Actividades de aprendizaje

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

ACTIVIDAD 1: Aprendizaje de los aspectos conceptuales, descriptivos y genéticos de las macro-, meso- y microestructuras tectónicas. Aprendizaje de métodos avanzados de representación y análisis geométrico, cinemático y dinámico.

Metodología :

- **Clases magistrales participativas** (2 ECTS; 20 horas presenciales).

- **Seminarios** : estudio de casos en grupo sobre guión-cuestionario y bibliografía en inglés, incluyendo profundización en temas especializados no tratados en clase (0,3 ECTS; 2 sesiones presenciales de 1 h 30').

ACTIVIDAD 2: Manejo de métodos avanzados de representación y análisis geométrico, cinemático y dinámico de meso- y microestructuras.

Metodología :

- **Prácticas de gabinete** (0,525 ECTS; 3 sesiones presenciales de 1 h 45').

- **Prácticas de laboratorio** (0,35 ECTS; 2 sesiones presenciales de 1 h 45').

- **Prácticas de ordenador** (0,525 ECTS; 3 sesiones presenciales de 1 h 45').

ACTIVIDAD 3: Trabajo práctico de aplicación del análisis de meso- y microestructuras.

Metodología :

- **Prácticas de campo** (1,2 ECTS; 2 jornadas de 6 h presenciales netas).

- **Seminarios de presentación y discusión de trabajos** (0,1 ECTS; 1 sesión presencial de 1 h).

ACTIVIDADES EN INGLÉS

Actividades que se desarrollarán en inglés (oral o escrito), representando globalmente para el estudiante 1 ECTS

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

- Respuestas a cuestionarios (actividad de evaluación a.1): un 20 % de las cuestiones se plantean y resuelven en inglés; manejo de la bibliografía de consulta en inglés.
- Seminarios de estudio de casos: manejo de la bibliografía en inglés.
- Prácticas 2 y 4: desarrollo presencial en inglés.
- Memoria y exposición oral del trabajo de campo (actividad de evaluación a.3): resumen de la memoria del trabajo de campo y exposición oral en seminario; manejo de bibliografía complementaria en inglés
- Pruebas escritas parciales (actividad de evaluación a.4) y prueba escrita final (actividad de evaluación a.5), parte 1ª: un 20 % de las cuestiones se plantean y resuelven en inglés.
- Prueba escrita final (actividad de evaluación a.5), parte 2ª: se resuelve a partir de bibliografía en inglés y/o se plantean en inglés un 20% de las cuestiones.
- Prueba escrita global (actividad de evaluación b.1): en los mismos términos que la prueba escrita final (a.5).
- Resolución de un caso real a partir de información de campo (actividad de evaluación b.3): resumen de resultados y exposición oral en inglés.

5.3.Programa

I. TEORÍA: PROGRAMA DE CONTENIDOS

Parte primera : Deformación continua y fábricas tectónicas

1 . Esfuerzo, deformación y comportamiento reológico de las rocas . Conceptos de deformación y esfuerzo. Relaciones esfuerzo-deformación.

2 . Deformación homogénea en dos dimensiones . Parámetros numéricos de la deformación. La elipse de deformación. Aproximación al análisis cuantitativo.

3. Cizalla simple homogénea. Análisis a partir de marcadores pasivos y activos. Deformación progresiva.

4 . Deformación homogénea en tres dimensiones . El elipsoide de deformación. Orientaciones preferentes de planos y líneas producidas por deformación. Fábricas planares y lineares en relación con el elipsoide de deformación.

5 . Fábricas tectónicas: clasificaciones y mecanismos genéticos. Foliaciones continuas y discontinuas. Mecanismos de deformación a escala textural y de red cristalina.

6 . Análisis de zonas de cizalla dúctil . Características geométricas y cinemáticas. Análisis a partir de marcadores pasivos y de fábricas de deformación interna.

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

Parte segunda : Análisis de pliegues

7 . Análisis geométrico de pliegues . Elementos geométricos; determinación del eje y plano axial. Clasificaciones geométricas de pliegues.

8 . Análisis cinemático de pliegues (I) . Clasificaciones genéticas de pliegues. **Pliegues de buckling** . Análisis de la deformación interna de las capas: deformación de flanco y de charnela.

9 . Análisis cinemático de pliegues (II) . **Pliegues de bending** ; p liegues de acomodación asociados a cabalgamientos y fallas normales. Pliegues de *kink* .

10 . Análisis cinemático de pliegues (III) . **Pliegues de flexión y aplastamiento** . Análisis básico en casos monofásicos. Cuantificación del aplastamiento. Interpretación de mecanismos a partir de la deformación interna de las capas.

11 . Análisis de plegamiento polifásico . Modelos de superposición de Ramsay en pliegues pasivos. Análisis de foliaciones y lineaciones superpuestas. Superposición de pliegues flexurales.

Parte tercera : Deformación discontinua y análisis de paleoesfuerzos

12 . Análisis de esfuerzos en dos dimensiones . Vectores y tensor de esfuerzos en dos dimensiones. Elipse de esfuerzos. El círculo de Mohr.

13 . Mecánica de la fracturación de las rocas (I) . Rotura por cizalla: criterio de fractura de Mohr-Coulomb. Rotura por tracción: teoría de Griffith.

14 . Mecánica de la fracturación de las rocas (II) . Influencia de la presión de fluidos. Deslizamiento sobre discontinuidades previas.

15 . Juntas estilolíticas y juntas de extensión. Criterios básicos de análisis de estructuras discontinuas. Análisis geométrico, cinemático y dinámico de juntas estilolíticas y juntas de extensión.

16 . Análisis de fallas (I) . Aspectos geométricos. Aspectos cinemáticos: clasificaciones; determinación de la dirección, sentido y magnitud del desplazamiento. Rocas de falla.

17 . Análisis de fallas (II) . Conceptos básicos de esfuerzos en tres dimensiones. Análisis dinámico de fallas: el modelo de Anderson de fallas conjugadas. Métodos de análisis poblacional: interpretación de tensores desviatorios de esfuerzos.

18 . Análisis de diaclasas . Análisis geométrico: orientación, tamaño, espaciado. Análisis fractográfico: ornamentaciones y microestructuras asociadas. Interacciones entre diaclasas y cronología relativa. Análisis dinámico.

19 . Reconstrucción de campos de esfuerzos . Campo litostático. Campos de esfuerzos tectónicos. Perturbaciones en

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

extremos y zonas de relevo de fallas.

20 . Análisis de zonas de cizalla semifrágil . El experimento de Riedel: fracturas R y R'. Otras estructuras secundarias y su relación con el elipsoide de deformación y de esfuerzos. Deformación progresiva en zonas de cizalla semifrágil.

II. PROGRAMA DE PRÁCTICAS DE GABINETE (G), LABORATORIO (L) Y ORDENADOR (O)

- 1 . Análisis geométrico y cinemático de la deformación por cizalla simple (G).
- 2 . Observación y clasificación de fábricas tectónicas sobre muestras de mano (L, en inglés).
- 3 . Análisis de estructuras de deformación dúctil en proyección estereográfica (O).
- 4 . Análisis geométrico y cinemático de pliegues en proyección estereográfica (I) (O, en inglés).
- 5 . Análisis geométrico y cinemático de pliegues en proyección estereográfica (II) (O).
- 6 . Análisis de esfuerzos en círculo de Mohr (G).
- 7 . Ejercicios sobre mecánica de la fracturación (G).
- 8 . Análisis de estructuras discontinuas: estilolitos, juntas de extensión, fallas conjugadas (O).

III. PROGRAMA DE PRÁCTICAS DE CAMPO:

1ª JORNADA (mediados de octubre): Estudio de pliegues y mesoestructuras dúctiles asociadas en el *flysch* eoceno del Pirineo (Valle de Hecho).

2ª JORNADA (mediados de diciembre): Estudio de la fracturación (fallas, diaclasas) en el Mioceno de la **Cuenca del Ebro** (Tudela-Fustiñana).

5.4. Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Los 5 ECTS de la asignatura conllevan 50 horas de actividades presenciales, que se distribuyen en:

- 20 horas de clases teóricas (2 sesiones semanales de 1 h).
- 14 horas de prácticas de gabinete, laboratorio y ordenador (1 sesión semanal, 8 sesiones de 1h 45').

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

- 4 horas de sesiones de seminario (2 sesiones de 1h 30' y 1 sesión de 1 h), incluidas en los horarios anteriores.
- 12 horas de prácticas de campo (2 jornadas):
- Existen, además, 6 horas semanales de atención en tutoría .

Calendario previsto aproximado:

- 3ª semana de septiembre: inicio de clases teóricas.
- 4ª semana de septiembre: inicio de clases prácticas.
- 3ª semana de octubre: prueba escrita parcial 1ª.
- 2ª semana de octubre: jornada de campo 1ª.
- 3ª semana de noviembre: prueba escrita parcial 2ª.
- 2ª semana de diciembre: jornada de campo 2ª.
- 2ª semana de diciembre: prueba escrita parcial 3ª.
- Mediados de enero: fin de clases teóricas y prácticas; entrega de la memoria global de prácticas.
- Periodos ordinarios de exámenes: prueba escrita final de evaluación continua y prueba global de evaluación.

5.5. Bibliografía y recursos recomendados

- | | |
|-----------|---|
| BB | 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 |
| BB | 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 |
| BB | Fossen, Haakon. Structural geology / Haakon Fossen Cambridge : Cambridge University Press, 2010 |

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

- BB** 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
- BB** Lisle, Richard J.. Geological structures and maps : a practical guide / by Richard J. Lisle . - [1st ed.] Oxford [etc.] : Pergamon Press, 1988
- BB** Lisle, Richard J.. Stereographic projection techniques for geologists and civil engineers/ Richard J. Lisle, Peter R. Leyshon . - 2nd ed. Cambridge: University Press, 2004
- BB** MacClay, K.R.. The mapping of geological structures / K. R. McClay . - [1st. ed.] Milton Keynes : Open University Press ; New York : Halsted Press, 1989
- BB** 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
- BB** Park, R.G.. Foundations of structural geology / R.G. Park . - 2nd ed. Glasgow [etc.] : Blackie, 1989
- BB** Ragan, Donal M.. Structural geology : an introduction to geometrical techniques / Donal M. Ragan . - 2nd ed. New York [etc.] : John Wiley & Sons, 1973
- BB** 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
- BB** Ramsay, John G.. The techniques of modern structural geology. Vol. 1, Strain analysis / John G. Ramsay, Martin I. Huber London [etc.] : Academic Press, 1983
- BB** Ramsay, John G.. The techniques of modern structural geology. Vol. 2, Folds

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

and fractures / John G. Ramsay, Martin I. Huber London [etc.] : Academic Press, 1987

BB

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

BB

Twiss, Robert J.. Structural geology / Robert J. Twiss, Eldridge M. Moores. New York : W.H. Freeman, cop. 1992.