Universidad Zaragoza

Curso Académico: 2022/23

26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones

Información del Plan Docente

Año académico: 2022/23
Asignatura: 26430 - Análisis estructural: técnicas y aplicaciones
Centro académico: 100 - Facultad de Ciencias
Titulación: 296 - Graduado en Geología
588 - Graduado en Geología
Créditos: 5.0
Curso: 4
Periodo de impartición: Primer semestre
Clase de asignatura: Optativa
Materia:

1. Información Básica

1.1. Objetivos de la asignatura

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

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.

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.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas (https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/), de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia para contribuir en cierta medida a su logro:

- ODS 3: Salud y bienestar
- ODS 4: Educación de calidad
- ODS 6: Agua limpia y saneamiento
- ODS 7: Energía asequible y no contaminante
- ODS 11: Ciudades y comunidades seguras y sostenibles

1.2. 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 tercer curso como *Cartografía geológica* (26416) y *Geofísica y tectónica global* (26418). En horizontal, se coordina y conecta con las siguientes asignaturas de cuarto 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*).

1.3. Recomendaciones para cursar la 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.

2. Competencias y resultados de aprendizaje

2.1. 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 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.

- Utilizar el método hipotético-deductivo como método de investigación, y a partir de él hacer una reflexión crítica sobre los procesos de adquisición y transferencia del conocimiento.

- 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.

2.2. Resultados de aprendizaje

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

1) Conocer la terminología, mecanismos, características geométricas, cinemáticas y dinámicas de las deformaciones tectónicas desde escala microscópica a cartográfica (en español e inglés).

2) 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.

3) Manejar con soltura las técnicas de representación de las estructuras (mapas, cortes, esquemas de campo, proyección estereográfica).

4) Conocer y usar los métodos principales de análisis geométrico, cinemático y dinámico de las estructuras de deformación continua y discontinua.

5) 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).

6) 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.

2.3. 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 los recursos del subsuelo precisa del estudio en profundidad de las estructuras tectónicas. 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 deformaciones antiguas que puedan ser precursoras de los procesos actuales.

3. Evaluación

3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

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

(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.** Durante muchas de las clases teóricas, los alumnos reciben el encargo de resolver cuestiones teóricas o breves ejercicios prácticos. Los resultados son sometidos a discusión en clase y, en muchos casos, a autocorrección. Algunos de los cuestionarios se plantean y resuelven en inglés. Se evalúan resultados de aprendizaje 1, 2, 3 y 4.

a.2) **Cuaderno de trabajos prácticos y exposición oral.** Siguiendo una metodología de aprendizaje basada en el estudio de casos, el estudiante va llevando un registro de los trabajos desarrollados mediante un método hipotético-deductivo. En él se recogen las hipótesis y su proceso de contrastación, destacando el papel que juega en todo ello el análisis estructural. En la memoria final se incluyen los resultados obtenidos en las dos jornadas de campo, vinculadas respectivamente al estudio de los casos 1 y 3. Tras cada jornada, el estudiante entrega asimismo el cuaderno de campo para su revisión. A la vuelta de las vacaciones de Navidad se entrega ese cuaderno, y su contenido es objeto de una breve exposición oral compartida por todos los estudiantes en una sesión de seminario. Se evalúan resultados de aprendizaje 2, 3, 4, 5 y 6.

a.3) **Pruebas escritas parciales**. Aproximadamente durante las semanas 4ª, 8ª y 13ª del cuatrimestre se realizan tres pruebas escritas correspondientes a cada una de las 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. Algunos de los ejercicios se plantean y resuelven en inglés. Se evalúan resultados de aprendizaje 1, 4, 5 y 6.

a.4) **Prueba escrita final**. En el periodo ordinario de exámenes se realiza una prueba escrita final que consta de dos partes: (1ª) cuestiones y ejercicios prácticos breves de carácter básico (algunos en inglés); (2ª) ejercicio abierto de interpretación y discusión 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 1ª no es 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 1ª y 2ª). 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.

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 **breve exposición oral**. 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:

1) Entregar regularmente las respuestas a los cuestionarios (al menos, 12 de ellos).

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

3) Entregar correctamente el cuaderno de trabajos prácticos, incluyendo los resultados del trabajo de campo, y exponer oralmente un resumen de su contenido.

4) 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%.

5) 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: 18 %
- Cuaderno de trabajos prácticos: 22 %
- Cuaderno de campo: 4 %
- Exposición oral de trabajos prácticos: 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:

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

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

3) 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: 53 %
- 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): 16 %

(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.

4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

4.1. 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 problemas 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 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.

4.2. 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 (0,3 ECTS; 3 horas presenciales).

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

Metodología:

- **Prácticas de gabinete** (0,5 ECTS; 5 horas presenciales).
- **Prácticas de laboratorio** (0,4 ECTS; 4 horas presenciales).
- **Prácticas de ordenador** (0,5 ECTS; 5 horas presenciales).

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

Metodología:

- **Prácticas de campo** (1 ECTS; 2 jornadas de 5 h presenciales cada una).
- **Seminarios de presentación y discusión de trabajos** (0,3 ECTS; 3 horas presenciales).

Nota final: todas las actividades, docentes y de evaluación de la asignatura se realizarán de modo presencial, salvo que la situación sanitaria lo impida y/o las disposiciones emitidas por la universidad dispongan otro modo de llevarlas a cabo.

4.3. 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.

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*;** pliegues 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: clasifica-ciones; 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 microstructuras asociadas. Interacciones entre diaclasas y cronología relativa. Análisis dinámico.

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

II.A) RESOLUCIÓN DE CUESTIONES (G):

16 ejercicios breves para realizar en clase o en casa. Intercalados y vinculados directamente con los sucesivos temas de teoría.

II.B) ESTUDIO DE CASOS SIGUIENDO EL MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO (G, L, O):

1. Análisis geométrico y cinemático de pliegues flexurales (vinculado a jornada campo 1ª).

2. Análisis geométrico y cinemático de pliegues de flexión y aplastamiento.

3. Análisis de estructuras discontinuas: fallas y diaclasas (vinculado a jornada campo 2ª).

4. Análisis cinemático de cabalgamientos.

III. PROGRAMA DE PRÁCTICAS DE CAMPO:

1ª JORNADA (2ª semana de octubre): Estudio geométrico y cinemático de pliegues y cabalgamientos en la Cordillera Ibérica.

2ª JORNADA (1ª semana de diciembre): Estudio de la fracturación (fallas, diaclasas) en la Cuenca del Ebro.

4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Los 5 ECTS de la asignaturaconllevan 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 (7 sesiones de 2 h).
- 6 horas de sesiones de seminario (3 sesiones de 2 h).
- 10 horas de prácticas de campo (2 jornadas).
- Existen, además, 6 horas semanales de atención en tutoría.

Calendario previsto aproximado:

- 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.

Otras fechas de referencia:

- Cada semana: entrega de respuestas a cuestionarios.
- Semanas 4ª, 8ª y 13ª del semestre, aproximadamente: pruebas escritas parciales
- Tercera semana de diciembre: entrega del cuaderno de trabajos prácticos.

4.5. Bibliografía y recursos recomendados

http://psfunizar10.unizar.es/br13/egAsignaturas.php?codigo=26430&Identificador=C74882