

## Guía docente

### 2500219 - GEA0219 - Geomecánica

Última modificación: 01/10/2023

**Unidad responsable:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona

**Unidad que imparte:** 751 - DECA - Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL (Plan 2020). (Asignatura obligatoria).

**Curso:** 2023

**Créditos ECTS:** 6.0

**Idiomas:** Catalán

#### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** SEBASTIAN OLIVELLA PASTALLE

**Otros:** SEBASTIAN OLIVELLA PASTALLE, ANNA RAMON TARRAGONA

#### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

##### Específicas:

14446. Resolver problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería aplicando conocimientos sobre: álgebra lineal, geometría, geometría diferencial, cálculo diferencial e integral, optimización, ecuaciones diferenciales ordinarias.

14447. Obtener conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y cálculo numérico básico y aplicado a la ingeniería.

14448. Manejar los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica y termodinámica, concepto de campo y transferencia de calor, y aplicarlos para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

14450. Describir el funcionamiento global del planeta: atmósfera, hidrosfera, litosfera, biosfera, antroposfera, ciclos biogeoquímicos (C, N, P, S), morfología del terreno y aplicarlo a problemas relacionados con la geología, la geotécnica, la edafología y la climatología.

14453. Describir y aplicar las técnicas de análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos; integrar las evidencias experimentales encontradas en datos de campo y/o laboratorio con los conocimientos teóricos e interpretar sus resultados.

14457. Identificar los fundamentos de teoría de estructuras, de procedimientos sostenibles de construcción y desmantelamiento de edificios y obras civiles; y describir las bases de la tecnología de los materiales usados en construcción.

14458. Aplicar las metodologías de estudios y evaluaciones de impacto ambiental y, en general, de tecnologías ambientales, sostenibilidad y tratamiento de residuos y del manejo de estándares internacionales de calidad ambiental. Análisis del ciclo de vida, huella de carbono y huella hídrica y evaluar riesgos naturales (inundaciones fluviales, costeras, sequías, incendios, erosión del suelo y deslizamientos de tierras).

14459. Describir los componentes y modos de transporte y la repercusión de sus externalidades en el medio ambiente; identificar los principios de gestión ambiental de los sistemas de transporte y planificación sostenible del territorio; e introducir las herramientas para la gestión y operación de los sistemas de transporte.

14461. Analizar, diseñar, simular y optimizar procesos y sistemas con relevancia ambiental, tanto naturales como artificiales y sus técnicas de resolución, así como reconocer técnicas de análisis y evaluación del cambio climático.

14465. Identificar las técnicas de generación de energía renovable y concepto de transición energética.

##### Genéricas:

14440. Identificar, formular y resolver problemas vinculados a la ingeniería ambiental.

14441. Aplicar las funciones de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, construcción, mantenimiento, conservación y explotación de cualquier actuación en el territorio en el ámbito de la ingeniería ambiental.

14442. Emplear en cualquier actuación en el territorio métodos contrastados y tecnologías acreditadas, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia el respeto por el medio ambiente y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y usuarios.

## METODOLOGÍAS DOCENTES

---

La asignatura consta de 2.3 horas a la semana de clases presenciales en un aula (grupo grande) y 1.2 horas semanales con la mitad de los estudiantes (grupo mediano).

Se dedican a clases teóricas 2.3 horas en un grupo grande, en él que el profesorado expone los conceptos y materiales básicos de la materia, presenta ejemplos y realiza ejercicios.

Se dedican 1.2 horas (Grupo mediano), a la resolución de problemas con una mayor interacción con los estudiantes. Se realizan ejercicios prácticos con el fin de consolidar los objetivos de aprendizaje generales y específicos.

El resto de horas semanales se dedican a las prácticas de laboratorio.

Se utiliza material de apoyo en formato de plan docente detallado mediante el campus virtual ATENEA: contenidos, programación de actividades de evaluación y de aprendizaje dirigido y bibliografía.

Aunque la mayoría de las sesiones se impartirán en el idioma indicado en la guía, puede que las sesiones en las que se cuente con el apoyo de otros expertos invitados puntualmente se lleven a cabo en otro idioma.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

---

Propiedades básicas de los suelos y las rocas. Suelos arenosos y suelos arcillosos. Permeabilidad, deformabilidad y resistencia de geo-materiales. Movimiento de agua y vapor en medio poroso no saturado y deformable. Drenaje en instalaciones. Compactación de suelos. Terraplenes y taludes. Barreras de aislamiento. Introducción a la geotecnia ambiental: geotermia, inyección de fluidos, almacenamiento de residuos, presas de tierras, geomembranas y geotextiles para el aislamiento, embalses de residuos mineros.

1. Conocer los fundamentos de la geomecánica y comportamiento mecánico del suelo.
2. Conocer la relación entre la geomecánica y la energía en líquidos y gases, energía nuclear y energía y rocas salinas.
3. Entender problemas prácticos geoambientales y las soluciones y actuaciones aplicadas.

Geomecánica. En esta asignatura se estudian las bases de la geomecánica para entender el aprovechamiento y almacenamiento de energía en el terreno (energía geotérmica). Se tratan también aspectos de la energía en líquidos y gases, energía nuclear y energía en rocas salinas desde el punto de vista de la geomecánica.

Propiedades básicas del terreno. Permeabilidad, deformabilidad y resistencia geo-materiales. Movimiento de agua y vapor en medio poroso no saturado y deformable. Drenaje en instalaciones. Compactación de suelos. Terraplenes y taludes. Barreras de aislamiento. Introducción a la geotecnia ambiental: geotermia, inyección de fluidos, almacenamiento de residuos, tomas de tierras, geomembranas y geotextiles para el aislamiento, embalses de residuos mineros. Geomecánica. En esta asignatura se estudian las bases de la geomecánica para entender diferentes problemas geoambientales algunos de los cuales están vinculados a la gestión del ciclo de la energía.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

---

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	90,0	60.00
Horas grupo mediano	15,0	10.00
Horas grupo pequeño	15,0	10.00
Horas grupo grande	30,0	20.00

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### Tema 1. Introducción a la asignatura

**Descripción:**

Objeto de la geomecánica, la geotecnia y la ingeniería del terreno. Organización de la asignatura y documentación

**Objetivos específicos:**

Conocimiento básico de los principales tipos de problemas que se plantean y resuelven en la asignatura y de los aspectos generales de su organización (enfoque, desarrollo de las clases, programa, bibliografía y evaluación).

**Dedicación:** 4h 48m

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h 48m

### Tema 2. Propiedades básicas de los suelos. Identificación y clasificación

**Descripción:**

Formación y naturaleza del suelo. ECAL de observación. Fases del suelo. Tipos básicos de suelos Granulometría Consistencia del suelo. Límites. Sistema de clasificación de los suelos Comportamiento básicos de los suelos.

Ejercicios del tema 2, complementados con conceptos adicionales de teoría

**Objetivos específicos:**

Conocimiento, comprensión y capacidad de razonamiento y resolución de ejercicios en relación con la cuantificación del estado de un suelo. Se trata de determinar la relación entre pesos y volúmenes de las diferentes fases que lo integran. El estudiante deberá entender que el suelo es un medio poroso en el que los intersticios dejados por las partículas minerales que lo componen (fase sólida) puede haber agua líquida y / o aire (fases líquida o gas respectivamente). Deberá conocerse los ensayos cuyo objetivo es identificar y clasificar un suelo real mediante los criterios de clasificación aceptados en el entorno geotécnico y algunos aspectos sobre deformación y movimiento del agua en el interior del suelo que se indicarán de manera intuitiva.

Práctica y profundización de los conceptos, conocimientos y desarrollos del tema 2

**Dedicación:** 9h 36m

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 5h 36m

### Tema 3. Tensiones y deformaciones. Tensión efectiva.

**Descripción:**

Definición de tensiones y deformaciones. Principio de tensiones efectivas. Invariantes de tensiones y deformaciones. Estado tensional en terreno horizontal

Ejercicios del tema 3, complementados con conceptos adicionales de teoría

**Objetivos específicos:**

Conocimiento, comprensión y capacidad de razonamiento y resolución de ejercicios y problemas en relación con los siguientes aspectos: unidades de la tensión en el SI y otros, tensiones totales y tensiones efectivas, círculos de Mohr, invariantes de la matriz de tensiones y deformaciones, trayectorias de tensiones en planos de invariantes (confinamiento y tensión de corte), y leyes de tensiones en condiciones unidimensionales. Justificación mediante álgebra de matrices de las ecuaciones de tensión normal y tangencial en un plano de inclinación arbitraria, y de los invariantes de la matriz de tensiones y deformaciones. Conocimiento de valores típicos y órdenes de magnitud de tensiones verticales y horizontales en un terreno debido al peso según condiciones de saturación.

Práctica y profundización de los conceptos, conocimientos y desarrollos del tema 3

**Dedicación:** 14h 23m

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 8h 23m

## Prácticas de laboratorio

### Descripción:

Identificación y clasificación básica de suelos. Identificación y clasificación visual y táctil y determinación de parámetros geotécnicos básicos (granulometría, límites de Atterberg y clasificación unificada de suelos).

Flujo de agua en suelo saturado. Conceptos de flujo, caudal unitario, gradiente hidráulico, permeabilidad, gradiente crítico y sifonamiento. Determinación de la permeabilidad con permeámetro de carga constante y variable y medida del gradiente crítico en alcanzar sifonamiento.

Compactación y ensayos edométrico y triaxiales. Consolidación y resistencia de suelos compactados. Métodos y curva de compactación. Colapso y hinchamiento y resistencia al corte de suelos compactados.

### Objetivos específicos:

Experimentación directa con suelos de diferentes tipos y características y conocimiento, comprensión y capacidad de identificación visual y táctil de suelos y de determinación experimental de parámetros geotécnicos básicos (granulometría, límites de Atterberg y clasificación unificada).

Experimentación con flujo de agua en suelo saturado y conocimiento, comprensión y capacidad de razonamiento con los conceptos de flujo, caudal unitario, gradiente hidráulico, permeabilidad, gradiente crítico y sifonamiento y con la determinación de la permeabilidad con permeámetros de carga constante y variable y la medida del gradiente crítico en alcanzar sifonamiento.

Experimentación con compactación de suelos y suelos compactados a ensayos edométricos y triaxiales y conocimiento, comprensión y capacidad de razonamiento con la compactación de suelos, los fenómenos de colapso y hinchamiento y con el desarrollo de ensayos edométricos y triaxiales estándar.

**Dedicación:** 21h 36m

Grupo pequeño/Laboratorio: 9h

Aprendizaje autónomo: 12h 36m

## Tema 4. Flujo de agua en medio poroso

### Descripción:

Agua en el terreno. Densidad del agua. Porosidad. Grado de saturación. Nivel piezométrico. Nivel freático. Ley de Darcy.

Permeabilidad. Permeabilidad relativa. Ecuación de flujo de agua. Acuíferos libres y confinados. Bombeos. Drenes y filtros. Tomas de tierras. Excavaciones.

ejercicios

### Objetivos específicos:

Conocimiento, comprensión y capacidad de razonamiento y resolución de ejercicios y problemas en relación con los siguientes aspectos: conceptos de flujo y caudal de agua; altura piezométrica, ley de Darcy, permeabilidad, acuíferos, permeabilidad equivalente y flujo en terrenos estratificados; sifonamiento; gradiente hidráulico y crítico, interpretación de todo tipo de redes de flujo en terrenos saturados (caudales, gradientes hidráulicos, presiones intersticiales), y obtención gráfica de redes de flujo y proyecto del drenaje de excavaciones (en la propia excavación, con pozos o pozos punta) en casos sencillos (terrenos saturados isótropos y homogéneos, y anisótropos o heterogéneos simples). Conocimiento de valores típicos y órdenes de magnitud de permeabilidades de terrenos (gradientes hidráulicos y críticos, presiones intersticiales y totales, etc.).

**Dedicación:** 14h 23m

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 8h 23m



## Tema 5. Consolidación

### Descripción:

Deformación de los solos. Consolidación primaria. Ecuación de la consolidación. Consolidación unidimensional. Ensayo edométrico. Grado de consolidación. Solución de la ecuación de consolidación unidimensional. consolidación secundaria. Ejercicios y problemas del tema 5 complementados con conceptos adicionales de teoría

### Objetivos específicos:

Conocimiento, comprensión y capacidad de razonamiento y resolución de ejercicios y problemas en relación con las presiones intersticiales, las deformaciones recuperables e irrecuperables medidas con diferentes parámetros y los asentos y grados de consolidación producidos en casos diversos. Conocimiento de valores típicos y órdenes de magnitud de coeficientes de compresibilidad, módulos edométricos y coeficientes de consolidación de diferentes tipos de suelos y para diferentes estados de los mismos. Conocimiento y comprensión de las componentes de la deformación del suelo y de los conceptos de deformaciones instantáneas y diferidas en el tiempo y en tensiones efectivas, de los procesos de consolidación primaria y secundaria, de las ecuaciones de la consolidación primaria (deformación del suelo en condiciones edométrico) y de la consolidación unidimensional. Práctica y profundización de los conceptos, conocimientos y desarrollos del tema 5

**Dedicación:** 14h 23m

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 8h 23m

## Tema 6. Compactación de suelos

### Descripción:

Suelos no saturados. Curva de retención. Inflado y colapso. Compactación, diagramas densidad - contenido de agua en el suelo. ejercicios

### Objetivos específicos:

Conocimiento, comprensión y capacidad de razonamiento de los aspectos más relevantes de las propiedades de los suelos en estado no saturado, del concepto de succión y su aplicación a la curva de retención del suelo, de la definición de tensión efectiva, de los fenómenos de colapso y hinchamiento, los ensayos de laboratorio específicos para estos suelos, de la curva de compactación y del proceso de compactación en la práctica incluyendo varios procedimientos.

**Dedicación:** 9h 36m

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 5h 36m



### Tema 7. Resistencia de geomateriales

**Descripción:**

Fricción y cohesión en suelos. Criterio de rotura de Mohr-Coulomb. Ensayos de rotura. Rotura en condiciones drenadas y no drenadas. Valores de ángulo de rozamiento y cohesión en diferentes tipos de suelos y rocas.

Ejercicios y problemas del tema 7 complementados con conceptos adicionales de teoría

**Objetivos específicos:**

Conocimiento, comprensión y capacidad de razonamiento y resolución de ejercicios y problemas en relación con ensayos triaxiales reales tanto en arenas como en arcillas (incluyendo determinación de módulos de deformación drenados y no drenados), representación de resultados de ensayos triaxiales en forma de trayectorias en plan de invariantes de tensiones (determinación de la resistencia obtenida en un ensayo, incluyendo el concepto de drenado y no drenado). Conocimiento de valores típicos y órdenes de magnitud del ángulo de rozamiento interno, resistencia al corte sin drenaje. Conocimiento de algunas relaciones entre la humedad de un suelo y la resistencia, así como entre el coeficiente de empuje al reposo y el ángulo de rozamiento de un suelo.

Práctica y profundización de los conceptos, conocimientos y desarrollos del tema 7

**Dedicación:** 9h 36m

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 5h 36m

### Tema 8. Problemas geoambientales

**Descripción:**

Embalses. Presas de tierras. Geomembranas y geotextiles.

Revisión bibliográfica y Autoaprendizaje

**Dedicación:** 15h 36m

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo mediano/Prácticas: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 9h 06m

### Tema 9. Problemas geoambientales

**Descripción:**

Barreras de ingeniería para el aislamiento de residuos. Almacenamiento de fluidos en el terreno. Geomecánica y energía.

Geotermia.

Revisión bibliográfica y Autoaprendizaje

**Dedicación:** 15h 36m

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo mediano/Prácticas: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 9h 06m

### Evaluación

**Dedicación:** 14h 23m

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h

Aprendizaje autónomo: 8h 23m

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

---

La calificación de la asignatura se obtiene a partir de las calificaciones de evaluación continuada y de las correspondientes de laboratorio y/o aula informática. La evaluación continua consiste en hacer diferentes actividades, tanto individuales como de grupo, de carácter aditivo y formativo, realizadas durante el curso (dentro del aula y fuera de ella). La calificación de enseñanzas en el laboratorio es la media de las actividades de este tipo.

$$\text{Nota} = 0.6 \times \text{MAX} ( ( \text{NEP} + \text{NEC} ) / 2, \text{NEC} ) + 0.4 \times \text{NT}$$

NEP = Nota Examen Parcial

NEC = Nota Examen Conjunto

NT = Nota Promedio Tareas

Las pruebas de evaluación constan de una parte con cuestiones sobre conceptos asociados a los objetivos de aprendizaje de la asignatura en cuanto al conocimiento o la comprensión, y de un conjunto de ejercicios de aplicación.

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Verruijt, A. Soil mechanics. Delft: VSSD, 2007. ISBN 9065620583.
- Lambe, T.W.; Whitman, R.V. Mecánica de suelos. 2a ed. México: Limusa : Noriega, 1995. ISBN 9681818946.
- Jiménez Salas, J.A.; Justo Alpañés, J.L. Geotecnia y cimientos. Vol. II, Mecánica del suelo y de las rocas. 2a ed. Madrid: Rueda, 1981. ISBN 84-7207-021-2 (V.2).
- Jiménez Salas, J.A.; Justo Alpañés, J.L. Geotecnia y cimientos: v. III: cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia. Partes 1 y 2. Madrid: Rueda, 1980. ISBN 84-7207-017-4.
- Terzaghi, K.; Peck, R.B.; Mesri, G. Soil mechanics in engineering practice. 3a ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. ISBN 0471086584.
- Mitchell, J.K.; Soga, K. Fundamentals of soil behavior. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 0471463027.

### Complementaria:

- Serra Gesta, J.; Oteo Mazo, C.; García Gamallo, A.Mª; Rodríguez Ortiz, J.M. Mecánica del suelo y cimentaciones. 2a ed. Madrid: Fundación Escuela de la Edificación, 1995. ISBN 8486957621.
- Olivella, S. [et al.]. Mecánica de suelos: problemas resueltos [en línea]. Barcelona: Edicions UPC, 2001 [Consulta: 10/05/2021]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36251>. ISBN 8483015234.
- Olivella, S.; Josa, A.; Valencia, F.J. Geotecnia: problemas resueltos: mecánica de suelos [en línea]. Barcelona: Edicions UPC, 2003 [Consulta: 02/03/2021]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36788>. ISBN 8483017350.