

# Geomecánica de Roturas (250421)

## Información general

<b>Centro docente:</b>	ETSECCPB
<b>Departamentos:</b>	Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental (DECA)
<b>Créditos:</b>	5.0 ECTS
<b>Titulaciones:</b>	MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE CAMINS, CANALS I PORTS, pla 2012 - (codi pla 872), MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE CAMINS, CANALS I PORTS, pla 2012 - (codi pla 1161), MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DEL TERRENY, pla 2015 - (codi pla 1141)
<b>Curso:</b>	2017/2018
<b>Idioma en que se imparte:</b>	Castellano

## Profesores de la asignatura

Profesor responsable: Eduardo Alonso Perez De Agreda

Profesores: Eduardo Alonso Perez De Agreda, Nuria Merce Pinyol Puigmartí

## Objetivos genéricos

Asignatura de especialidad en la que se intensifican conocimientos en competencias específicas.

Conocimientos a nivel de especialización que han de permitir desarrollar y aplicar técnicas y metodologías de nivel avanzado.

Contenidos de especialización de nivel de máster relacionados con la búsqueda o la innovación en el campo de la ingeniería.

En el campo de la geotecnia, como en otros ámbitos de la ciencia y la ingeniería, los errores cometidos, especialmente cuando han sido catastróficos, ofrecen una experiencia valiosa que a menudo es fuente de inspiración para profundizar en el conocimiento y en las herramientas disponibles de análisis y predicción. Las roturas han sido claves en el desarrollo de las teorías y permiten entender y determinar los aspectos fundamentales y el papel que estos juegan en la estabilidad de las obras y del entorno natural. La idea principal de esta asignatura es la aplicación de los conceptos básicos y fundamentales de la mecánica del suelo y de rocas en el estudio de catástrofes pasadas. El término "catástrofe" se utiliza en un sentido ingenieril indicando que no se han alcanzado los objetivos establecidos, de manera que no sólo incluye roturas con graves consecuencias (como es el caso del deslizamiento de Vaiont que provocó la muerte de más de 2000 personas) sino que también se han tenido en cuenta estructuras que por diferentes causas no cumplen adecuadamente las funciones para las que estaban diseñadas

(como es el caso de la Torre de Pisa, cuya inclinación no estaba prevista en el proyecto).

En las clases se describirán cada uno de los casos reales, de mayor o menor complejidad, a partir de un análisis relativamente sencillo, pero respetuoso con los aspectos fundamentales. Este primer paso en sí mismo ya es un gran ejercicio de geotecnia, de hecho uno de los más importantes y clave a la hora de entender un caso real pues requiere definir un modelo conceptual basado en teorías aceptadas que no excluyan ningún aspecto fundamental. A partir de aquí, se intenta aplicar principios básicos para desarrollar una teoría que explique la rotura. Se demostrará de esta manera como, con los conocimientos en mecánica de suelos y de rocas adquiridos durante la carrera académica anterior del estudiante, se pueden explicar las causas de las catástrofes. Este conocimiento tiene el objetivo de permitir entender o evitar posibles futuras catástrofes geotécnicas. Se evita el uso de métodos o programas numéricos "llave en mano", tipo elementos finitos, porque el objetivo es que el estudiante pueda ser capaz de seguir paso a paso todo el análisis y entender los conceptos y herramientas utilizadas.

Más concretamente, esta asignatura permitirá al estudiante:

- Conocer al detalle y desde la visión de experto en el campo de la geotecnia catástrofes célebres que han sido clave en el progreso de la geotecnia.
- Conocer al detalle las causas que provocaron las roturas
- Repasar y extender los conceptos de la mecánica del suelo y de rocas, cálculo, métodos numéricos, estructuras y medios continuos adquiridos en la carrera y aplicarlos a casos reales.
- Aprender a aislar los aspectos fundamentales de la complejidad típicamente asociada a los casos reales y poder enfocar así su análisis.
- Potenciar la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos en diferentes ámbitos y materias de la mejor manera posible para alcanzar el objetivo establecido.
- Interpretar los datos disponibles y justificarlos científicamente apoyándose en las teorías aceptadas en la comunidad científica y aprendidas durante su formación.

## **Competencias**

### ***Competencias específicas***

Aplicación de los conocimientos de la mecánica de suelos y de las rocas para el desarrollo del estudio, proyecto, construcción y explotación de cimentaciones, desmontes, terraplenes, túneles y demás construcciones realizadas sobre o a través del terreno, cualquiera que sea la naturaleza y el estado de éste, y cualquiera que sea la finalidad de la obra de que se trate.

### ***Competencias genéricas de la materia***

INNOVACIÓN, EMPLEABILIDAD, DESARROLLO E INVESTIGACIÓN -Capacidad para desarrollar la creatividad y la tendencia a la innovación, de forma que incida en el desarrollo y progreso de la sociedad. Capacidad para trabajar en un tema de investigación.

Empleabilidad a nivel de dirección en todo tipo de empresas y administraciones, con iniciativa y habilidades en toma de decisiones. Capacidad para desarrollar la creatividad y la tendencia a la innovación, de forma que incida en el desarrollo y progreso de la sociedad. Capacidad para trabajar en un tema de investigación. Empleabilidad a nivel de dirección en todo tipo de empresas y administraciones, con iniciativa y habilidades en toma de decisiones.

**SOSTENIBILIDAD Y MEDIO AMBIENTE** -Capacidad para el desarrollo de la ingeniería en el marco de la globalización, la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. Capacidad para analizar el ciclo de la vida completo de un proyecto en ingeniería.

**CAPACIDAD PARA EL DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO** - Capacidad para desarrollar nuevas metodologías de análisis y procesos a todos los niveles desde la concepción, el proyecto y el desarrollo. Capacidad para proponer y desarrollar especificaciones, reglamentos y normas para la ingeniería, siguiendo criterios de seguridad, eficiencia y utilización de recursos sostenible.

### **Créditos ECTS: horas totales de dedicación del estudiantado**

		Dedicación	
		Horas	Porcentaje
<b>Aprendizaje dirigido</b>	<b>Teoría</b>	18.00	40.0%
	<b>Problemas</b>	15.00	33.3%
	<b>Laboratorio</b>	6.00	13.3%
	<b>Actividades dirigidas</b>	6.00	13.3%
<b>Aprendizaje autónomo</b>		80.00	

### **Contenidos**

#### ***Introducción y generalidades***

##### ***Dedicación***

3.0h. Teoría

##### ***Descripción***

Mostrar una perspectiva general de la historia reciente de la geotecnia, sus paradigmas y el papel que las catástrofes han jugado en la evolución del conocimiento y en el avance de la mecánica del suelo y de rocas.

##### ***Objetivos***

Recordar y aprender los factores que han sido claves en la mecánica del suelo y de rocas y dar a conocer casos reales que han marcado la historia de la geotécnica. Conocerlos es el primer paso para evitar que vuelva a ocurrir.

#### **Asentamientos**

**Dedicación**

1.5h. Teoría + 1.5h. Problemas

**Descripción**

Descripción y análisis de los asentamientos diferenciales y diferidos en el tiempo observados en la catedral de la Ciudad de México, construida sobre arcilla blanda.

Análisis de los asentamientos diferidos en el tiempo y excesivos observados durante la construcción del aeropuerto internacional de Kansai (Japón).

**Objetivos**

Conocer el caso de la inclinación de la catedral de México. Comprender el efecto del estado inicial del terreno, de la secuencia de construcción de dos edificios cercanos o superpuestos (los dos a la vez, uno a continuación del otro y uno después de haber construido y derribado el otro) y del comportamiento tensión-deformación logarítmico-lineal de los suelos en los asentamientos de ambas estructuras.

Conocer el caso de los asentamientos diferenciales del aeropuerto internacional de Kansai. Obra de ingeniería designada como uno de los "Monumentos del Milenio" por la American Society of Civil Engineers. Ampliar y aplicar el conocimiento de la teoría de la consolidación y el procedimiento del método observacional para la predicción de asentamientos.

**Inestabilidad estructural****Dedicación**

1.5h. Teoría

**Descripción**

Descripción del conocido caso de la inclinación de la Torre de Pisa, Italia, y las actuaciones que se han llevado a cabo para evitar su derrumbe. Explicación de las causas de la inclinación de la torre y definición de reglas prácticas para prever el problema de inestabilidad en estructuras.

**Objetivos**

Conocer al detalle el conocido caso de la inclinación de la Torre de Pisa. Entender una de las posibles causas que ocasionan la inclinación de torres o edificios en general. Ampliar y aplicar los conocimientos de las teorías del comportamiento tensión-deformación de los suelos.

**Capacidad portante****Dedicación**

6.0h. Teoría + 1.5h. Problemas

**Descripción**

Descripción del conocido caso de colapso de un elevador de grano construido en Transcona (Canadá) debido al hundimiento de su cimentación.

Descripción del caso de la rotura de los cajones de la nueva bocana del puerto de Barcelona, ocurrida en el año 2001 debido al hundimiento de la cimentación. El caso se analiza analíticamente y se comparan los resultados con los obtenidos numéricamente con un programa comercial.

### **Objetivos**

Conocer el caso de la rotura del elevador de grano construido en Transcona. Entender las causas que llevaron al colapso y la importancia de una buena caracterización geológica y geotécnica de los materiales de la cimentación. Ampliar y aplicar los conocimientos de los teoremas de la cota superior.

Conocer uno de los procedimientos actualmente utilizados en la construcción de diques mediante la colocación de cajones prefabricados. Técnica utilizada en el puerto de Barcelona. Recordar, extender y aplicar los conocimientos de las teorías de capacidad portante, concepto de factor de seguridad, teoremas de equilibrio límite y el fenómeno de licuefacción con soluciones analíticas y empíricas.

### **Deslizamientos**

#### **Dedicación**

9.0h. Problemas

#### **Descripción**

Descripción del conocido caso del desprendimiento de Vaiont, ocurrido en 1963 en el norte de Italia en una de las vertientes del embalse del mismo nombre cuando este se encontraba prácticamente en su máximo nivel.

#### **Objetivos**

Aplicar los conocimientos de estabilidad de deslizamientos translacionales, equilibrio límite y factor de seguridad. Aclarar y extender conocimientos sobre el efecto de sumergir el pie de un posible desprendimiento en cuanto a su estabilidad. Recordar y extender el conocimiento sobre el efecto de la temperatura en un medio poroso saturado y aplicarlo a deslizamientos translacionales. Enseñar posibles causas de la aceleración de deslizamientos translacionales que pueden suponer un riesgo elevado con catastróficas consecuencias. Conocer reglas prácticas que permitan estimar el potencial de aceleración de deslizamientos translacionales. Recordar y aplicar los conocimientos en cálculo numérico y programación para resolver sistemas de ecuaciones diferenciales.

### **Excavaciones**

#### **Dedicación**

2.0h. Teoría + 3.0h. Problemas

#### **Descripción**

Descripción y análisis del colapso por la bóveda de un túnel durante su excavación antes de que la totalidad del sostenimiento estuviera construido.

Descripción y análisis del colapso del frente de los túneles de La Floresta durante su excavación y de las soluciones estructurales aplicadas para poder continuar con su construcción.

#### **Objetivos**

Enseñar causas que pueden llevar a la ruptura de un túnel por la bóveda formando una cavidad debido al colapso del sostenimiento instalado. Enseñar a aplicar soluciones analíticas y plantear los métodos de estado límite (teorema de la cota superior).

Aplicar y extender los conocimientos sobre la estabilidad estructural del frente de los túneles someros excavados en suelos y las posibles soluciones estructurales para poder realizar la excavación de forma segura. Recordar, extender y aplicar los conocimientos en soluciones analíticas y su deducción, medios continuos y estructuras.

### **Terraplenes y presas**

#### ***Dedicación***

4.0h. Teoría

#### ***Descripción***

Descripción del colapso de un terraplén compactado debido a las lluvias. Presentación de un modelo constitutivo elastoplástico y su deducción para suelos no saturados. Evaluación y cálculo de la deformación volumétrica observada en el caso real y estimación del potencial de colapso.

#### ***Objetivos***

Entender y extender los conceptos de la mecánica del suelo no saturado y aplicarlos a un caso real de colapso de un terraplén compactado. Recordar propiedades fundamentales de los suelos compactados y saber cuáles son idóneas para evitar posibles problemas de colapso volumétrico por mojado.

### **Evaluación**

#### ***Dedicación***

6.0h. Laboratorio

### **Actividades**

#### ***Ejercicio Práctico***

#### ***Dedicación***

6.0 h. Actividades dirigidas

#### ***Descripción***

Ejercicio práctico que consiste en solucionar un caso real siguiendo la metodología propuesta a los casos presentados durante el curso.

### **Método de calificación (\*)**

***(\*) El calendario de evaluación y el Método de calificación se aprobarán antes del inicio de curso.***

La asignatura se evaluará a partir de la nota de dos exámenes realizados durante el curso y un ejercicio práctico.

Se convocarán dos exámenes: uno a mitad de cuatrimestre (E1) y otro al final de cuatrimestre (E2). En ambos exámenes se evaluarán los conocimientos de los estudiantes según el temario impartido hasta el momento del examen.

La nota final será la máxima de la nota del segundo examen y una media ponderada de los dos exámenes (el primer examen tendrá un peso del 40% y el segundo del 60%).

Nota Exámenes =  $\max. (0.4 * \text{NotaE1} + 0.6 * \text{NotaE2} ; \text{NotaE2})$

La nota final se calculará a partir de notas parciales superiores a 4 sobre 10.

El ejercicio práctico se evaluará independientemente y como máximo valdrá un punto de la nota final. '

### **Normas de realización de pruebas**

Si no se realiza alguna de las actividades de laboratorio o de evaluación continua en el periodo programado, se considerará como puntuación cero.

### **Metodología docente**

La asignatura consta de 3 horas semanales de clases presenciales en el aula en que se expondrá toda la información disponible de cada caso y se analizará siguiendo los siguientes puntos:

- Descripción del caso
- Teoría utilizada
- Análisis del caso
- Medidas correctoras
- Lecciones aprendidas

Cada caso se resolverá paso a paso y al detalle para que el alumno pueda seguir y entender las hipótesis aceptadas, la teoría prestablecida aplicada y los desarrollos teóricos y de cálculo llevados a cabo para entender lo que pasó en cada caso.

### **Horario de atención**

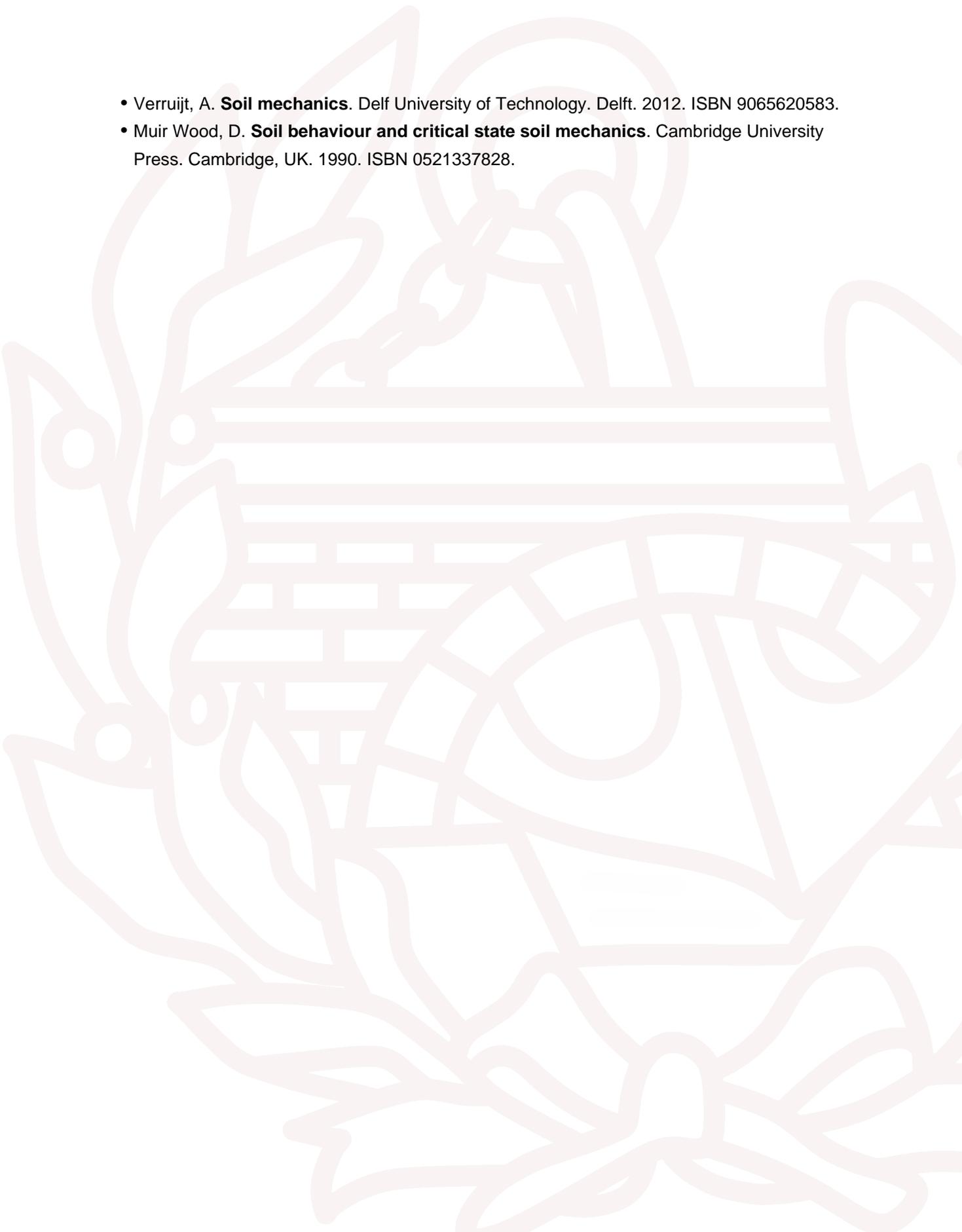
Después de clase

### **Bibliografía básica**

- Puzrin, A.M., Alonso, E.E. and Pinyol, N.M. . **Geomechanics of Failures**. Springer. 2010.
- Alonso, E.E., Pinyol, N.M. and Puzrin, A.M. . **Geomechanics of Failures. Advanced Topics**. Springer. 2010.

### **Bibliografía complementaria**

- Verruijt, A. **Soil mechanics**. Delf University of Technology. Delft. 2012. ISBN 9065620583.
- Muir Wood, D. **Soil behaviour and critical state soil mechanics**. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 1990. ISBN 0521337828.



**Escola de Camins**