

**ANX-PR/CL/001-02**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Ingeniería de rocas y suelos

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2015-16 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Ingenieria de rocas y suelos
<b>Titulación</b>	06TM - Grado en Ingenieria en Tecnologia Minera
<b>Centro responsable de la titulación</b>	E.T.S. de Ingenieros de Minas y Energia
<b>Semestre/s de impartición</b>	Sexto semestre
<b>Materia</b>	Especialidad it explotaciones de minas
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Código UPM</b>	65001028
<b>Nombre en inglés</b>	Rock And Soil Engineering

## Datos Generales

<b>Créditos</b>	4.5	<b>Curso</b>	3
<b>Curso Académico</b>	2015-16	<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

### Asignaturas Previas Requeridas

El plan de estudios Grado en Ingenieria en Tecnologia Minera no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Grado en Ingenieria en Tecnologia Minera no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

### Asignaturas Previas Recomendadas

Algebra

Calculo I

Calculo II

Geologia

Mecanica

Mecanica de rocas y suelos

Tecnologia de materiales

## Otros Conocimientos Previos Recomendados

Conocimientos básicos de Estadística

Conocimientos básicos de Mecánica de Rocas

Conocimientos básicos de Mecánica de Suelos

Conocimientos de Estática Gráfica

Conocimientos básicos de Proyección Estereográfica

## Competencias

---

CG 1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Tecnología Minera.

CG 10 - Creatividad.

CG 2 - Poseer capacidad para diseñar, analizar, calcular, proyectar, construir, mantener, conservar, explotar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos de las Tecnologías Mineras, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas, incluyendo la función de asesoría en estos campos.

CG 3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinarios.

CG 4 - Comprender el impacto de la tecnología minera en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad. desarrollando la capacidad para la realización de estudios de ordenación del territorio y de los aspectos medioambientales relacionados con los proyectos, plantas e instalaciones, en su ámbito

CG 5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, tanto de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG 6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional

CG 7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la ingeniería en tecnología minera en sus actividades profesionales.

CG 9 - Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.

F22 - Extracción de materias primas de origen mineral

F25 - Estudios geotécnicos aplicados a la minería, construcción y obra civil.

F26 - Ensayos mineralógicos, petrográficos y geotécnicos. Técnicas de muestreo.

F29 - Diseño y ejecución de obras superficiales y subterráneas.

F30 - Técnicas de perforación y sostenimiento aplicadas a obras subterráneas y superficiales.

## Resultados de Aprendizaje

---

RA148 - Conocer los conceptos básicos de la geotecnia.

RA149 - Conocer como se realizan los estudios geotécnicos aplicados a la minería, construcción y obra civil.

RA150 - Conocer los distintos ensayos geotécnicos.

RA151 - Aplicar los conocimientos de mecánica de rocas y suelos al cálculo de cimentaciones y taludes

RA152 - Calcular sostenimientos de túneles en rocas y suelos.

RA153 - Diseñar y calcular las estructuras de las minas y cavidades subterráneas.

RA154 - Conocer los fundamentos del arranque de rocas por medios mecánicos

RA340 - Conocer los ensayos para determinar las propiedades mecánicas de las rocas

RA333 - Saber decidir la tipología de cimentación adecuada en cada caso.

RA342 - Aplicar los conocimientos de la Mecánica de Rocas al cálculo de estabilidad de taludes

- RA339 - Conocer la metodología de los estudios de estabilidad de taludes y de cavidades subterráneas.
- RA326 - Conocer las diferentes técnicas de reconocimiento del terreno
- RA328 - Conocer y saber interpretar los ensayos de laboratorio relativos a los suelos.
- RA325 - Conocer los criterios de diseño de una campaña geotécnica
- RA327 - Saber identificar la información contenida en un informe geotécnico.
- RA331 - Cálculo de la deformación de un suelo sometido a acción externa.
- RA344 - Aplicar los conocimientos de la Mecánica de Rocas al cálculo de estabilidad de minas y cavidades subterráneas
- RA337 - Saber diseñar cimentaciones pilotadas en roca
- RA343 - Aplicar los conocimientos de la Mecánica de Rocas al cálculo de sostenimiento de túneles
- RA346 - Conocer las propiedades mecánicas de las rocas que influyen en el arranque
- RA341 - Conocer los ensayos para determinar las propiedades mecánicas de las discontinuidades
- RA329 - Identificar las propiedades de un suelo que condicionan el tipo de deformación que experimenta
- RA338 - Aplicar los conceptos básicos de la Mecánica de Rocas
- RA332 - Conocer las diferentes tipologías de cimentación.
- RA334 - Saber diseñar cimentaciones superficiales en suelos
- RA330 - Saber identificar los tipos de deformación que pueden experimentar los diferentes tipos de suelos.
- RA324 - Poner en práctica los principios de la Mecánica de Suelos
- RA347 - Conocer los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas de las rocas que influyen en el arranque
- RA335 - Saber diseñar cimentaciones pilotadas en suelos
- RA336 - Saber diseñar cimentaciones superficiales en roca

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Lain Huerta, Ricardo ( <b>Coordinador/a</b> )	216	ricardo.lain@upm.es	L - 08:00 - 11:00 V - 08:00 - 11:00
Crespo Alvarez, Maria Jose	620	mariajose.crespo@upm.es	L - 15:00 - 18:00
Lain Huerta, Carlos	321	carlos.lain@upm.es	X - 11:00 - 13:00

**Nota.-** Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## Descripción de la Asignatura

---

La parte de Ingeniería de Suelos es continuación de la parte de suelos vista en la asignatura Mecánica de Rocas y Suelos del 5º semestre. El curso comienza repasando el concepto de asiento edométrico a largo plazo y se completa con la teoría de consolidación unidimensional que introduce la variable temporal en el asiento edométrico. A continuación se revisan ejemplos de campañas geotécnicas con sus correspondientes ensayos, in situ o de laboratorio, y su presentación en informes geotécnicos que concluyen una caracterización del terreno.

Por último se introducen los conceptos de capacidad portante del terreno, así como de cimentación superficial y profunda. Con estos conceptos asimilados, el objetivo del curso es que el alumno aprenda a dimensionar cimentaciones sencillas sobre diferentes tipos de suelos atendiendo a los criterios de capacidad portante del terreno y asientos totales y/o diferenciales. Durante el curso se hace referencia a normativas o guías de diseño de cimentaciones de uso común en la actualidad.

La parte de Ingeniería de Rocas es continuación de la asignatura de Mecánica de Rocas y Suelos del 5º semestre, que terminaba con una somera descripción de la tipología de roturas de taludes. El curso comienza con un estudio en detalle del comportamiento de los taludes, donde se sientan las bases del cálculo para definir el coeficiente de seguridad y los elementos de sostenimiento. La parte de cielo abierto termina con la definición de los niveles de vigilancia de taludes y la instrumentación necesaria para controlarlos.

A continuación, el curso entra en la parte de Mecánica de Rocas dedicada a la minería de interior y obras subterráneas. Se estudia la distribución de tensiones alrededor de agujeros circulares y elípticos con comportamiento elástico. Se explican los procedimientos de cálculo para determinar el coeficiente de seguridad del sostenimiento de un túnel. Continúa el curso con el análisis de estabilidad de techos de cámaras subterráneas y con el dimensionamiento de pilares. La última parte del curso está dedicada al estudio del avance de túneles por medios mecánicos. Concretamente se estudiará las propiedades mecánicas de las rocas que influyen en el arranque y los procedimientos para estimar la velocidad de avance de rozadoras y tuneladoras.

## Temario

---

1. Reconocimiento del terreno
  - 1.1. Diseño de campaña geotécnica
  - 1.2. Prospección: calicatas y sondeos
  - 1.3. Ensayos in situ: pruebas de penetración geofísica
  - 1.4. Ensayos de laboratorio
2. Teoría de Consolidación. Cálculo de asientos.
  - 2.1. Suelos normalmente consolidados y preconsolidados
  - 2.2. Teoría de Terzaghi de consolidación vertical
  - 2.3. Asiento edométrico a largo plazo
  - 2.4. Evolución temporal de asiento edométrico
  - 2.5. Asiento elástico
  - 2.6. Correcciones en el cálculo de asientos
  - 2.7. Interpretación del ensayo edométrico

3. Cimentaciones superficiales
  - 3.1. Tipos de cimentaciones superficiales
  - 3.2. Caracterización del terreno de cara al diseño de la cimentación
  - 3.3. Carga de hundimiento en suelos:
    - 3.3.1. Condiciones drenadas
    - 3.3.2. Condiciones no drenadas
  - 3.4. Formas de rotura de cimentaciones sobre roca
  - 3.5. Carga de hundimiento en rocas
  - 3.6. Cimentaciones en suelos. Diseño y comprobación.
    - 3.6.1. Asientos
    - 3.6.2. Capacidad portante
    - 3.6.3. Estabilidad
  - 3.7. Cimentaciones en Roca. Diseño y comprobación.
    - 3.7.1. Capacidad portante
    - 3.7.2. Problemas de apoyo en cimentaciones en roca
  - 3.8. Mejora del terreno
4. Cimentaciones profundas
  - 4.1. Motivación de la cimentación profunda
  - 4.2. Caracterización del terreno de cara al diseño de la cimentación
  - 4.3. Tipos de cimentaciones profundas
  - 4.4. Diseño y comprobación de cimentaciones pilotadas en suelos
    - 4.4.1. Asientos
    - 4.4.2. Capacidad portante
  - 4.5. Diseño y comprobación de cimentaciones pilotadas en roca
  - 4.6. Particularidades de las cimentaciones pilotadas
5. Metodología para el estudio de estabilidad de taludes y cavidades subterráneas
  - 5.1. Modelo geológico.
  - 5.2. Modelo geomecánico.
  - 5.3. Modelo matemático.
6. Análisis de estabilidad de taludes
  - 6.1. Rotura plana
  - 6.2. Rotura en cuña
  - 6.3. Rotura circular
  - 6.4. Rotura por vuelco

7. Vigilancia de taludes
  - 7.1. Nivel I de vigilancia: instrumentación
  - 7.2. Nivel II de vigilancia: instrumentación
  - 7.3. Nivel III de vigilancia: instrumentación
8. Diseño del sostenimiento de túnele
  - 8.1. Método de las curvas características
  - 8.2. Métodos empíricos
9. Diseño de techos de cavidades subterráneas
  - 9.1. Diseño de techos de cámaras mineras y cavidades subterráneas
  - 9.2. Diseño de techos en terrenos estratificados.
10. Estabilidad de minas y cavidades subterráneas
  - 10.1. Diseño de pilares
  - 10.2. Cálculo de la carga sobre los pilares
  - 10.3. Determinación de la resistencia de los pilares
11. Cálculo del rendimiento de las rozadoras
12. Cálculo del rendimiento de las tuneladoras
13. Ensayos de laboratorio
  - 13.1. DRI
  - 13.2. AVS

## Cronograma

**Horas totales:** 59 horas y 12 minutos

**Horas presenciales:** 59 horas y 12 minutos (50.6%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<p><b>Presentación asignatura</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Seminarios- Talleres</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 2	<p><b>Tema 2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 3	<p><b>Tema 2</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Preparación de entregable</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p>			
Semana 4	<p><b>Tema 3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 1 y 2 Teoría y problemas.</b> Duración: 01:30 ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 5	<p><b>Tema 3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 6	<p><b>Tema 4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

Semana 7	<p><b>Tema 4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 8	<p><b>Tema 4</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 3 y 4. Teoría y problemas.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 9	<p><b>Tema 6</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 7</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 10	<p><b>Tema 7</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 8</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 11	<p><b>Tema 8</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 9</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 9</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 12	<p><b>Tema 9</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Preparación de entregable</b> Duración: 01:30 OT: Otras actividades formativas</p> <p><b>Tema 10</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

Semana 13	<p><b>Tema 10</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 11</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 12</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 5,6,7,8 y 9. Teoría y problemas.</b> Duración: 01:06 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 14	<p><b>Tema 11</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 12</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 13</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 15	<p><b>Tema 13</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 13</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 13</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 10,11,12,13 y 14 Teoría y problemas.</b> Duración: 01:06 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 16				
Semana 17				<p><b>Examen alternativo a la evaluación continua</b> Duración: 03:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Actividad presencial</p>

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 1 y 2 Teoría y problemas.	01:30	Evaluación continua	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Sí	25%	5 / 10	CG 2, CG 9, F25
8	Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 3 y 4. Teoría y problemas.	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	25%	5 / 10	CG 4, F30, CG 3
13	Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 5,6,7,8 y 9. Teoría y problemas.	01:06	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	25%	5 / 10	CG 10, F29, F30, F26, CG 5
15	Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 10,11,12,13 y 14 Teoría y problemas.	01:06	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	25%	5 / 10	CG 10, F29, F30, F26, CG 6, CG 7
17	Examen alternativo a la evaluación continua	03:00	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	100%	5 / 10	CG 10, F25, F29, F30, F26, CG 9, CG 2, CG 3, CG 4, CG 5, CG 6, CG 7

## Criterios de Evaluación

El alumno deberá optar por el método de evaluación que desee seguir para superar esta asignatura. El sistema de evaluación continua se aplicará con carácter general a todos los estudiantes.

El alumno que quiera seguir el sistema de evaluación mediante sólo prueba final, deberá comunicarlo por escrito al coordinador de la asignatura, en el plazo de tres semanas a partir del comienzo de curso. Para realizar esta comunicación disponen de un impreso en la plataforma Moodle.

Los alumnos que tengan aprobadas alguna de las asignaturas: Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas o Mecánica de Suelos y Rocas de Planes de Estudio en extinción deberán comunicarlo por escrito al coordinador de la asignatura (disponen de un impreso en la plataforma Moodle), especificando qué asignatura tiene superada, la calificación y la convocatoria en la que obtuvo el aprobado, en el plazo improrrogable de tres semanas a partir del comienzo de curso.

La nota de la parte de Ingeniería de Suelos se compondrá de un 35% correspondiente a la nota obtenida en la primera prueba, un 50% correspondiente a la nota obtenida en la segunda prueba y un 15% correspondiente a la nota del informe de prácticas de laboratorio, para los que realicen las prácticas o un trabajo alternativo que se proponga en su lugar. Todos los elementos de evaluación continua constituyen un trabajo exclusivamente personal de cada alumno.

La nota de la parte de Ingeniería de Rocas se compondrá de un 45 % correspondiente a la nota obtenida en la primera prueba en aula, un 45 % rrespondiente a la nota obtenida en la segunda prueba en aula y un 10 % correspondiente a la suma de los problemas entregables. Los problemas entregables constituyen un trabajo personal de cada alumno.

Para optar al aprobado se exigen los tres requisitos siguientes:

- Nota media de 5 o superior
- Un mínimo de 4 puntos sobre 10 en la parte de IdS
- Un mínimo de 4 puntos sobre 10 en la parte de IdR

- Un mínimo de 3 puntos sobre 10 en cada prueba individual de IdS e IdR

## Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
Apuntes de Mecánica del Suelo	Bibliografía	
Rodríguez Ortiz, J.M., Serra Gesta, J. y Otero Mazo, C.	Bibliografía	Curso Aplicado de Cimentaciones
Jiménez Salas, J.A. (1975)	Bibliografía	Geotecnia y Cimientos. Tomo I. Propiedades de los suelos y de las rocas
Berry, P.L. y Reid D. (1993)	Bibliografía	Mecánica de Suelos", McGraw-Hill, Bogotá (Colombia)
Craig, R.F. (1974)	Bibliografía	"Soil Mechanics" Taylor & Francis
RAMÍREZ, P. et al. (2008)	Bibliografía	Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes. Red DESIR. Madrid.
HOEK, E. (2000)	Bibliografía	Rock Engineering. Course notes <a href="http://www.rocscience.com">http://www.rocscience.com</a>
HOEK, E. & BRADY, J.W. (1977)	Bibliografía	Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy
HOEK, E. & BROWN, E.T. (1980).	Bibliografía	Underground excavations in rock. Institution of Mining and Metallurgy, Londres
RAMÍREZ, P. et al. (1991).	Bibliografía	Mecánica de Rocas aplicada a la minería metálica subterránea. ITGE, Madrid.
BIENIAWSKI, Z.T. (1989)	Bibliografía	Engineering rock mass classifications. John Wiley and Sons, Nueva York
BIENIAWSKI, Z.T. (1987)	Bibliografía	Strata control in mineral engineering. A.A. Balkema, Rotterdam.
BROWN, E.T. & BRADY, J.W. (1985).	Bibliografía	Rock Mechanics for underground mining. George Allen & Unwin, Nueva York
HUDSON, J.A. (1993).	Bibliografía	Comprehensive rock engineering. Pergamon, Londres.
RAMÍREZ, P. et al. (1985).	Bibliografía	Control de estratos en tajos subterráneos de la minería del carbón. ITGE, Madrid
Plataforma Moodle: asignatura Ingeniería de Rocas y Suelos	Recursos web	
Biblioteca. Salas de estudio.	Equipamiento	
Laboratorio de Mecánica de Rocas y Laboratorio de Mecánica de Suelos	Equipamiento	