



CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y
Energia

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

65001028 - Ingeniería de rocas y suelos

PLAN DE ESTUDIOS

06TM - Grado En Ingeniería En Tecnología Minera

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2018/19 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	65001028 - Ingenieria de rocas y suelos
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Tercero curso
Semestre	Sexto semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	06TM - Grado en ingenieria en tecnologia minera
Centro responsable de la titulación	06 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Minas y Energia
Curso académico	2018-19

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Ricardo Lain Huerta (Coordinador/a)	216	ricardo.lain@upm.es	L - 08:00 - 11:00 V - 08:00 - 11:00
Maria Jose Crespo Alvarez	620	mariajose.crespo@upm.es	L - 15:00 - 18:00

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

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Geología
- Algebra
- Calculo I
- Mecanica
- Calculo II
- Mecanica de rocas y suelos
- Tecnologia de materiales

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimientos básicos de Mecánica de Suelos
- Conocimientos básicos de Mecánica de Rocas
- Conocimientos básicos de Proyección Estereográfica
- Conocimientos de Estática Gráfica
- Conocimientos básicos de Estadística

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. 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.

4.2. Resultados del 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

RA383 - Saber decidir la tipología de cimentación adecuada en cada caso.

RA382 - Aplicar los conocimientos de la Mecánica de Rocas al cálculo de estabilidad de taludes

RA381 - Conocer los ensayos para determinar las propiedades mecánicas de las rocas

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. 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.

5.2. Temario de la asignatura

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 del sostenimiento de túnele
 - 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

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

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

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

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

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

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

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 1 y 2 Teoría y problemas.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:30	17.5%	4 / 10	F25 F29 CG 5 CG 6 CG 10
8	Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 3 y 4. Teoría y problemas.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	25%	4 / 10	F25 F29 CG 6 CG 10
9	Entregable laboratorio mecánica de suelos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	7.5%	5 / 10	F26
13	Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 5,6,7,8 y 9. Teoría y problemas.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	22.5%	4 / 10	F25 F29 F30 CG 4 CG 5 CG 7 CG 10
15	Examen de evaluación continua correspondiente a los temas 10,11,12,13 y 14 Teoría y problemas.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	22.5%	4 / 10	F25 F29 F30 CG 2 CG 3 CG 5 CG 10
15	Entregable problemas	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	5%	5 / 10	CG 2 CG 10

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen alternativo a la evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	F30 F26 CG 2 CG 3 CG 4 F25 F29 CG 5 CG 6 CG 7 CG 10

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. 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 % correspondiente 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

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	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 Hil, 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)	Recursos web	Rock Engineering. Course notes http://www.rocscience.com
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	