



POLITÉCNICA

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

**65001034 - Obras subterráneas**

### PLAN DE ESTUDIOS

06TM - Grado En Ingeniería En Tecnología Minera

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2018/19 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	13

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	65001034 - Obras subterráneas
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06TM - Grado en ingeniería en tecnología minera
<b>Centro en el que se imparte</b>	06 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía
<b>Curso académico</b>	2018-19

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Ricardo Lain Huerta (Coordinador/a)	216	ricardo.lain@upm.es	L - 10:00 - 13:00 V - 10:00 - 13:00
Jose Miguel Galera Fernandez	333	josemiguel.galera@upm.es	M - 10:30 - 13:30 J - 10:30 - 13:30

\* 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

- Mecanica de rocas y suelos
- Geologia

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

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

## 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 multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinares.

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.

F18 - Capacidad para aplicar metodologías de estudios y evaluaciones de impacto ambiental y, en general, de tecnologías ambientales, sostenibilidad y tratamiento de residuos

F22 - Extracción de materias primas de origen mineral

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

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**

RA172 - Conocer y diseñar los sistemas de desescombro

RA170 - Diseño y ejecución de obras subterráneas

RA171 - Seleccionar y dimensionar sostenimientos de obras subterráneas

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Dotar de la cualificación técnica necesaria para acceder al mundo profesional, dentro del- Planeamiento- Proyecto /diseño- Dirección de obra- Responsable de conservación de obras subterráneas.La asignatura se focaliza en el diseño y construcción de excavaciones subterráneas en rocas.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Tema C1 Introducción a la construcción subterránea.
  - 1.1. Perspectiva histórica
  - 1.2. Utilización del espacio subterráneo
  - 1.3. Ejemplos de grandes obras subterráneas
2. Tema R1 Diseño de obras subterráneas
  - 2.1. El proyecto de la obra subterránea pública
  - 2.2. La geometría del proyecto
  - 2.3. El proyecto de la obra subterránea minera
  - 2.4. El proyecto geotécnico de la rampa de acceso a una mina
3. Tema R2 Diseño de labores mineras subterráneas
  - 3.1. Diseño de cámaras de mina
  - 3.2. Diseño de pilares de mina
  - 3.3. Rellenos de cámaras. Recuperación de pilares
4. Tema R3 Diseño del sostenimiento de labores mineras subterráneas
  - 4.1. Diseño del sostenimiento de galerías en mina. Ejecución del sostenimiento
  - 4.2. Diseño del sostenimiento de cámaras. Cálculo de cables
  - 4.3. Cálculo de estabilidad de pilares
  - 4.4. Diseño y estabilidad de pozos

- 4.5. Estabilidad estructural de cavidades subterráneas
  - 4.5.1. Cálculo y sujección de cuñas
  - 4.5.2. Cálculo del refuerzo de un techo estratificado
- 5. Tema R4 Subsistencia provocada por excavaciones subterráneas
  - 5.1. Determinación del perfil de hundimiento
  - 5.2. Cálculo del perfil de deformación
- 6. Tema R5 Corte de rocas por medios mecánicos. Picas
  - 6.1. Cálculo del rendimiento de minadores.
  - 6.2. Propiedades de las rocas que influyen en el arranque. Desgaste de los útiles de corte
  - 6.3. Planteamiento de un caso práctico
- 7. Tema R6 Corte de rocas por medios mecánicos. Discos
  - 7.1. Cálculo de rendimiento de tuneladoras
    - 7.1.1. Método del NTNU
    - 7.1.2. Método de la CSM
    - 7.1.3. Método de Barton
  - 7.2. Ensayos de laboratorio
- 8. Tema C2 Resolución de casos prácticos de tuneladoras
- 9. Tema G1 Reconocimiento del terreno. La estrategia prospectiva
  - 9.1. Los métodos básicos: la cartografía geológica
  - 9.2. Los métodos indirectos o geofísicos
  - 9.3. Los sondeos mecánicos
  - 9.4. 5.4. Los ensayos in situ
- 10. Tema G2 Métodos de cálculo del soporte de una obra subterránea
  - 10.1. El ciclo de avance
  - 10.2. Los elementos de soporte
  - 10.3. Métodos empíricos de cálculo
  - 10.4. Método de la convergencia-confinamiento. Las curvas características
  - 10.5. Cálculo de cuñas y bloques de roca
  - 10.6. Métodos numéricos de cálculo

- 10.7. Apéndice: Programas Sostenim y Unwedge
- 11. Tema G6 Métodos constructivos de túneles
  - 11.1. Metodología de diseño de túneles
  - 11.2. Principales métodos constructivos
    - 11.2.1. Métodos convencionales
    - 11.2.2. Métodos mecanizados (TBMs)
  - 11.3. Tendencias actuales en la ingeniería funcional de túneles (instalaciones y seguridad)
- 12. Tema G9 Cavernas
- 13. Tema G10 Control geomecánico de túneles y obras subterráneas
  - 13.1. Mapeo geomecánico de la frente
  - 13.2. Monitoreo
- 14. Tema G12 Instalaciones
  - 14.1. Ventilación
  - 14.2. Drenaje y desagüe. Impermeabilización
  - 14.3. Redes y servicios
- 15. Legislación
  - 15.1. Requisitos de diseño de túneles de ferrocarril
  - 15.2. Requisitos de diseño de túneles de carretera



## 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><b>Introducción a la construcción subterránea. Perspectiva histórica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Utilización del espacio subterráneo</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejemplos de grandes obras subterráneas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Diseño de obras subterráneas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>El proyecto de la obra subterránea pública</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>La geometría del proyecto</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p><b>El proyecto de la obra subterránea minera</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>El proyecto geotécnico de la rampa de acceso a una mina</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de cámaras de mina</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>Diseño de pilares de mina</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Rellenos de cámaras. Recuperación de pilares</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de pozos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

5	<p><b>Diseño del sostenimiento de galerías en mina. Ejecución del sostenimiento</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño del sostenimiento de cámaras.</b> <b>Cálculo de cables</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Control estructural de galerías y túneles. Cuñas y bloques</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
6	<p><b>Subsistencia originada por explotaciones mineras</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Subsistencia originada por túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Corte de rocas por medios mecánicos. Picas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p><b>Cálculo del rendimiento de minadores.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Propiedades de las rocas que influyen en el arranque. Desgaste de los útiles de corte</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Planteamiento de un caso práctico</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p><b>Especificaciones técnicas. Juntas y deformabilidad</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Cálculo de rendimiento de tuneladoras</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tuneladoras. Método del NTNU</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p><b>Tuneladoras. Método de la CSM</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tuneladoras. Método de Barton</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ensayos de laboratorio</b> Duración: 01:00</p>			

	LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	<p><b>Caso práctico de TBM. Resolución con el método del NTNU</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Caso práctico de TBM. Resolución con el método de la CSM</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Caso práctico de TBM. Resolución con el método de Barton</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>Reconocimiento del terreno</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Toma de datos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ensayos in situ</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p><b>Métodos de cálculo de una obra subterránea</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño observacional del sostenimiento de túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Métodos constructivos de túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Prueba de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:00</p>
13	<p><b>Tecnología de la construcción. Excavación con perforación y voladura</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Excavación de túneles con TBM's</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Excavación de cavernas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14	<p><b>Contyrol geomecánico de túneles y obras subterráneas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tecnología de la construcción. Instalaciones. Ventilación. Desagüe. Impermeabilización</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

	<b>Instalaciones para la explotación de túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	<b>Legislación</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Requisitos de diseño. Túneles de ferrocarril</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Requisitos de diseño . Túneles de carretera</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
16				<b>Prueba de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:00
17				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 01:30

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
12	Prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	66%	5 / 10	F30 F25 CG 1 CG 2 CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 CG 7 CG 9 CG 10 F29
16	Prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	34%	5 / 10	F30 F25 CG 1 CG 2 CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 CG 7 CG 9 CG 10 F29

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	100%	5 / 10	F30 F25 CG 1 CG 2 CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 CG 7 CG 9 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.

Cada examen será de carácter teórico-práctico

Para poder promediar los exámenes de evaluación continua se exige un mínimo de 4 puntos sobre 10 en cada uno de ellos, siendo la media global igual o superior a 5.

Obteniendo una calificación de 5 puntos sobre 10 o superior en cualquiera de los exámenes de evaluación continua se considerará liberado para el examen final.

Los exámenes parciales son liberatorios para los finales

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Manual de túneles	Bibliografía	Manual De Túneles y Obras Subterráneas. . LOPEZ  GIMENO, C. ed., 2011th ed. Madrid: U.D. Proyectos  (ETSI Minas-UPM), 011,  2011. ISBN 978-84-96140-35-6
Manual de clasificaciones geomecánicas	Bibliografía	BIENIAWSKI, Z.T. Engineering rock mass  classifications. John Wiley and  Sons, Nueva York, 1989.
Manual de excavaciones en roca	Bibliografía	HOEK, E.; KAISER, P. K. and BAWDEN, W. F. Support  of Underground Excavations in Hard Rock: Book  Review. London,;  Institution of Structural Engineers., 1997. ISBN  0039-2553
Plataforma Moodle: asignatura "Obras Subterráneas"	Recursos web	Curso en MOODLE
Apuntes	Recursos web	HOEK, E. Rock Engineering. Course notes.  <a href="http://www.rocscience.com">http://www.rocscience.com</a>   2011
Laboratorios	Equipamiento	Laboratorio de Mecánica de Rocas y Laboratorio de  Mecánica de  Suelos