



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



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

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**63000142 - Ingeniería De Explosivos: Diseño, Control Y Optimizacion**

### PLAN DE ESTUDIOS

06AF - Máster Universitario En Ingeniería De Minas

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer 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.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	8

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	63000142 - Ingeniería de Explosivos: Diseño, Control y Optimización
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06AF - Máster Universitario en Ingeniería de Minas
<b>Centro responsable de la titulación</b>	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Pablo Segarra Catusus	625	pablo.segarra@upm.es	L - 09:00 - 11:00 M - 16:00 - 18:00 J - 09:00 - 11:00
Jose Angel Sanchidrian Blanco (Coordinador/a)	616	ja.sanchidrian@upm.es	V - 09:00 - 15:00

Lina María Lopez Sanchez	622	lina.lopez@upm.es	M - 08:30 - 10:00 X - 08:30 - 10:00 J - 08:30 - 10:00 V - 08:30 - 10:00
--------------------------	-----	-------------------	--

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

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Gomez Mateos, Santiago	santiago.gomez@upm.es	Sanchidrian Blanco, Jose Angel
Fernandez Osorio, Alberto	alberto.fernandez@upm.es	Sanchidrian Blanco, Jose Angel

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Máster Universitario en Ingeniería de Minas no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Laboreo de minas
- Mecánica de rocas
- Propiedades, ensayos, manejo, fabricación y utilización de explosivos industriales.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE01 - Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyectos, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería de minas.

CE12 - Capacidad para proyectar, gestionar y dirigir la fabricación, transporte, almacenamiento, manipulación y uso de explosivos y pirotecnia

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA155 - Comprender los aspectos económicos de la voladura y su interrelación con el coste global de la operación para su gestión óptima.

RA156 - Comprender el ciclo de vida del explosivo y la huella de carbono de la voladura en el marco de la operación minera.

RA152 - Aplicar las tecnologías disponibles, incluyendo software y equipos de medida, al diseño y control de voladuras.

RA154 - Aplicar los métodos de medida de las vibraciones y onda aérea, sus modelos y su control y mitigación.

RA151 - Aplicar los modelos de fragmentación de roca para el diseño de voladuras.

RA153 - Conocer el mecanismo de daño a la roca por voladura, su implicación en la estabilidad del macizo, y aplicar métodos para su medida, modelización, control y mitigación.

RA157 - Capacidad de abordar el diseño de cualquier tipo de voladuras.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura profundiza en el conocimiento de los aspectos claves de la Ingeniería de explosivos enfocados a la optimización de las operaciones de excavación por voladura. El estudiante aprende a utilizar herramientas de diseño experto. Se estudian los elementos de seguridad de la explotación, las afecciones medioambientales y los aspectos económicos de la excavación por voladura en el contexto global ('mine-to-mill') de la operación minera.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Fragmentación por voladura: modelos, medidas y control de fragmentación de la roca
  - 1.1. La interacción explosivo-roca. I: Principios de funcionamiento de los explosivos
  - 1.2. La interacción explosivo-roca. II: Mecanismos de fragmentación de la roca
  - 1.3. Distribuciones granulométricas
  - 1.4. Modelos de fragmentación por voladura
  - 1.5. Medida de la fragmentación por voladura
2. Proyecto y control de voladuras. Control geométrico; evaluación del funcionamiento del explosivo y accesorios. Laboratorio en campo y software de diseño
  - 2.1. Diseño de voladuras en banco
  - 2.2. Diseño de voladuras en túnel
  - 2.3. Otras voladuras
3. Impacto ambiental de la voladura: Medidas, modelos, control y mitigación. Laboratorio en campo. Software
  - 3.1. Vibraciones
  - 3.2. Onda aérea. Ingeniería de seguridad
  - 3.3. Productos de detonación. Gases. Huella de carbono y ciclo de vida
4. La voladura en la operación minera
  - 4.1. Daño a la roca y control del talud
  - 4.2. Control de dilución del mineral
  - 4.3. Optimización de la operación mina-planta
5. Fabricación, almacenamiento y transporte de explosivos

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Teama 1.1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>1.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>1.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>1.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>1.4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>2.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>1.5</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>2.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>2.1</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	<b>2.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>2.2</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7		<b>2.1 (Prácticas en mina)</b> Duración: 05:00 OT: Otras actividades formativas		
8	<b>2.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>2.3</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio  <b>3.1</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
9		<b>5. Fabricación, almacenamiento y transporte: Visitas técnicas.</b> Duración: 05:00 OT: Otras actividades formativas		

10	<p><b>3.1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>3.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p><b>4.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>4.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>3.3</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
13	<p><b>4.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14				<p><b>Evaluación mediante entrega de proyectos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 03:00</p>
15				<p><b>Examen</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00</p>
16				
17				

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 derivadas de la situación creada por la COVID-19.



## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
14	Evaluación mediante entrega de proyectos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE12 CE01

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
15	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE01 CE12

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE01 CE12

## 7.2. Criterios de evaluación

La asistencia y contribución general al curso tendrá un peso del 20 % en la nota de evaluación continua.

Es necesario asistir al 60 % de las clases como mínimo para seguir la modalidad de evaluación continua.

Algunas actividades pueden no ser evaluables, dependiendo del número de alumnos y recursos disponibles.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
General	Bibliografía	Persson PA, Holmberg R, Lee J. 1994. Rock blasting and explosives engineering. Boca Raton, FL: CRC Press. Zhang, Z-X. 2016. Rock Fracture and Blasting. Theory and Applications. Butterworth-Heinemann / Elsevier.
Avanzado - talud	Bibliografía	Hustrulid WA, McCarter MK, Van Zyl DJA. 2000. Slope stability in surface mining. Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
Avanzado - vibraciones	Bibliografía	Dowding CH. 2000. Construction vibrations. Cleveland, OH: International Society of Explosives Engineers
Avanzado - de todo	Bibliografía	Proceedings, International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting (FRAGBLAST). 2018, 2015, 2012, 2009, 2006, 2002, 1999, 1996, 1993, 1990, 1987, 1983

Equipos de medida y análisis de voladuras (I)	Equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D Laser profiler&lt;br /&gt;</li> <li>- Borehole deviation probe&lt;br /&gt;</li> <li>- Sismógrafos&lt;br /&gt;</li> <li>- Medidor velocidad de detonación&lt;br /&gt;</li> <li>- Vídeo alta velocidad</li> </ul>
Equipos de medida y análisis de voladuras (II)	Equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotogrametría terrestre de banco Blastmetrix + Shapemetrix 3G&lt;br /&gt;</li> <li>- Fotogrametría aérea de banco y subterránea UAV&lt;br /&gt;</li> <li>- Acelerómetros&lt;br /&gt;</li> <li>- Transductores de presión&lt;br /&gt;</li> <li>- Equipos de registro multicanal a 10 MHz&lt;br /&gt;</li> <li>- Televiwer (optical borehole logger)</li> </ul>
Software	Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- JK-Simblast&lt;br /&gt;</li> <li>- i-Blast 6&lt;br /&gt;</li> <li>- Face 3D&lt;br /&gt;</li> <li>- Blastware&lt;br /&gt;</li> <li>- Split&lt;br /&gt;</li> <li>- Fragmenter&lt;br /&gt;</li> <li>- Mine Plan Package: MP core, MP Blast Design, MP Blast Tie-in &amp; Charge</li> </ul>