



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

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

63000142 - Ingeniería de Explosivos: Diseño, Control y Optimización

PLAN DE ESTUDIOS

06AF - Master Universitario En Ingeniería De Minas

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - 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.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	8

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	63000142 - Ingeniería de Explosivos: Diseño, Control y Optimización
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Segundo curso
Semestre	Tercer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	06AF - Master Universitario En Ingeniería De Minas
Centro responsable de la titulación	06 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía
Curso académico	2019-20

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jose Angel Sanchidrian Blanco (Coordinador/a)	616	ja.sanchidrian@upm.es	J - 16:00 - 19:00 V - 16:00 - 19:00
Lina Maria 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

Pablo Segarra Catusus	625	pablo.segarra@upm.es	L - 09:00 - 11:00 M - 16:00 - 18:00 J - 09:00 - 11:00
Ricardo Castedo Ruiz	629	ricardo.castedo@upm.es	M - 10:00 - 13:00 X - 10:00 - 13:00

* 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

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

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Mecánica de rocas
- Laboreo de minas
- 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

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.

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.

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 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. Trabajo 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. Trabajo 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 presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	Teama 1.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral 1.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	1.3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral 1.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	1.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral 1.5 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	2.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	1.5 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	2.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	2.1 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	2.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	2.2 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7			2.1 (Prácticas en mina) Duración: 05:00 OT: Otras actividades formativas	
8	2.3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral 3.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	2.3 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

9			5. Fabricación, almacenamiento y transporte: Visitas técnicas. Duración: 05:00 OT: Otras actividades formativas	
10	3.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral 3.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	3.1 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
11	3.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral 3.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	4.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral 4.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	3.3 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13	4.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14				Evaluación mediante entrega de proyectos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 20:00
15				
16				Examen EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00
17				

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
14	Evaluación mediante entrega de proyectos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	20:00	80%	5 / 10	CE01 CE12

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	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"> - 3D Laser profiler
 - Borehole deviation probe
 - Sismógrafos
 - Medidor velocidad de detonación
 - Vídeo alta velocidad
Equipos de medida y análisis de voladuras (II)	Equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Fotogrametría terrestre Blastmetrix + Shapemetrix 3G
 - Acelerómetros
 - Transductores de presión
 - Equipos de registro multicanal a 10 MHz
 - Televiewer (optical borehole logger)
Software	Otros	<ul style="list-style-type: none"> - JK-Simblast
 - i-Blast 6
 - Face 3D
 - Blastware
 - Split
 - Mine Plan Package: MP core, MP Blast Design, MP Blast Tie-in & Charge
 - LS-DYNA