



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

2020/21 - 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

| | |
|--|---|
| 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 | 2020-21 |

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 |
|-----------------------|-----|----------------------|---|

* 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 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 | Tele-enseñanza | 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 Presencial Duración: 03:00 |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | Examen EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00 |
| 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 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 | Presencial | 03:00 | 100% | 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 de banco Blastmetrix + Shapemetrix 3G - Fotogrametría aérea de banco y subterránea UAV - 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 |