

ANEXO II

Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Universidad de Huelva)
Escuela Politécnica Superior de Belmez (Universidad de Córdoba)
Escuela Politécnica Superior de Linares (Universidad de Jaén)

GUIA DOCENTE

CURSO 23/24



Universidad
de Huelva



UNIVERSIDAD DE CORDOBA



UNIVERSIDAD DE JAÉN

DATOS DE LA
ASIGNATURA

Nombre:

INGENIERÍA DE EXPLOSIVOS

Denominación en Inglés:

Explosive Engineering

Código:

1170306

Carácter:

Obligatorio

Horas:

Trabajo Estimado	Totales	Presenciales	No Presenciales
70	100	28,5	71,5

Créditos:

Grupos Grandes	Grupos Reducidos			
	Aula estándar	Laboratorio	Prácticas de campo	Aula de informática
3			1	

Departamentos:

Ingeniería Minera, Mecánica, Energética y de la Construcción, UHU

Áreas de Conocimiento:

(UHU) Explotación de Minas

Mecánica, UCO

(UCO) Explotación de Minas

Ingeniería Mecánica y Minera, UJA

(UJA) Explotación de Minas

Curso:

I

Cuatrimestre

Iº

ANEXO II

DATOS DEL PROFESORADO (*Profesorado coordinador de la asignatura)

Nombre:	E-mail:	Teléfono:
Antonio González López	antonio.gonzalez@dimme.uhu.es	692 85 92 04
David Murillo Silo	pl2musid@uco	626 62 58 72
Julián A. Martínez López (UJA)	jmartine@ujaen.es	953 64 85 28

Datos adicionales del profesorado (Tutorías, Horarios, Despachos, etc...)

Antonio González López: Despacho 27, Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Campus "El Carmen".

ANEXO II

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

I. Descripción de Contenidos:

1.1 Breve descripción (en Castellano):

Propiedades, características y ensayos de determinación de los explosivos industriales. Procesos de fabricación y uso de los explosivos. Criterios para la elección de explosivos. Métodos de cálculo de las diferentes técnicas de voladura a cielo abierto y de interior, las medidas de control de las alteraciones. Normas de seguridad y manejo.

1.2 Breve descripción (en Inglés):

Properties, characteristics and determination tests of industrial explosives. Processes of manufacture and use of explosives. Criteria for the choice of explosives. Calculation methods of the different blasting techniques in the open and interior, the measures of control of the alterations. Safety and handling regulations.

2. Situación de la asignatura:

2.1 Contexto dentro de la titulación:

La asignatura de Ingeniería de Explosivos se considera muy importante dentro del plan de estudios de la titulación de Máster en ingeniería de minas, debido a que se corresponde con un campo de gran aplicación dentro del sector de la extracción de recursos naturales, la cual únicamente puede ser desarrollada legalmente por titulados en materia de minas.

El diseño y cálculo de voladura que desde la Ingeniería Técnica o Grado de Ingeniería en Explotación de Minas y Recursos Energéticos se imparte, ahora se completa con el mayor desarrollo de la mejora en el diseño y la optimización de la voladura, el incremento de técnicas de control y mejora de la seguridad aplicadas para un buen desarrollo de una explotación minera u obra civil, etcétera.

2.2 Recomendaciones:

Tener amplios conocimientos técnicos y empíricos para poder ser capaz de entender y aplicar los conceptos desarrollados en la asignatura.

3. Objetivos (Expresados como resultado del aprendizaje, o habilidades o destrezas y conocimientos):

3.1 Habilidades y destrezas:

HD 11: Conoce la naturaleza de los explosivos. Es capaz de comprender el significado de las características de los explosivos, y cómo se determinan, tanto desde el punto de vista teórico como práctico. Es capaz de diseñar voladuras a cielo abierto, diseñar voladuras en túnel, calculando las diferentes secciones, los esquemas de perforación y la secuencia de encendido.

3.2 Contenidos o conocimientos:

COM01: Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

COM03: Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y

ANEXO II

éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

COM05: Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COM08: Saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.

COM11: Concebir la Ingeniería de Minas en un marco de desarrollo sostenible.

COM13: Entender la trascendencia de los aspectos relacionados con la seguridad y saber transmitir esta sensibilidad a las personas de su entorno.

COM16: Adquirir conocimientos avanzados y demostrar, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.

COM17: Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de aspectos teóricos y prácticos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.

COM18: Dominar en un nivel intermedio una lengua extranjera, preferentemente el inglés.

COM19: Utilizar de manera avanzada las tecnologías de la información y la comunicación.

COM22: Definir y desarrollar el proyecto académico y profesional.

COM24: 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, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la Ingeniería de Minas.

COM25: Conocimiento adecuado de aspectos científicos y tecnológicos de mecánica de fluidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estructuras, geotecnia, carboquímica y petroquímica.

COM27: Conocimiento adecuado de modelización, evaluación y gestión de recursos geológicos, incluidas las aguas subterráneas, minerales y termales.

COM30: Capacidad para la realización de estudios de gestión del territorio y espacios subterráneos, incluyendo la construcción de túneles y otras infraestructuras subterráneas.

COM32: Capacidad para proyectar y ejecutar tratamientos de aguas y gestión de residuos (urbanos, industriales o peligrosos).

C11: Conoce las propiedades, características y ensayos de determinación de los explosivos industriales, así como los procesos de fabricación y uso de los explosivos. Es capaz de establecer criterios para la elección de explosivos. Conoce los métodos de cálculo de las diferentes técnicas de voladura a cielo abierto y de interior y las normas de seguridad y manejo.

4. Competencias a adquirir por los estudiantes

ANEXO II

4.1 Competencias específicas:

CE1. 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, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la Ingeniería de Minas.

CE2. Conocimiento adecuado de aspectos científicos y tecnológicos de mecánica de fluidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estructuras, geotecnia, carboquímica y petroquímica.

CE4. Conocimiento adecuado de modelización, evaluación y gestión de recursos geológicos, incluidas las aguas subterráneas, minerales y termales.

CE7. Capacidad para la realización de estudios de gestión del territorio y espacios subterráneos, incluyendo la construcción de túneles y otras infraestructuras subterráneas.

CE9. Capacidad para proyectar y ejecutar tratamiento de aguas y gestión de residuos (urbanos, industriales y peligrosos)

4.2 Competencias básicas, generales o transversales:

Generales

CG3. Saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre las que se sustentan.

CG6. Concebir la Ingeniería de Minas en un marco de desarrollo sostenible.

CG8. Entender la trascendencia de los aspectos relacionados con la seguridad y saber transmitir esta sensibilidad a las personas de su entorno.

CG11. Adquirir conocimientos avanzados y demostrar, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.

CG12. Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de aspectos teóricos y prácticos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.

Básicas

CB6. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB8. Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CB10. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un

ANEXO II

modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

Transversales

CT1. Dominar en un nivel intermedio una lengua extranjera, preferentemente el inglés CT2. Utilizar de manera avanzada las tecnologías de la información y la comunicación

CT5. Definir y desarrollar el proyecto académico y profesional

5. Actividades Formativas y Metodologías Docentes

5.1 Actividades formativas:

- Sesiones de Teoría sobre los contenidos del Programa.
- Sesiones de Resolución de Problemas.
- Sesiones de Campo de aproximación a la realidad Industrial.
- Actividades académicamente dirigidas por el Profesorado: seminarios, conferencias, desarrollo de trabajos, debates, etc.
- Tutorías colectivas, actividades de evaluación y autoevaluación.

5.2 Metodologías Docentes:

- Clase Magistral Participativa.
- Desarrollo de Prácticas de Campo en grupos reducidos.
- Resolución de Problemas y Ejercicios Prácticos.
- Tutorías Individuales o Colectivas. Interacción directa profesorado-estudiantes.
- Planteamiento, Realización, tutorización y Presentación de Trabajos.
- Conferencias y Seminarios.
- Evaluaciones y Exámenes.

5.3 Desarrollo y Justificación:

Actividades formativas:

Las sesiones de teoría y de resolución de problemas se impartirán en el aula, mediante exposición oral, pizarra, videos, etc. Las actividades académicamente dirigidas tendrán lugar en el aula, mensualmente, sirviendo la última de ellas como tutoría colectiva antes del examen.

Las actividades de evaluación tendrán lugar en el aula, salvo en lo referente al trabajo individual, realizándose un examen final de dos horas de duración.

Metodología docente:

La clase magistral será impartida por el profesor encargado en el aula y en ella se desarrollarán las sesiones de teoría y de resolución de problemas antes mencionadas.

Con respecto al planteamiento y la resolución de trabajos (opcional), el profesorado ofrecerá una serie de posibilidades que pueden ser escogidas por los alumnos o no, pudiendo éstos elegir libremente con el fin de desarrollar algún tema comprendido dentro del ámbito de la asignatura. Para la realización del trabajo escrito individual, se entregará al estudiante una recomendación para la confección del documento, que, una vez concluido, deberá ser remitido como documento informático a los coordinadores con plazo de una semana

ANEXO II

anterior a la fecha de realización del examen.

6. Temario Desarrollado

1. EXPLOSIVOS INDUSTRIALES.

Agentes explosivos secos. Hidrogeles. Emulsiones. Anfo pesado. Explosivos gelatinosos. Explosivos pulverulentos. Explosivos de seguridad. Pólvoras. Explosivos de dos componentes. Catalogación de explosivos.

2. SISTEMAS MECANIZADOS DE CARGA Y DESAGÜE DE BARRENOS. MEMUS. Sistemas mecanizados de carga de barrenos. Sistemas de desagüe. Memus.

3. VARIABLES CONTROLABLES DE LAS VOLADURAS.

Diámetro de los barrenos. Altura de banco. Inclinación de los barrenos. Retacado. Sobreperforación. Piedra y espaciamento. Esquemas de perforación. Geometría del frente libre. Tamaño y forma de la voladura. Volumen de expansión. Configuración de las cargas. Desacoplamiento de las cargas. Explosivos. Iniciación y cebado. Tiempos de retardo y secuencias de encendido. Influencia del equipo de carga. Perforación específica. Calidad de la perforación.

4. SECUENCIAS DE ENCENDIDO Y TIEMPOS DE RETARDO.

Secuencias de voladuras en banco con una fila. Secuencias de voladuras en banco con múltiples filas. Secuencias en cámaras subterráneas. Voladuras subterráneas de túneles y galerías. Esquemas de secuenciación no eléctrica.

5. VOLADURAS EN BANCO.

Pequeño diámetro. Gran diámetro. Barrenos horizontales. Escollera. Máximo desplazamiento. Cratering.

6. VOLADURAS SUBTERRÁNEAS DE PRODUCCIÓN EN MINERÍA.

Cráteres invertidos. Barrenos largos. Subniveles. Cámaras y pilares. Corte y relleno. Cuellos y cálculo de voladuras. Avances.

7. DEMOLICIONES DE ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS.

Diámetros de perforación. Tipos de explosivos. Elementos estructurales. Estructuras. Edificios. Estructuras metálicas. Vegetación. Cargas huecas. Control de alteraciones ambientales.

8. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS VOLADURAS.

Fragmentación y esponjamiento. Geometría de la pila, altura y desplazamiento. Estado residual del macizo rocoso. Análisis del piso. Bolos. Dilución. Vibraciones y onda aérea. Perfiles de las excavaciones subterráneas.

9. PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA.

Factores influyentes. Planificación de las etapas.

10. OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA DEL ARRANQUE CON PERFORACIÓN Y VOLADURA.

Binomio perforación y voladura. Modelo de optimización determinístico. Predicción de la fragmentación. Aplicación de un modelo determinístico. Modelo de optimización probabilístico. Nuevos métodos de optimización. Modelos numéricos. Voladuras de intensidad ultra elevada.

11. LAS VIBRACIONES TERRESTRES, LA ONDA AÉREA Y SU CONTROL.

Variables que afectan a las vibraciones. Características de las vibraciones. Características de la onda aérea. Instrumentación de registro y análisis. Estimadores de leyes de amortiguación. Criterios de prevención de daños en edificios. Efecto de las vibraciones y onda aérea. Recomendaciones. Programas informáticos. Modelo de evaluación de impacto ambiental. Evaluación de los costes.

12. LAS PROYECCIONES Y SU CONTROL.

Modelos de alcance. Protecciones. Recomendaciones.

ANEXO II

13. MEDIDAS DE SEGURIDAD. Perforación de barrenos.

Voladuras.

14. NORMATIVA BÁSICA SOBRE EXPLOSIVOS.

Normativa española. Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. Uso de explosivos.

7. Bibliografía

7.1 Bibliografía básica:

- LÓPEZ JIMENO, C. LÓPEZ JIMENO, E. y GARCÍA BERMÚDEZ, P. (2019). *Manual de perforación, explosivos y voladuras: Minería y obra pública*. Madrid: E.T.S.I. Minas y Energía. Universidad Politécnica de Madrid.
 - RÍOS VÁZQUEZ, J. (2009). *Curso básico de explosivos*. Oviedo: Fundación Luis Fernández Velasco.
- Disposiciones legales
- REGLAMENTO DE EXPLOSIVOS. Real Decreto 130/2017, de 24 de febrero.
 - REGLAMENTO GENERAL DE NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD MINERA. Real Decreto 863/1985, de 2 de Abril.

7.2 Bibliografía complementaria:

- SANZ CONTRERAS, J.L. et. al. (1993). *Manual para el control y diseño de voladuras en obras de carreteras*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- BERNAOLA ALONSO, J., CASTILLA GÓMEZ, J. y HERRERA HERBERT, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. Madrid: E.T.S.I. Minas y Energía. Universidad Politécnica de Madrid.

Manuales técnicos

- ATLAS COPCO. Manual. Madrid.
- ITGE 1985- Manual de perforación y voladuras. Madrid.
- ITGE 1991- Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea
- ITGE 1991- Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto
- ITGE 1991- Manual de ingeniería de taludes
- ITGE 1987- Factores geomecánicos que influyen en la selección de equipos de arranque
- ITGE 1987- Geotecnología del avance mecanizado de galerías, túneles y pozos
- LANGEFORS. Voladuras de rocas. Ed. Urmo. Bilbao
- MINISTERIO DE ENERGÍA, TURISMO Y AGENDA DIGITAL. Guía de buenas prácticas en el diseño y ejecución de voladuras en banco.

ANEXO II

8. Sistemas y criterios de evaluación
8.1 Sistemas de evaluación:
<ul style="list-style-type: none">▪ Examen de teoría/problemas▪ Defensa de Trabajos e Informes Escritos▪ Defensa de prácticas
8.2 Criterios de evaluación relativos a cada convocatoria:
8.2.1 Convocatoria I (Febrero/Junio):
<p>Evaluación continua, donde la calificación obtenida en el/los exámenes supondrá el 50% de la calificación de la asignatura, donde se adquieren las competencias EE01, CB2, CB3, será necesario aprobar la parte correspondiente a dicho examen para poder sumar el resto de conceptos.</p> <p>La calificación obtenida en la realización de los informes de prácticas (campo) 20%, así como de las actividades académicas dirigidas (defensa de trabajos), supondrán el 20% de la calificación de la asignatura, obteniendo las competencias CG03, CG06, CG08, CG11 y CG12. Para dar cumplimiento al seguimiento individual del alumno se opta por la presencialidad de al menos el 75% , donde se evaluará la actitud y aptitud del alumno, siendo obligatoria para poder aprobar la asignatura, con un peso sobre el total del 10% de la calificación de la asignatura. Con todo ello se evaluarán las mismas competencias reseñadas anteriormente.</p> <p>También se contempla que los requisitos mínimos para la obtención de la mención de "Matrícula de Honor" sea, obtener una calificación de sobresaliente (10) en todas y cada una de las actividades de evaluación.</p> <p>En caso de que el alumno opte por la evaluación única, véase el punto 8.3.</p>
8.2.2 Convocatoria II (Septiembre):
<p>En caso de que el alumne opte por la evaluación continua, veáse el epígrafe 8.2.1.</p> <p>En caso de que el alumno opte por la evaluación única, véase el punto 8.3.</p>
8.2.3 Convocatoria III (Diciembre):
<p>En caso de que el alumne opte por la evaluación continua, veáse el epígrafe 8.2.1.</p> <p>En caso de que el alumno opte por la evaluación única, véase el punto 8.3.</p>
8.2.4 Convocatoria extraordinaria noviembre:
<p>En caso de que el alumne opte por la evaluación continua, veáse el epígrafe 8.2.1.</p> <p>En caso de que el alumno opte por la evaluación única, véase el punto 8.3.</p>
8.3 Evaluación única final:
<p>Aquellos alumnos que no puedan acogerse a la evaluación continua propuesta, serán evaluados con un único examen final, donde la calificación (único valor de la nota del 100%) será de una única prueba donde el estudiante tiene que demostrar que ha sido capaz de adquirir las competencias de la asignatura de manera autónoma sin hacer uso de los procedimientos de enseñanza aprendizaje que se ha diseñado en el periodo docente. Dicha prueba versará sobre una serie de preguntas cortas de desarrollo sobre el temario impartido (este criterio se aplicará también a las convocatorias extraordinarias).</p>

ANEXO II

9. Organización docente semanal orientativa:							
Fecha	Grupos Grandes	G. Reducidos				Pruebas y/o act. evaluables	Contenido desarrollado
		Aul. Est.	Lab.	P. Camp	Aul. Inf.		
Semana 11	4,5						
Semana 12	6						
Semana 13	6						
Semana 15	6						
Semana prácticas				6			
/							
Total	22,5			6			