



## **Datos Descriptivos**

<b>ASIGNATURA:</b>	INGENIERÍA DE EXPLOSIVOS
<b>MATERIA:</b>	INGENIERÍA DE EXPLOSIVOS
<b>CRÉDITOS EUROPEOS:</b>	4,5
<b>CARÁCTER:</b>	OBLIGATORIA ESPECIALIDAD
<b>TITULACIÓN:</b>	GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA MINERA
<b>CURSO/SEMESTRE</b>	4º - PRIMER SEMESTRE
<b>ESPECIALIDAD:</b>	

<b>CURSO ACADÉMICO</b>	<b>2013-14</b>		
<b>PERIODO IMPARTICION</b>	<b>Septiembre- Enero</b>	<b>Febrero - Junio</b>	
		x	
<b>IDIOMA IMPARTICIÓN</b>	<b>Sólo español</b>	<b>Sólo inglés</b>	<b>Ambos</b>
	x		

<b>DEPARTAMENTO:</b>	INGENIERÍA QUÍMICA Y COMBUSTIBLES	
<b>PROFESORADO</b>		
<b>NOMBRE Y APELLIDO (C = Coordinador)</b>	<b>DESPACHO</b>	<b>Correo electrónico</b>
<b>JOSÉ ANGEL SANCHIDRIÁN BLANCO (C)</b>	416	ja.sanchidrian@upm.es
<b>LINA MARÍA LÓPEZ SÁNCHEZ</b>	423	lina.lopez@upm.es
<b>PABLO SEGARRA CATASÚS</b>	425	pablo.segarra@upm.es
<b>JESÚS FÉLIX DOMINGO PERLADO</b>	424	jesusfelix.domingo@upm.es

<b>CONOCIMIENTOS PREVIOS REQUERIDOS PARA PODER SEGUIR CON NORMALIDAD LA ASIGNATURA</b>	
<b>ASIGNATURAS SUPERADAS</b>	Química II
	Mecánica de rocas y suelos
<b>OTROS RESULTADOS DE APRENDIZAJE NECESARIOS</b>	

## Objetivos de Aprendizaje

COMPETENCIAS Y NIVEL ASIGNADAS A LA ASIGNATURA		
Código	COMPETENCIA	NIVEL
CE32	1. Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades generales.	N3
CE32	2. Conocer de forma elemental la composición y las propiedades de los explosivos, mezclas explosivas y mezclas pirotécnicas más importantes.	N3
CE32	3. Aplicar los criterios para la más adecuada selección de los explosivos para las distintas aplicaciones.	N3
CE32	4. Aplicar los métodos de ejecución de las voladuras en banco y en túnel.	N3
CE32	5. Conocer las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta en la correcta utilización de los explosivos.	N3
CE32	6. Conocer los efectos medioambientales de la utilización de los explosivos y su control.	N3
CE32	7. Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de:, manejo y utilización de explosivos industriales. Ensayos de caracterización de sustancias explosivas. Transporte y distribución de explosivos.	N3

Código	RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA
RA1	1. Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades generales.
RA2	2. Conocer de forma elemental la composición y las propiedades de los explosivos, mezclas explosivas y mezclas pirotécnicas más importantes.
RA3	3. Aplicar los criterios para la más adecuada selección de los explosivos para las distintas aplicaciones.
RA4	4. Aplicar los métodos de ejecución de las voladuras en banco y en túnel.
RA5	5. Conocer las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta en la correcta utilización de los explosivos.
RA6	6. Conocer los efectos medioambientales de la utilización de los explosivos y su control.
RA7	7. Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: manejo y utilización de explosivos industriales y materiales pirotécnicos. Ensayos de caracterización de sustancias explosivas. Transporte y distribución de explosivos.

## Contenidos y Actividades de Aprendizaje

CONTENIDOS ESPECÍFICOS (TEMARIO)		
TEMA / CAPITULO	APARTADO	Indicadores Relacionados
<b>Tema 1</b> Introducción	1.1 Introducción. Conceptos fundamentales sobre los materiales energéticos	IN1
<b>Tema 2</b> Principios de funcionamiento de los explosivos	2.1 Detonación	IN2
	2.2 Confinamiento	
	2.3 Diámetro crítico	
	2.4 Iniciación por choque. Puntos calientes	
<b>Tema 3</b> Propiedades de los explosivos	3.1 Propiedades energéticas	IN3
	3.2 Propiedades relacionadas con la fiabilidad	
	3.3 Propiedades relacionadas con la seguridad	
<b>Tema 4</b> Productos explosivos	4.1 Clasificación	IN4
	4.2 Sustancias explosivas. Propiedades, usos	
	4.3 Mezclas explosivas. Propiedades, usos	
<b>Tema 5</b> Sistemas de iniciación. Constitución, funcionamiento, uso y seguridad	5.1 Cordón detonante	IN5
	5.2 Detonadores eléctricos	
	5.3 Detonadores no eléctricos	
	5.4 Detonadores electrónicos	
	5.5 Multiplicadores	
<b>Tema 6</b> Técnicas de voladura	6.1 Mecanismo de fragmentación de la roca	IN6
	6.2 Voladuras en banco. Cálculos básicos, secuenciación, diseño. Ejercicios	
	6.3 Voladuras en túnel. Cálculos básicos, secuenciación, diseño. Ejercicios	
	6.4 Otras voladuras. Precorte, zanja, apertura, pozos, subacuáticas	
<b>Tema 7</b> Efectos medioambientales de las voladuras	7.1 Vibraciones	IN7
	7.2 Onda aérea	
	7.3 Proyecciones	
<b>Tema 8</b> Reglamentación	Normativa: Transporte, uso.	IN8

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS MODALIDADES ORGANIZATIVAS  
UTILIZADAS Y MÉTODOS DE ENSEÑANZA EMPLEADOS**

<b>CLASES DE TEORÍA</b>	Explicación por el profesor.
<b>CLASES PROBLEMAS</b>	Realización de problemas, generalmente por el profesor, ocasionalmente con la participación del alumno.
<b>SEMINARIO DE DISEÑO</b>	Aplicación de modelos de simulación de voladuras.
<b>PRÁCTICAS DE CAMPO</b>	Mediciones para el diseño y control de voladuras.
<b>TUTORÍAS</b>	Atención personalizada a cada estudiante.

<b>RECURSOS DIDÁCTICOS</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	Sanchidrián, J.A. y Muñiz, E. Curso de tecnología de explosivos. Fundación Gómez Pardo. 2000
	Persson, P.A., Holmberg, R. & Lee, J. Rock blasting and explosives engineering. CRC Press, Boca Raton, FL. 1994
	ISEE. Blasters' Handbook. International Society of Explosives Engineers. Cleveland, OH. 2012
<b>RECURSOS WEB</b>	Documentación en Moodle
	Videos demostrativos
	Presentaciones de clase
<b>EQUIPAMIENTO</b>	Equipos de medida en campo: telémetro láser (estación total robotizada), sistema de fotogrametría terrestre, equipos de registro multicanal, sismógrafos, cámara de alta velocidad, equipo de medida de velocidad de detonación.
	Aulas de informática
<b>SOFTWARE</b>	Software comercial de diseño de voladuras (licencia académica)

## Cronograma de trabajo de la asignatura

Se m.	ACTIVIDAD	MODALIDAD	MET. ENSEÑANZA	LUGAR	Horas	Horario	EVAL.	PREPA- RACIÓN (%)	CARGA (%)
1	1 Introducción	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	Mi 13-14	No		0.9%
1	1 Introducción	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	V 10-11	No		0.9%
1	2 Principios de funcionamiento de los explosivos	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	V 11-12	No		0.9%
1	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3		No		2.6%
2	2 Principios de funcionamiento de los explosivos	Clases Teóricas	Lección Magistral	Sim.	1	Mi 13-14	No		0.9%
2	5 Sistemas de iniciación. Constitución, funcionamiento, uso y seguridad	Clases Teóricas	Lección Magistral	Sim.	2	V 10-12	No		1.7%
2	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3		No		2.6%
3	2 Principios de funcionamiento de los explosivos	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	Mi 13-14	No		0.9%
3	5 Sistemas de iniciación. Constitución, funcionamiento, uso y seguridad	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	V 10-11	No		0.9%
3	6 Técnicas de voladura	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	V 11-12	No		0.9%
3	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3		No		2.6%
4	2 Principios de funcionamiento de los explosivos	Clases Teóricas	Lección Magistral	Sim.	1	Mi 13-14	No		0.9%
4	6 Técnicas de voladura	Clases Teóricas	Lección Magistral	Sim.	2	V 10-12	No		1.7%
4	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3		No		2.6%

5	3 Propiedades de los explosivos	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	Mi 13-14	No	0.9%
5	6 Técnicas de voladura	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	2	V 10-12	No	1.7%
5	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3		No	2.6%
6	3 Propiedades de los explosivos	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	Mi 13-14	No	0.9%
6	6 Técnicas de voladura	Clases de Problemas	Resolución de Ejercicios y Problemas	Aula	2	V 10-12	No	1.7%
6	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3		No	2.6%
7	3 Propiedades de los explosivos	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	Mi 13-14	No	0.9%
7	6 Técnicas de voladura	Clases de Problemas	Resolución de Ejercicios y Problemas	Aula	2	V 10-12	No	1.7%
7	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3		No	2.6%
8	3 Propiedades de los explosivos	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	Mi 13-14	No	0.9%
8	7 Efectos medioambientales de las voladuras	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	2	V 10-12	No	1.7%
8	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3		No	2.6%
9	4 Productos explosivos	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	Mi 13-14	No	0.9%
9	7 Efectos medioambientales de las voladuras	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	V 10-12	No	0.9%

9	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	2	No	1.7%		
10	Prácticas 1, 2, 3, 4 y 8	Práctica en mina	Prácticas en campo	Mina	5	J 12-14 (1)	No	4.3%	
10	8 Reglamentación	Clases Teóricas	Lección Magistral	Aula	2	V 10-12	No	1.7%	
10	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	7	No	6.0%		
11	4 Productos explosivos	Clases Teóricas	Prácticas en gabinete	Aula	1	Mi 13-14	No	0.9%	
11	Prácticas 5 y 9	Seminario	Prácticas en gabinete	Aula informática	2	V 10-12	No	1.7%	
11	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3	No	2.6%		
	Evaluación		Prueba objetiva	Aula			Si	10	8.5%
12	4 Productos explosivos	Clases Teóricas	Prácticas en gabinete	Aula	1	Mi 13-14	No	0.9%	
12	Práctica 6	Seminario	Prácticas en gabinete	Aula informática	2	V 10-12	No	1.7%	
12	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3	No	2.6%		
13	4 Productos explosivos	Clases Teóricas	Prácticas en gabinete	Aula	1	Mi 13-14	No	0.9%	
13	Práctica 7	Seminario	Prácticas en gabinete	Aula informática	2	V 10-12	No	1.7%	
13	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	3	No	2.6%		

14	4 Productos explosivos	Clases Teóricas	Prácticas en gabinete	Aula	1	Mi 13-14	No	0.9%
14								0.0%
14	Repaso de contenidos	Estudio autónomo	Estudio de teoría y problemas	Otros	1		No	0.9%
14	Evaluación	Examen	Prueba objetiva	Aula			Si	10 8.5%
		Examen	Prueba objetiva	Aula	2		Si	9 9.4%
		Examen	Prueba objetiva	Aula	2		Si	29 26.5%

<sup>(1)</sup> Tratará de hacerse en jueves o viernes; imposible programar de modo exacto por depender de la planificación de voladuras de la mina.

Práctica 1	Medida de velocidad de detonación en barreno
Práctica 2	Manejo de productos explosivos
Práctica 3	Manejo de sistemas de iniciación
Práctica 4	Control geométrico de voladuras
Práctica 5	Tratamiento de datos de campo (planteamiento de la voladura)
Práctica 6	Software de diseño de voladuras (banco)
Práctica 7	Software de diseño de voladuras (túnel)
Práctica 8	Medida de vibraciones y onda aérea
Práctica 9	Tratamiento de datos de campo (vibraciones y onda aérea)



<b>EVALUACIÓN SUMATIVA</b>			
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EVALUABLES</b>	<b>MOMENTO</b>	<b>LUGAR</b>	<b>PESO EN LA CALIFICACIÓN</b>
Conoce y distingue los distintos tipos de materiales energéticos, los principios de funcionamiento de los explosivos, sus principales características y sus métodos de determinación	Semana 14	Aula	0,43
Conoce los sistemas de iniciación, sabe calcular de forma elemental voladuras en banco y en túnel, es capaz de cuantificar los efectos medioambientales de las voladuras y conoce la reglamentación española	Semana 11	Aula	0,43
Prácticas	Continua		0,14

## CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

**Evaluación continua:** Se compondrá de:

- Dos pruebas (examen de bloques) a lo largo del curso.
- Evaluación de prácticas.

Los pesos de cada actividad son los que se indican en la columna "Peso en la calificación" de la tabla "Evaluación sumativa".

**Evaluación por examen final:** Una prueba objetiva al final del curso.

Para aprobar en **evaluación continua**, es necesario obtener una nota media ponderada mayor o igual que 5, y una nota mayor o igual que 3,5 en todos los bloques.

Los ejercicios de bloque y las prácticas son liberatorios para la convocatoria ordinaria y una extraordinaria.

El **examen final** se aplicará a los siguientes casos:

- 1 Quien no haya realizado la evaluación continua, que se examinará de los dos bloques. La nota final será la media de los mismos. Para aprobar la asignatura, esta nota deberá ser mayor o igual que 5.
- 2 Quien no haya aprobado en evaluación continua, que podrá optar por:
  - i. Examinarse solo del bloque no aprobado.
  - ii. Examinarse de los dos bloques.La nota final será la media de ambos bloques. Para aprobar la asignatura, esta nota deberá ser mayor o igual que 5.
- 3 Quien lo desee. La nota final será la media ponderada que obtenga en este examen, en el que se examinará de todos los bloques.



**POLITÉCNICA**

### ANEXO III

## Ficha Técnica de Asignatura

### Datos Descriptivos

<b>ASIGNATURA:</b>	INGENIERÍA DE EXPLOSIVOS		
<b>Nombre en Inglés:</b>	EXPLOSIVES ENGINEERING		
<b>MATERIA:</b>			
<b>Créditos Europeos:</b>	4,5	<b>Código UPM:</b>	
<b>CARÁCTER:</b>	OBLIGATORIA ESPECIALIDAD		
<b>TITULACIÓN:</b>	GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA MINERA		
<b>CURSO:</b>	4º - PRIMER SEMESTRE		
<b>ESPECIALIDAD:</b>			
<b>DEPARTAMENTO:</b>	INGENIERÍA QUÍMICA Y COMBUSTIBLES		

PERIODO IMPARTICION	Septiembre- Enero	Febrero - Junio	
	x		
IDIOMA IMPARTICIÓN	Sólo español	Sólo inglés	Ambos
	x		

CONOCIMIENTOS PREVIOS REQUERIDOS PARA PODER SEGUIR CON NORMALIDAD LA ASIGNATURA	
<b>ASIGNATURAS SUPERADAS</b>	Química II
	Mecánica de rocas y suelos
<b>OTROS RESULTADOS DE APRENDIZAJE NECESARIOS</b>	

## Objetivos de Aprendizaje

COMPETENCIAS Y NIVEL ASIGNADAS A LA ASIGNATURA		
Código	COMPETENCIA	NIVEL
CE32	1. Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades generales.	N3
CE32	2. Conocer de forma elemental la composición y las propiedades de los explosivos, mezclas explosivas y mezclas pirotécnicas más importantes.	N3
CE32	3. Aplicar los criterios para la más adecuada selección de los explosivos para las distintas aplicaciones.	N3
CE32	4. Aplicar los métodos de ejecución de las voladuras en banco y en túnel.	N3
CE32	5. Conocer las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta en la correcta utilización de los explosivos.	N3
CE32	6. Conocer los efectos medioambientales de la utilización de los explosivos y su control.	N3
CE32	7. Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de manejo y utilización de explosivos industriales. Ensayos de caracterización de sustancias explosivas. Transporte y distribución de explosivos.	N3

Código	RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA
RA1	1. Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades generales.
RA2	2. Conocer de forma elemental la composición y las propiedades de los explosivos, mezclas explosivas y mezclas pirotécnicas más importantes.
RA3	3. Aplicar los criterios para la más adecuada selección de los explosivos para las distintas aplicaciones.
RA4	4. Aplicar los métodos de ejecución de las voladuras en banco y en túnel.
RA5	5. Conocer las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta en la correcta utilización de los explosivos.
RA6	6. Conocer los efectos medioambientales de la utilización de los explosivos y su control.
RA7	7. Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de manejo y utilización de explosivos industriales. Ensayos de caracterización de sustancias explosivas. Transporte y distribución de explosivos.

## Contenidos y Actividades de Aprendizaje

CONTENIDOS ESPECÍFICOS (TEMARIO)		
TEMA / CAPITULO	APARTADO	Indicadores Relacionados
<b>Tema 1 Introducción</b>	1.1 Introducción. Conceptos fundamentales sobre los materiales energéticos	IN1
<b>Tema 2 Principios de funcionamiento de los explosivos</b>	2.1 Detonación	IN2
	2.2 Confinamiento	
	2.3 Diámetro crítico	
	2.4 Iniciación por choque. Puntos calientes	
<b>Tema 3 Propiedades de los explosivos</b>	3.1 Propiedades energéticas	IN3
	3.2 Propiedades relacionadas con la fiabilidad	
	3.3 Propiedades relacionadas con la seguridad	
<b>Tema 4 Productos explosivos</b>	4.1 Clasificación	IN4
	4.2 Sustancias explosivas. Propiedades, usos	
	4.3 Mezclas explosivas. Propiedades, usos	
<b>Tema 5 Sistemas de iniciación. Constitución, funcionamiento, uso y seguridad</b>	5.1 Cordón detonante	IN5
	5.2 Detonadores eléctricos	
	5.3 Detonadores no eléctricos	
	5.4 Detonadores electrónicos	
	5.5 Multiplicadores	
<b>Tema 6 Técnicas de voladura</b>	6.1 Mecanismo de fragmentación de la roca	IN6
	6.2 Voladuras en banco. Cálculos básicos, secuenciación, diseño. Ejercicios	
	6.3 Voladuras en túnel. Cálculos básicos, secuenciación, diseño. Ejercicios	
	6.4 Otras voladuras. Precorte, zanja, apertura, pozos, subacuáticas	
<b>Tema 7 Efectos medioambientales de las voladuras</b>	7.1 Vibraciones	IN7
	7.2 Onda aérea	
	7.3 Proyecciones	
<b>Tema 8 Reglamentación</b>	Normativa: Transporte, uso.	IN8

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS MODALIDADES ORGANIZATIVAS  
UTILIZADAS Y MÉTODOS DE ENSEÑANZA EMPLEADOS**

<b>CLASES DE TEORÍA</b>	Explicación por el profesor.
<b>CLASES PROBLEMAS</b>	Realización de problemas, generalmente por el profesor, ocasionalmente con la participación del alumno.
<b>SEMINARIO DE DISEÑO</b>	Aplicación de modelos de simulación de voladuras.
<b>PRÁCTICAS DE CAMPO</b>	Mediciones para el diseño y control de voladuras.
<b>TUTORÍAS</b>	Atención personalizada a cada estudiante.

<b>RECURSOS DIDÁCTICOS</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	Sanchidrián, J.A. y Muñiz, E. Curso de tecnología de explosivos. Fundación Gómez Pardo. 2000
	Persson, P.A., Holmberg, R. & Lee, J. Rock blasting and explosives engineering. CRC Press, Boca Raton, FL. 1994
	ISEE. Blasters' Handbook. International Society of Explosives Engineers. Cleveland, OH. 2012
<b>RECURSOS WEB</b>	Documentación en Moodle
	Videos demostrativos
	Presentaciones de clase
<b>EQUIPAMIENTO</b>	Equipos de medida en campo: telémetro láser (estación total robotizada), sistema de fotogrametría terrestre, equipos de registro multicanal, sismógrafos, cámara de alta velocidad, equipo de medida de velocidad de detonación.
	Aulas de informática
<b>SOFTWARE</b>	Software comercial de diseño de voladuras (licencia académica)



## DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ACTIVIDADES EVALUABLES y DE LOS CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

**Evaluación continua:** Se compondrá de:

- Dos pruebas (examen de bloques) a lo largo del curso.
- Evaluación de prácticas.

Los pesos de cada actividad son los que se indican en la columna “Peso en la calificación” de la tabla “Evaluación sumativa”.

**Evaluación por examen final:** Una prueba objetiva al final del curso.

Para aprobar en **evaluación continua**, es necesario obtener una nota media ponderada mayor o igual que 5, y una nota mayor o igual que 3,5 en todos los bloques.

Los ejercicios de bloque y las prácticas son liberatorios para la convocatoria ordinaria y una extraordinaria.

El **examen final** se aplicará a los siguientes casos:

- 1 Quien no haya realizado la evaluación continua, que se examinará de los dos bloques. La nota final será la media de los mismos. Para aprobar la asignatura, esta nota deberá ser mayor o igual que 5.
- 2 Quien no haya aprobado en evaluación continua, que podrá optar por:
  - i. Examinarse solo del bloque no aprobado.
  - ii. Examinarse de los dos bloques.

La nota final será la media de ambos bloques. Para aprobar la asignatura, esta nota deberá ser mayor o igual que 5.

- 3 Quien lo desee. La nota final será la media ponderada que obtenga en este examen, en el que se examinará de todos los bloques.