



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Ingeniería de Explosivos

|                    |                                                       |            |       |              |
|--------------------|-------------------------------------------------------|------------|-------|--------------|
| Asignatura         | Ingeniería de Explosivos                              |            |       |              |
| Código             | V09M148V01203                                         |            |       |              |
| Titulación         | Máster Universitario en Ingeniería de Minas           |            |       |              |
| Descriptores       | Creditos ECTS                                         | Seleccione | Curso | Cuatrimestre |
|                    | 6                                                     | OB         | 1     | 2c           |
| Lengua Impartición | Castellano                                            |            |       |              |
| Departamento       | Ingeniería de los recursos naturales y medio ambiente |            |       |              |
| Coordinador/a      | Alonso Prieto, Elena Mercedes                         |            |       |              |
| Profesorado        | Alonso Prieto, Elena Mercedes                         |            |       |              |
| Correo-e           | ealonso@uvigo.es                                      |            |       |              |
| Web                |                                                       |            |       |              |

**Descripción general** En esta materia se pretende que el alumno adquiera los conocimientos y destrezas necesarias para llevar a cabo el diseño y dirección de voladuras, tanto en el ámbito minero como en el de las obras públicas. Para ello los conocimientos a adquirir en esta materia se van a centrar en comprender y aplicar la teoría general de voladuras. Comprender la interrelación entre las diferentes componentes del coste de fragmentación por voladura y su influencia en el diseño de voladuras. Comprender la importancia del control de vibraciones, su origen, las magnitudes y el daño que pueden ocasionar en las estructuras. Llevar a cabo el diseñar voladuras con control de vibraciones, con control de daños en el macizo, voladuras subacuáticas así como otras técnicas menos habituales. Conocer la legislación en materia de seguridad en pirotecnia y conocer los fundamentos de la fabricación de explosivos así como la reglamentación al respecto. Estas nociones tanto teóricas como prácticas, deben permitir al alumno poder afrontar el diseño de cualquier tipo de voladura que se encuentre a lo largo de su carrera profesional, además de otorgarle una serie de conocimientos que le permitan resolver de forma satisfactoria cualquier problema real relacionado con el mismo, al ser capaz de entender que variables de diseño tienen una influencia significativa en los resultados.

## Competencias

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| A5     | 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| B2     | Comprensión de los múltiples condicionamientos de carácter técnico, legal y de la propiedad que se plantean en el proyecto de una planta o instalación, y capacidad para establecer diferentes alternativas válidas, elegir la óptima y plasmarla adecuadamente, previendo los problemas de su desarrollo, y empleando los métodos y tecnologías más adecuadas, tanto tradicionales como innovadores, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia y favorecer el progreso y un desarrollo de la sociedad sostenible y respetuoso con el medio ambiente. |
| B3     | Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Minas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| C9     | Competencia Específica CE9. Capacidad para proyectar, gestionar y dirigir la fabricación, transporte, almacenamiento, manipulación y uso de explosivos y pirotecnia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| D5     | Competencia Transversal CT5. Ser capaz de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| D8     | Competencia Transversal CT8. Entender la trascendencia de los aspectos relacionados con la seguridad y saber transmitir esta sensibilidad a las personas de su entorno.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## Resultados de aprendizaje

|                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Resultados previstos en la materia | Resultados de Formación y Aprendizaje |
|------------------------------------|---------------------------------------|

|                                                                                                                                                   |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Comprender y aplicar la teoría general de voladuras                                                                                               | A5<br>B2<br>B3<br>C9<br>D8       |
| Comprender la interrelación entre las diferentes componentes del coste de fragmentación por voladura y su influencia en el diseño de voladuras.   | B2<br>C9                         |
| Comprender la importancia del control de vibraciones, su origen, las magnitudes y el daño que pueden ocasionar en las estructuras.                | B2<br>B3<br>C9<br>D5<br>D8       |
| Diseñar voladuras con control de vibraciones, con control de daños en el macizo, voladuras subacuáticas así como otras técnicas menos habituales. | A5<br>B2<br>B3<br>C9<br>D5<br>D8 |
| Conocer la legislación en materia de seguridad en pirotecnia.                                                                                     | A5<br>B3<br>C9<br>D5<br>D8       |
| Conocer los fundamentos de la fabricación de explosivos así como la reglamentación a su respecto.                                                 | A5<br>B3<br>C9<br>D8             |

## Contenidos

| Tema                                                         |                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Introducción a los explosivos y su fabricación               | Tipos de explosivos<br>Fabricación                                                                                                                                                                     |
| Diseño de voladuras en banco a cielo abierto                 | Teoría de Langefors<br>Variables geométricas que afectan al diseño<br>Esquemas de perforación<br>Secuenciación de encendido y tiempos de retardo<br>Selección del explosivo                            |
| Voladuras de contorno                                        | Objetivos<br>Fundamentos y principios de diseño<br>Técnicas de contorno<br>Explosivos utilizados                                                                                                       |
| Voladuras en túnel                                           | Introducción<br>Tipos de cueles<br>Parámetros de diseño<br>Secuencia de iniciación                                                                                                                     |
| Análisis y mitigación de los efectos indeseados en voladuras | Proyecciones<br>Vibraciones<br>Onda aérea                                                                                                                                                              |
| Los costes de fragmentación                                  | Análisis de la fragmentación obtenida<br>Coste de perforación<br>Coste de la operación de carga<br>Coste de los explosivos y accesorios<br>Coste de taqueo<br>Coste de carga, transporte y trituración |
| Voladuras subacuáticas                                       | Introducción<br>Métodos de ejecución<br>Parámetros de diseño<br>Tipos de explosivos                                                                                                                    |
| Voladuras de interior                                        | Subniveles con barrenos largos<br>Subniveles con barrenos en abanico<br>Voladuras en cráter. Teoría de Livingston<br>Chimeneas y pozos                                                                 |
| Demoliciones                                                 | Introducción<br>Tipos de demoliciones<br>Parámetros de diseño<br>Explosivos utilizados                                                                                                                 |

**Planificación**

|                                                                 | Horas en clase | Horas fuera de clase | Horas totales |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|---------------|
| Sesión magistral                                                | 24             | 20                   | 44            |
| Resolución de problemas y/o ejercicios                          | 8              | 20                   | 28            |
| Prácticas en aulas de informática                               | 4              | 0                    | 4             |
| Salidas de estudio/prácticas de campo                           | 4              | 0                    | 4             |
| Presentaciones/exposiciones                                     | 4              | 0                    | 4             |
| Seminarios                                                      | 4              | 0                    | 4             |
| Pruebas prácticas, de ejecución de tareas reales y/o simuladas. | 0              | 30                   | 30            |
| Pruebas de respuesta larga, de desarrollo                       | 2              | 0                    | 2             |
| Trabajos y proyectos                                            | 0              | 30                   | 30            |

\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

**Metodologías**

|                                        | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sesión magistral                       | Exposición de los contenidos de la materia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Resolución de problemas y/o ejercicios | Formulación, análisis y resolución de problemas relacionados con los contenidos desarrollados a lo largo de la materia. Estos se tendrán en cuenta en la nota final.                                                                                                                                                                                                    |
| Prácticas en aulas de informática      | Resolución de problemas de diseño de voladuras mediante el empleo de hojas de cálculo, así como de programas informáticos destinados a tal fin.                                                                                                                                                                                                                         |
| Salidas de estudio/prácticas de campo  | Salidas de campo a una o dos explotaciones mineras en las cuales los alumnos podrán observar cómo se aplican todos los conocimientos adquiridos a la hora de diseñar y llevar a cabo una voladura real. Se realizará posteriormente en clase un cuestionario sobre lo visto en las salidas de campo que se podrá tener en cuenta a la hora de determinar la nota final. |
| Presentaciones/exposiciones            | Presentación oral por parte de los alumnos de trabajos propuestos por el profesor, en los que se analizarán distintos tipos de diseños de voladuras, diferentes usos de los explosivos, así como cualquier otro tema que tenga relación directa con la asignatura. La puntuación de los trabajos se tendrá en cuenta en la nota final.                                  |
| Seminarios                             | Tiempo destinado a resolver las dudas del alumnado, con el objeto de guiar su proceso de aprendizaje y asegurar la comprensión de los contenidos.                                                                                                                                                                                                                       |

**Atención personalizada**

| Metodologías                           | Descripción                                                                                             |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prácticas en aulas de informática      | El profesor asesorará sobre la implementación de la resolución de los ejercicios en una hoja de cálculo |
| Resolución de problemas y/o ejercicios | El profesor resolverá las dudas que surjan sobre la resolución de ejercicios                            |
| Seminarios                             | El profesor resolverá las dudas sobre los contenidos teóricos-prácticos de la asignatura                |

**Evaluación**

|                                                                 | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Calificación | Resultados de Formación y Aprendizaje |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Pruebas prácticas, de ejecución de tareas reales y/o simuladas. | Resolución de ejercicios que el alumno deberá ir realizando a lo largo de la asignatura.<br>Mediante esta metodología se evaluarán los siguientes resultados de aprendizaje:<br>- Comprender y aplicar la teoría general de voladuras.<br>- Comprender la interrelación entre las diferentes componentes del coste de fragmentación por voladura y su influencia en el diseño de voladuras.<br>- Diseñar voladuras con control de vibraciones, con control de daños en el macizo, voladuras subacuáticas así como otras técnicas menos habituales. | 15           | B2 C9<br>B3                           |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |          |          |          |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------|----------|----------|
| Pruebas de respuesta larga, de desarrollo | Examen escrito consistente en una parte teórica y una práctica. La parte teórica estará compuesta de preguntas de respuesta corta y de un pequeño cuestionario tipo test. La parte práctica consistirá en la resolución de uno o dos ejercicios en los cuales el alumno deberá demostrar que posee las capacidades y conocimientos necesarios para poder diseñar una voladura de manera autosuficiente. Cada una de las partes del examen evalúa un 35%, debiendo superar el alumno ambas partes para poder superar la asignatura.<br>Esta metodología comprende la evaluación de todos los resultados de aprendizaje contemplados en esta asignatura.                                                         | 70 | B2<br>B3 | C9       | D5<br>D8 |
| Trabajos y proyectos                      | Defensa durante 20 minutos de un trabajo relacionado con la materia y que haya sido previamente acordado con el profesor.<br>Esta metodología evaluará los siguientes resultados de aprendizaje:<br>- Comprender y aplicar la teoría general de voladuras.<br>- Comprender la interrelación entre las diferentes componentes del coste de fragmentación por voladura y su influencia en el diseño de voladuras.<br>- Comprender la importancia del control de vibraciones, su origen, las magnitudes y el daño que pueden ocasionar en las estructuras.<br>- Diseñar voladuras con control de vibraciones, con control de daños en el macizo, voladuras subacuáticas así como otras técnicas menos habituales. | 15 | A5<br>B3 | B2<br>C9 | D5<br>D8 |

### Otros comentarios sobre la Evaluación

En la primera convocatoria, es necesario realizar y entregar los trabajos propuestos durante el curso. En esta convocatoria, la nota final será la suma de la nota alcanzada en el examen (hasta un 70%) y la nota alcanzada en el resto de complementos (participación y trabajos entregados, hasta un 30%).

En convocatorias posteriores del mismo curso, la nota del examen supondrá el 100% de la nota final.

Calendario de exámenes:

-Convocatoria ordinaria: 23/05/2018

-Convocatoria extraordinaria: 06/07/2018

El calendario de exámenes actualizado puede consultarse en la página web de la Escuela de Ingeniería de Minas y Energía

<http://minasyenergia.uvigo.es/>

### Fuentes de información

#### Bibliografía Básica

International Society of Explosives Engineers, **Blasters' Handbook**, 17th, 1998

Hustrulid, W., **Blasting principles for open pit mining. Vol 1. General Design Concepts**, A.A. BALKEMA. Rotterdam, Netherlands., 1999

Olofsson, S., **Applied explosives technology for construction and mining**, Applex A B. Ärla, Sweden, 2002

EXSA S.A., **Manual práctico de voladura**, EXSA. Lima, Perú, 2001

López Jimeno, C., López Jimeno, E. y García Bermúdez, P., **Manual de perforación y voladuras de rocas**, Carlos López Jimeno. Madrid, España, 2003

Carlos López Jimeno, Emilio López Jimeno, Pilar García Bermúdez, **Manual de voladuras en túneles**, Carlos López Jimeno. Madrid, España, 2010

Esteban Langa Fuentes, **Demoliciones por voladura**, Fueyo, 2011

#### Bibliografía Complementaria

Reglamento de artículos pirotécnicos y cartuchería, **(R.D. 563/2010)**, 2010

Zong-Xian Zhang, **Rock fracture and blasting: Theory and applications**, Butterworth-Heinemann, 2016

### Recomendaciones

#### Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

Explosivos y Voladuras/V09M148V01104