



DATOS IDENTIFICATIVOS

Obras subterráneas

Asignatura	Obras subterráneas			
Código	V09G311V01315			
Titulación	Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	6	OP	3	2c
Lengua	#EnglishFriendly			
Impartición	Castellano			
Departamento	Ingeniería de los recursos naturales y medio ambiente			
Coordinador/a	Pozo Antonio, José Santiago			
Profesorado	Alejano Monge, Leandro Rafael González Fernández, Manuel Alejandro Pozo Antonio, José Santiago			
Correo-e	ipozo@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal/			
Descripción general	En esta asignatura se sientan las bases de caracterización del terreno, diseño y ejecución de obras subterráneas prestando especial atención a los túneles. Materia del programa English Friendly: Los/as estudiantes internacionales podrán solicitar al profesorado: a) materiales y referencias bibliográficas para el seguimiento de la materia en inglés, b) atender las tutorías en inglés, c) pruebas y evaluaciones en inglés.			

Resultados de Formación y Aprendizaje

Código	
B1	Capacitación científico-técnica para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Minas y conocimiento de las funciones de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, construcción, mantenimiento, conservación y explotación.
B2	Comprensión de los múltiples condicionamientos de carácter técnico y legal que se plantean en el desarrollo, en el ámbito de la ingeniería de minas, que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 de la orden CIN/306/2009, la prospección e investigación geológica-minera, las explotaciones de todo tipo de recursos geológicos, incluidas las aguas subterráneas, las obras subterráneas, los almacenamientos subterráneos, las plantas de tratamiento y beneficio, las plantas energéticas, las plantas mineralúrgicas y siderúrgicas, las plantas de materiales para la construcción, las plantas de carboquímica, petroquímica y gas, las plantas de tratamientos de residuos y efluentes y las fábricas de explosivos y capacidad para emplear métodos contrastados y tecnologías acreditadas, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia dentro del respeto por el Medio Ambiente y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y usuarios de las mismas.
B3	Capacidad para diseñar, redactar y planificar proyectos parciales o específicos de las unidades definidas en el apartado anterior, tales como instalaciones mecánicas y eléctricas y con su mantenimiento, redes de transporte de energía, instalaciones de transporte y almacenamiento para materiales sólidos, líquidos o gaseosos, escombreras, balsas o presas, sostenimiento y cimentación, demolición, restauración, voladuras y logística de explosivos.
B4	Capacidad para diseñar, planificar, operar, inspeccionar, firmar y dirigir proyectos, plantas o instalaciones, en su ámbito.
B6	Capacidad para el mantenimiento, conservación y explotación de los proyectos, plantas e instalaciones, en su ámbito.
B7	Conocimiento para realizar, en el ámbito de la ingeniería de minas, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 de la orden CIN/306/2009, mediciones, replanteos, planos y mapas, cálculos, valoraciones, análisis de riesgos, peritaciones, estudios e informes, planes de labores, estudios de impacto ambiental y social, planes de restauración, sistema de control de calidad, sistema de prevención, análisis y valoración de las propiedades de los materiales metálicos, cerámicos, refractarios, sintéticos y otros materiales, caracterización de suelos y macizos rocosos y otros trabajos análogos.
B8	Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Minas.
C24	Conocer, comprender y utilizar los principios de diseño y ejecución de obras superficiales y subterráneas.
C25	Conocer, comprender y utilizar los principios de técnicas de perforación y sostenimiento aplicadas a obras subterráneas y superficiales.

D1	Capacidad de interrelacionar todos los conocimientos adquiridos, interpretándolos como componentes de un cuerpo del saber con una estructura clara y una fuerte coherencia interna.
D2	Capacidad de desarrollar un proyecto completo en cualquier campo de esta ingeniería, combinando de forma adecuada los conocimientos adquiridos, accediendo a las fuentes de información necesarias, realizando las consultas precisas e integrándose en equipos de trabajo interdisciplinar.
D3	Proponer y desarrollar soluciones prácticas, utilizando los conocimientos teóricos, a fenómenos y situaciones-problema de la realidad cotidiana propios de la ingeniería, desarrollando las estrategias adecuadas.
D5	Conocer las fuentes necesarias para disponer de una actualización permanente y continua de toda la información precisa para desarrollar su labor, accediendo a todas las herramientas, actuales y futuras, de búsqueda de información y adaptándose a los cambios tecnológicos y sociales
D7	Capacidad para organizar, interpretar, asimilar, elaborar y gestionar toda la información necesaria para desarrollar su labor, manejando las herramientas informáticas, matemáticas, físicas, etc., necesarias para ello.
D9	Entender la trascendencia de los aspectos relacionados con la seguridad y saber transmitir esta sensibilidad a las personas de su entorno.

Resultados previstos en la materia

Resultados previstos en la materia	Resultados de Formación y Aprendizaje		
Integración del conocimiento de las diferentes disciplinas que confluyen en esta materia.	B1	C24	D1
	B3	C25	D2
	B4		D3
	B6		D5
	B7		D7
Comprensión de los aspectos básicos sobre tecnología y seguridad en la obra subterránea.	B1	C24	D7
	B2	C25	D9
	B3		
	B4		
	B6		
Conocimiento de los documentos que deben integrar el proyecto de una obra subterránea y sus contenidos.	B1	C24	D2
	B2	C25	D3
	B3		
	B4		
	B6		
Conocimiento y aplicación del proceso teórico-experimental utilizado en la caracterización del terreno, en el diseño de la obra y en la selección de los métodos de ejecución.	B1	C24	D1
	B2	C25	D2
	B3		D7
	B4		
	B6		
Conocimiento y aplicación de las técnicas de estimación de rendimientos de avance de los métodos de ejecución de túneles.	B1	C24	D1
	B2	C25	D2
	B3		D3
	B4		D5
	B6		D7
La aplicación de los principios de diseño de voladuras en el marco de la materia.	B1	C24	D2
	B3	C25	D3
	B6		D7
	B7		
	B8		
El conocimiento de los principios fundamentales de seguridad durante la construcción de la obra subterránea.	B1	C24	D2
	B2	C25	D3
	B3		D9
	B4		
	B7		
	B8		

Contenidos

Tema

EL USO Y PROYECTO DE LA OBRA SUBTERRÁNEA. Tema introductorio

Aplicaciones de obras subterráneas

CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO.	Caracterización de macizos rocosos en campo Comportamiento mecánico de de rocas Caracterización y comportamiento de las discontinuidades Propiedades del macizo rocoso (Clasificaciones geomecánicas) Tensiones naturales del terreno
TECNOLOGÍA DE SOSTENIMIENTO.	Cuadros metálicos. Descripción y funcionamiento de cuadros metálicos rígidos y articulados. Descripción, funcionamiento y colocación de los cuadros deslizantes. Sostenimiento con anclaje. Elementos de un anclaje. Sistemas de anclaje por adherencia (cemento, resina). Sistemas de anclaje por fricción (puntual y repartido). Valoración de la idoneidad del bulonaje en diferentes condiciones Uso de gunita y hormigón proyectado. Uso en minería. Parámetros característicos del hormigón. Componentes del hormigón proyectado y dosificaciones. Colocación: Gunitado en vía seca y vía húmeda.
DISEÑO DE LA OBRA SUBTERRÁNEA.	Planteamiento general del problema de excavaciones Diseño basado en clasificaciones geomecánicas Análisis de tensiones en macizos rocosos Método convergencia confinamiento Análisis de estabilidad de cuñas en excavaciones Nuevo Método Austríaco
TRATAMIENTOS DEL TERRENO.	Inyecciones Grouting Congelación
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO SEGÚN SU GRADO DE EXCAVABILIDAD MECÁNICA.	Clasificaciones de excavabilidad, perforabilidad y volabilidad de la roca
TECNOLOGÍA DE LA EXCAVACIÓN DE TÚNELES	Minadores Tuneladoras (Topos y escudos) Avance con perforación y voladura (Jumbos) Precorte mecánico Métodos tradicionales
SEGURIDAD DE LA OBRA SUBTERRÁNEA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	Aspectos básicos Legislación Aspectos aplicados

Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Lección magistral	12	30	42
Resolución de problemas	12	29.5	41.5
Prácticas de laboratorio	8	15	23
Trabajo tutelado	4	20	24
Salidas de estudio	5	0	5
Seminario	4	0	4
Flipped Learning	5	3	8
Examen de preguntas de desarrollo	2.5	0	2.5

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

Metodologías

	Descripción
Lección magistral	Descripción de las teorías básicas de aplicación.
Resolución de problemas	Resolución manual de problemas.
Prácticas de laboratorio	Práctica de resolución de problemas y creación de diseños estables con programas tipo DIPS, ROCLAB, UNWEDGE y ROC-SUPPORT. También se visitará el laboratorio de mecánica de rocas, donde se mostrará el funcionamiento de los diferentes ensayos de caracterización.
Trabajo tutelado	Planteamiento y presentación de problemas reales por grupos. Análisis y discusión.
Salidas de estudio	Visita obra subterránea, en el caso de financiación disponible.
Seminario	Comentarios de casos reales, así como de errores cometidos en el pasado.
Flipped Learning	Lectura previa de artículos científicos y de prensa para trabajar en el aula

Atención personalizada

Metodologías	Descripción
--------------	-------------

Resolución de problemas	Estar cerca del alumnado para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa. Para todas las modalidades de docencia, las sesiones de tutorización podrán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) bajo la modalidad de concertación previa
Prácticas de laboratorio	Estar cerca del alumnado para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa. Para todas las modalidades de docencia, las sesiones de tutorización podrán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) bajo la modalidad de concertación previa
Trabajo tutelado	Estar cerca del alumnado para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa. Para todas las modalidades de docencia, las sesiones de tutorización podrán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) bajo la modalidad de concertación previa
Salidas de estudio	Estar cerca del alumnado para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa. Para todas las modalidades de docencia, las sesiones de tutorización podrán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) bajo la modalidad de concertación previa
Seminario	Estar cerca del alumnado para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa. Para todas las modalidades de docencia, las sesiones de tutorización podrán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) bajo la modalidad de concertación previa
Flipped Learning	Estar cerca del alumnado para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa. Para todas las modalidades de docencia, las sesiones de tutorización podrán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) bajo la modalidad de concertación previa

Evaluación						
	Descripción	Calificación	Resultados de Formación y Aprendizaje			
Lección magistral	Examen escrito de cuestiones de respuesta corta para analizar el entendimiento del contenido por el alumnado.	35	B1	C24	D1	
	Resultados previstos en la materia: Integración del conocimiento de las diferentes disciplinas que confluyen en esta materia. Comprensión de los aspectos básicos sobre tecnología y seguridad en la obra subterránea. Conocimiento de los documentos que deben integrar el proyecto de una obra subterránea y sus contenidos. Conocimiento y aplicación del proceso teórico-experimental utilizado en la caracterización del terreno, en el diseño de la obra y en la selección de los métodos de ejecución. Conocimiento y aplicación de las técnicas de estimación de rendimientos de avance de los métodos de ejecución de túneles. La aplicación de los principios de diseño de voladuras en el marco de la materia. El conocimiento de los principios fundamentales de seguridad durante la construcción de la obra subterránea.		B2	C25	D3	
Resolución de problemas	Pruebas escritas consistentes en la resolución de problemas que abarquen los conceptos estudiados durante el curso. Los/as ingenieros/as deben saber resolver problemas reales, por eso la resolución de estos ejercicios forman la parte más valorada en la evaluación.	35	B3		D7	
	Resultados previstos en la materia: Integración del conocimiento de las diferentes disciplinas que confluyen en esta materia. Conocimiento y aplicación del proceso teórico-experimental utilizado en la caracterización del terreno, en el diseño de la obra y en la selección de los métodos de ejecución. Conocimiento y aplicación de las técnicas de estimación de rendimientos de avance de los métodos de ejecución de túneles.		B4		D9	
			B6			
			B7			
			B8			

Prácticas de laboratorio	Evaluación a través del informe/memoria de prácticas realizadas y de la exposición en aula de casos reales.	10	B1	C24	D1
			B2	C25	D2
			B3		D3
	Resultados previstos en la materia:		B4		D5
	Integración del conocimiento de las diferentes disciplinas que confluyen en esta materia.		B6		D7
	Conocimiento y aplicación del proceso teórico-experimental utilizado en la caracterización del terreno, en el diseño de la obra y en la selección de los métodos de ejecución.		B7		
	Conocimiento y aplicación de las técnicas de estimación de rendimientos de avance de los métodos de ejecución de túneles.		B8		
	El conocimiento de los principios fundamentales de seguridad durante la construcción de la obra subterránea.				
Trabajo tutelado	Planteamiento y presentación oral, por grupos, de una temática relacionada con la materia. Análisis y discusión.	20	B1	C24	D1
	Resultados previstos en la materia:		B2	C25	D2
	Integración del conocimiento de las diferentes disciplinas que confluyen en esta materia.		B3		D3
	Comprensión de los aspectos básicos sobre tecnología y seguridad en la obra subterránea.		B4		D5
	Conocimiento de los documentos que deben integrar el proyecto de una obra subterránea y sus contenidos.		B6		D7
	Conocimiento y aplicación del proceso teórico-experimental utilizado en la caracterización del terreno, en el diseño de la obra y en la selección de los métodos de ejecución.		B7		D9
	Conocimiento y aplicación de las técnicas de estimación de rendimientos de avance de los métodos de ejecución de túneles.		B8		
	La aplicación de los principios de diseño de voladuras en el marco de la materia.				
	El conocimiento de los principios fundamentales de seguridad durante la construcción de la obra subterránea.				

Otros comentarios sobre la Evaluación

Una vez iniciado el cuatrimestre, el alumnado dispondrá de un mes para comunicar al coordinador/ra de la asignatura su decisión de renunciar al sistema de evaluación continua y aprobar la evaluación global.

Evaluación continua, primera oportunidad:

Antes de la fecha oficial del examen en la convocatoria ordinaria, la calificación del alumnado resultará de la suma del Primer Parcial (35%) + Segundo Parcial (35%) + Exposición Oral (20%) + Informe de Prácticas (10%). Cada parcial tendrá dos partes: una de teoría y otra de problemas. En cada parte se deberá obtener una nota mínima de 3,5/10 tanto en teoría como en problemas. Si no se superan los mínimos, la nota de ese parcial corresponderá a la nota mínima obtenida. El alumnado que no obtenga más de 4/10 en los parciales deberá realizar la parte correspondiente a dicho parcial en el examen oficial.

Es importante recalcar que las prácticas no son obligatorias, pero el estudiante podrá presentar el informe de prácticas por cualquier medio y será evaluado.

Si el alumnado no supera alguno de los parciales (con una nota mínima de 4/10), deberá realizar la parte correspondiente del examen final en la fecha oficial de la primera oportunidad. En este caso, el examen tendrá un peso en la nota final del 35% (si suspende un parcial) o del 70% (si no suspende ninguno de los dos parciales). Como se ha indicado anteriormente, en el examen final, en la teoría y en los problemas de las partes equivalentes a cada parcial, se deberá obtener una nota mínima de 3,5/10. Si no se superan los mínimos, la nota de esa parte equivalente a un parcial será la nota mínima obtenida en teoría o problemas. El resto de actividades siguen teniendo el mismo peso que las indicadas anteriormente: Exposición oral (20%) + Informe de prácticas (10%). Se sumarán las notas, si la media de los dos parciales o las partes equivalentes en el examen oficial es superior a 4/10.

Evaluación continua, segunda oportunidad:

El alumnado tendrá derecho a un examen con un peso del 100% de la nota final de la asignatura. En este caso el alumnado deberá obtener al menos 4/10 tanto en teoría como en problemas. Si no se superan los mínimos, la nota corresponderá a la nota mínima obtenida. El examen se aprobará con una nota de 5/10.

Evaluación global:

El alumnado que opte por no participar en el sistema de evaluación continua podrán presentarse al examen final de la

asignatura en las fechas oficiales, teniendo este examen un peso del 100% de la nota final. En cada uno de ellos se deberá obtener una calificación mínima de 4/10 tanto en teoría como en problemas. Si no se superan los mínimos, la nota final del examen corresponderá a la nota mínima obtenida. El examen se aprobará con una nota de 5/10.

Calendario de exámenes. Verificar/consultar de forma actualizada en la página web del centro:

<http://minaseenerxia.uvigo.es/es/docencia/examenes>

Fuentes de información

Bibliografía Básica

Brady, B. and Brown, E.T., **Rock Mechanics for Underground Mining**, 1º, Springer, 2004

Hoek, E. and Brown, E.T., **Underground Excavations in Rock**, 1º, CRC Press, 1980

Hudson, J.A. and Harrison, J.P., **Engineering Rock Mechanics. Illustrative Worked Examples**, 1º, Elsevier Science, 2011

Bibliografía Complementaria

Amadei, B and Stephansson, O., **Rock Stress and its Measurement**, 1º, Springer, 1997

Brown, E.T., **Rock Characterization Testing and Monitoring**, 1º, Pergamon Press, 1981

Hoek, E., Kaiser, P.K. and Bawden, W.F., **Support of Underground excavations in Hard Rock**, 1º, CRC Press, 2000

Hudson, J.A., **Comprehensive Rock Engineering. Principles, Practice and Projects**, 1º, Pergamon, 1993

Recomendaciones

Asignaturas que se recomienda cursar simultáneamente

Explotación sostenible de recursos mineros II/V09G311V01308

Gestión de obras y replanteos/V09G311V01306

Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

Geología: Geología/V09G311V01206

Resistencia de materiales/V09G311V01203

Explotación sostenible de recursos mineros I/V09G311V01302

Mecánica de rocas/V09G311V01304

Mecánica de suelos/V09G311V01301

Voladuras/V09G311V01303