



DATOS IDENTIFICATIVOS

Obras subterráneas

Materia	Obras subterráneas			
Código	V09G311V01315			
Titulación	Grao en Enxeñaría dos Recursos Mineiros e Enerxéticos			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	6	OP	3	2c
Lingua de impartición	#EnglishFriendly Castelán			
Departamento	Enxeñaría dos recursos naturais e 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/			
Descrición xeral	Nesta materia séntanse as bases de caracterización do terreo, deseño e execución de obras subterráneas prestando especial atención aos túneles. Materia do programa English Friendly: Os/as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliográficas para o seguimento da materia en inglés, b) atender as tutorías en inglés, c) probas e avaliación en inglés.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Código	
B1	Capacitación científico-técnica para o exercicio da profesión de Enxeñeiro Técnico de Minas e coñecemento das funcións de asesoría, análise, deseño, cálculo, proxecto, construción, mantemento, conservación e explotación.
B2	Comprensión dos múltiples condicionamentos de carácter técnico e legal que se expoñen no desenvolvemento, no ámbito da enxeñaría de minas, que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/306/2009, a prospección e investigación xeolóxica-mineira, as explotacións de todo tipo de recursos xeolóxicos, incluídas as augas subterráneas, as obras subterráneas, os almacenamentos subterráneos, as plantas de tratamento e beneficio, as plantas enerxéticas, as plantas mineralúrxicas e siderúrxicas, as plantas de materiais para a construción, as plantas de carboquímica, petroquímica e gas, as plantas de tratamentos de residuos e efluentes e as fábricas de explosivos e capacidade para empregar métodos contrastados e tecnoloxías acreditadas, coa finalidade de conseguir a maior eficacia dentro do respecto polo Medio Ambiente e a protección da seguridade e saúde dos traballadores e usuarios das mesmas.
B3	Capacidade para deseñar, redactar e planificar proxectos parciais ou específicos das unidades definidas no apartado anterior, tales como instalacións mecánicas e eléctricas e co seu mantemento, redes de transporte de enerxía, instalacións de transporte e almacenamento para materiais sólidos, líquidos ou gaseosos, vertedoiros, balsas ou presas, sostemento e cimentación, demolición, restauración, voaduras e loxística de explosivos.
B4	Capacidade para deseñar, planificar, operar, inspeccionar, asinar e dirixir proxectos, plantas ou instalacións, no seu ámbito.
B6	Capacidade para o mantemento, conservación e explotación dos proxectos, plantas e instalacións, no seu ámbito.
B7	Coñecemento para realizar, no ámbito da enxeñaría de minas, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/306/2009, medicións, replanteos, planos e mapas, cálculos, valoracións, análises de riscos, peritacións, estudos e informes, plans de labores, estudos de impacto ambiental e social, plans de restauración, sistema de control de calidade, sistema de prevención, análise e valoración das propiedades dos materiais metálicos, cerámicos, refractarios, sintéticos e outros materiais, caracterización de chans e macizos rochosos e outros traballos análogos.
B8	Coñecemento, comprensión e capacidade para aplicar a lexislación necesaria no exercicio da profesión de Enxeñeiro Técnico de Minas.
C24	Coñecer, comprender e empregar os principios de deseño e execución de obras superficiais e subterráneas.

C25	Coñecer, comprender e empregar os principios de técnicas de perforación e sostemento aplicadas a obras subterráneas e superficiais.
D1	Capacidade de interrelacionar todos os coñecementos adquiridos, interpretándoos como compoñentes dun corpo do saber cunha estrutura clara e unha forte coherencia interna.
D2	Capacidade de desenvolver un proxecto completo en calquera campo desta enxeñería, combinando de forma adecuada os coñecementos adquiridos, accedendo ás fontes de información necesarias, realizando as consultas precisas e integrándose en equipos de traballo interdisciplinar.
D3	Propoñer e desenvolver solucións prácticas, utilizando os coñecementos teóricos, a fenómenos e situacións-problema da realidade cotiá propios da enxeñería, desenvolvendo as estratexias adecuadas.
D5	Coñecer as fontes necesarias para dispoñer dunha actualización permanente e continua de toda a información precisa para desenvolver o seu labor, accedendo a todas as ferramentas, actuais e futuras, de procura de información e adaptándose aos cambios tecnolóxicos e sociais
D7	Capacidade para organizar, interpretar, assimilar, elaborar e xestionar toda a información necesaria para desenvolver o seu labor, manexando as ferramentas informáticas, matemáticas, físicas, etc., necesarias para iso.
D9	Entender a transcendencia dos aspectos relacionados coa seguridade e saber transmitir esta sensibilidade ás persoas da súa contorna.

Resultados previstos na materia

Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe		
Integración do coñecemento das diferentes disciplinas que conflúen nesta materia.	B1 B3 B4 B6 B7	C24 C25	D1 D2 D3 D5 D7
Comprensión dos aspectos básicos sobre tecnoloxía e seguridade na obra subterránea.	B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8	C24 C25	D7 D9
Coñecemento dos documentos que deben integrar o proxecto dunha obra subterránea e os seus contidos.	B1 B2 B3 B4 B6 B7	C24 C25	D2 D3
Coñecemento e aplicación do proceso teórico-experimental utilizado na caracterización do terreo, no deseño da obra e na selección dos métodos de execución.	B1 B2 B3 B4 B6 B7	C24 C25	D1 D2 D7
Coñecemento e aplicación das técnicas de estimación de rendementos de avance dos métodos de execución de túneles.	B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8	C24 C25	D1 D2 D3 D5 D7
A aplicación dos principios de deseño de voaduras no marco da materia.	B1 B3 B6 B7 B8	C24 C25	D2 D3 D7
O coñecemento dos principios fundamentais de seguridade durante a construción da obra subterránea.	B1 B2 B3 B4 B7 B8	C24 C25	D2 D3 D9

Contidos

Tema

O USO E PROXECTO DA OBRA SUBTERRÁNEA. Tema introdutorio
Aplicacións de obras subterráneas

CARACTERIZACIÓN DO TERREO.	Caracterización de macizos rochosos en campo Comportamento mecánico de rochas Caracterización e comportamento das discontinuidades Propiedades do macizo rochoso (Clasificacións xeomecánicas) Tensións naturais do terreo
TECNOLOXÍA DE SOSTEMENTO.	Cadros metálicos. Descrición e funcionamento de cadros metálicos ríxidos e articulados. Descrición, funcionamento e colocación dos cadros deslizantes. Sostemento con anclaxe. Elementos dun anclaxe. Sistemas de anclaxe por adherencia (cemento, resina). Sistemas de anclaxe por fricción (puntual e repartido). Valoración da idoneidade do bulonaxe en diferentes condicións. Uso de gunita e formigón proxectado. Uso en minaría. Parámetros característicos do formigón. Compoñentes do formigón proxectado e dosificacións. Colocación: Gunitado en vía seca e vía húmida.
DESEÑO DA OBRA SUBTERRÁNEA.	Formulación xeral do problema de escavacións. Deseño baseado en clasificacións xeomecánicas. Análise de tensións en macizos rochosos Método converxencia confinamento Análise de estabilidade de cuñas en escavacións Novo Método Austríaco
TRATAMENTOS DO TERREO.	Inxeccións Grouting Conxelación
CLASIFICACIÓN DO TERREO SEGUNDO O SEU GRAO DE ESCAVABILIDADE MECÁNICA.	Clasificacións de escavabilidade, perforabilidade e voabilidade da rocha
TECNOLOXÍA DA ESCAVACIÓN DE TÚNELES	Minadores Tuneladoras (Topos e escudos) Avance con perforación e voadura (Jumbos) Precorte mecánico Métodos tradicionais
SEGURIDADE DA OBRA SUBTERRÁNEA DURANTE A CONSTRUCCIÓN	Aspectos básicos Lexislación Aspectos aplicados

Planificación

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Lección maxistral	12	30	42
Resolución de problemas	12	29.5	41.5
Prácticas de laboratorio	8	15	23
Traballo tutelado	4	20	24
Saídas de estudo	5	0	5
Seminario	4	0	4
Flipped Learning	5	3	8
Exame de preguntas de desenvolvemento	2.5	0	2.5

*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

Metodoloxía docente

	Descrición
Lección maxistral	Descrición das teorías básicas de aplicación.
Resolución de problemas	Resolución manual de problemas.
Prácticas de laboratorio	Práctica de resolución de problemas e creación de deseños estables con programas tipo DIPS, ROCLAB, UNWEDGE e ROC-SUPPORT. Tamén se visitará o laboratorio de mecánica de rochas, onde se mostrará o funcionamento dos diferentes ensaios de caracterización.
Traballo tutelado	Formulación e presentación de problemas reais por grupos. Análise e discusión.
Saídas de estudo	Visita obra subterránea, no caso de financiamento dispoñible.
Seminario	Comentarios de casos reais, así como de erros cometidos en el pasado.
Flipped Learning	Lectura previa de artigos científicos e de prensa para traballar na aula

Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
--------------	------------

Resolución de problemas	Estar preto do alumnado para aconsellar sobre traballos, formas de cálculo, e facerlle pensar no impacto da realidade do terreo e da variabilidade dos datos no deseño final e no comportamento da obra ao ancho da súa vida operativa. Para tódalas modalidades de docencia, as sesións de titorización poderán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) baixo a modalidade de concertación previa.
Prácticas de laboratorio	Estar preto do alumnado para aconsellar sobre traballos, formas de cálculo, e facerlle pensar no impacto da realidade do terreo e da variabilidade dos datos no deseño final e no comportamento da obra ao ancho da súa vida operativa. Para tódalas modalidades de docencia, as sesións de titorización poderán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) baixo a modalidade de concertación previa.
Traballo tutelado	Estar preto do alumnado para aconsellar sobre traballos, formas de cálculo, e facerlle pensar no impacto da realidade do terreo e da variabilidade dos datos no deseño final e no comportamento da obra ao ancho da súa vida operativa. Para tódalas modalidades de docencia, as sesións de titorización poderán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) baixo a modalidade de concertación previa.
Saídas de estudo	Estar preto do alumnado para aconsellar sobre traballos, formas de cálculo, e facerlle pensar no impacto da realidade do terreo e da variabilidade dos datos no deseño final e no comportamento da obra ao ancho da súa vida operativa. Para tódalas modalidades de docencia, as sesións de titorización poderán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) baixo a modalidade de concertación previa.
Seminario	Estar preto do alumnado para aconsellar sobre traballos, formas de cálculo, e facerlle pensar no impacto da realidade do terreo e da variabilidade dos datos no deseño final e no comportamento da obra ao ancho da súa vida operativa. Para tódalas modalidades de docencia, as sesións de titorización poderán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) baixo a modalidade de concertación previa.
Flipped Learning	Estar preto do alumnado para aconsellar sobre traballos, formas de cálculo, e facerlle pensar no impacto da realidade do terreo e da variabilidade dos datos no deseño final e no comportamento da obra ao ancho da súa vida operativa. Para tódalas modalidades de docencia, as sesións de titorización poderán realizarse por medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, ...) baixo a modalidade de concertación previa.

Avaliación

	Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe		
Lección maxistral	Exame escrito de cuestións de resposta curta para analizar o entendemento do contido teórico-práctico visto durante o curso polo alumnado. Resultados previstos na materia: Integración do coñecemento das diferentes disciplinas que conflúen nesta materia. Comprensión dos aspectos básicos sobre tecnoloxía e seguridade na obra subterránea. Coñecemento dos documentos que deben integrar o proxecto dunha obra subterránea e os seus contidos. Coñecemento e aplicación do proceso teórico-experimental utilizado na caracterización do terreo, no deseño da obra e na selección dos métodos de execución. Coñecemento e aplicación das técnicas de estimación de rendementos de avance dos métodos de execución de túneles. A aplicación dos principios de deseño de voaduras no marco da materia. O coñecemento dos principios fundamentais de seguridade durante a construción da obra subterránea.	35	B1 B2 B3 B4 B7 B8	C24 C25	D1 D3 D7 D9
Resolución de problemas	Probas escritas consistentes na resolución de problemas que abarquen os conceptos estudados durante o curso. Os/as enxeñeiros/as deben saber resolver problemas reais, por iso a resolución destes exercicios forman a parte máis valorada na avaliación. Resultados previstos na materia: Integración do coñecemento das diferentes disciplinas que conflúen nesta materia. Coñecemento e aplicación do proceso teórico-experimental utilizado na caracterización do terreo, no deseño da obra e na selección dos métodos de execución. Coñecemento e aplicación das técnicas de estimación de rendementos de avance dos métodos de execución de túneles.	35	B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8	C24 C25	D1 D2 D3 D7 D9

Prácticas de laboratorio	Avaliación a través do informe/memoria de prácticas realizadas e da exposición en aula de casos reais.	10	B1	C24	D1
	Resultados previstos na materia:		B2	C25	D2
	Integración do coñecemento das diferentes disciplinas que conflúen nesta materia.		B3		D3
	Coñecemento e aplicación do proceso teórico-experimental utilizado na caracterización do terreo, no deseño da obra e na selección dos métodos de execución.		B4		D5
	Coñecemento e aplicación das técnicas de estimación de rendementos de avance dos métodos de execución de túneles.		B6		D7
	O coñecemento dos principios fundamentais de seguridade durante a construción da obra subterránea.		B7		
			B8		
Traballo tutelado	Formulación e presentación oral, por grupos, dunha temática relacionada coa materia. Análise e discusión.	20	B1	C24	D1
	Resultados previstos na materia:		B2	C25	D2
	Integración do coñecemento das diferentes disciplinas que conflúen nesta materia.		B3		D3
	Comprensión dos aspectos básicos sobre tecnoloxía e seguridade na obra subterránea.		B4		D5
	Coñecemento dos documentos que deben integrar o proxecto dunha obra subterránea e os seus contidos.		B6		D7
	Coñecemento e aplicación do proceso teórico-experimental utilizado na caracterización do terreo, no deseño da obra e na selección dos métodos de execución.		B7		D9
	Coñecemento e aplicación das técnicas de estimación de rendementos de avance dos métodos de execución de túneles.		B8		
	A aplicación dos principios de deseño de voaduras no marco da materia.				
	O coñecemento dos principios fundamentais de seguridade durante a construción da obra subterránea.				

Outros comentarios sobre a Avaliación

Unha vez comezado o cuadrimestre o estudantado terá un mes para comunicarlle ao coordinador da materia a súa decisión de renunciar ao sistema de avaliación continua e pasar a avaliación global.

Avaliación continua, primeira oportunidade:

Antes da data oficial do exame na convocatoria ordinaria, a cualificación de cada estudante virá da suma do Primeiro Parcial (35%) + Segundo Parcial (35%) + Presentación oral (20%) + Informe prácticas (10%). Cada parcial terá dúas partes: unha de teoría e outra de problemas. En cada parcial deberá obterse unha cualificación mínima de 3.5/10 tanto na teoría como nos problemas. Se non se superan os mínimos, a cualificación dese parcial corresponderase coa cualificación mínima obtida. O estudantado que non obteña máis dun 4/10 nos parciais terá que facer a parte correspondente a dito parcial no exame oficial.

É importante subliñar que as prácticas non son obrigatorias pero o estudantado poderá presentar o informe das prácticas de tódolos xeitos e será avaliado.

Se o estudantado non supera algún dos parciais (cunha cualificación mínima de 4/10), terá que facer a súa parte correspondente no exame final na data oficial da primeira oportunidade. Neste caso, o exame terá un peso na nota final do 35% (se non aproba un parcial) ou do 70% (se non aproba ningún dos dous parciais). Como o indicado previamente, no exame final, na teoría e nos problemas das partes equivalentes a cada parcial deberá obterse unha cualificación mínima de 3.5/10. Se non se superan os mínimos, a cualificación desa parte equivalente a un parcial será a cualificación mínima obtida na teoría ou nos problemas. O resto de actividades seguen tendo o mesmo peso que os indicados previamente: Presentación oral (20%) + Informe prácticas (10%). Sumaranse as cualificacións, se a media dos dous parciais ou das partes equivalentes no exame oficial é superior ao 4/10.

Avaliación continua, segunda oportunidade:

O estudantado terá dereito a un exame cun peso dun 100% da nota final da materia. Neste caso o estudante deberá obter como mínimo un 4/10 tanto na teoría como nos problemas. Se non se superan os mínimos, a cualificación corresponderase coa cualificación mínima obtida. O exame estará aprobado cunha cualificación de 5/10.

Avaliación global:

O estudantado que renuncie ao sistema de avaliación continua poderá presentarse ao exame final da materia nas datas oficiais, tendo este exame un peso dun 100% da nota final. En cada unha delas deberá obterse unha cualificación mínima de 4/10 tanto na teoría como nos problemas. Se non se superan os mínimos, a cualificación final do exame corresponderase

coa cualificación mínima obtida. O exame estará aprobado cunha cualificación de 5/10.

Calendario de exámenes. Verificar/consultar de forma actualizada na páxina web do centro:

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

Bibliografía. Fontes 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

Recomendacións

Materias que se recomenda cursar simultaneamente

Explotación sostible de recursos mineiros II/V09G311V01308

Xestión de obras e replanteos/V09G311V01306

Materias que se recomenda ter cursado previamente

Xeoloxía: Xeoloxía/V09G311V01206

Resistencia de materiais/V09G311V01203

Explotación sostible de recursos mineiros I/V09G311V01302

Mecánica de rochas/V09G311V01304

Mecánica de solos/V09G311V01301

Voaduras/V09G311V01303