



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y
Energía

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

65003035 - Yacimientos

PLAN DE ESTUDIOS

06GE - Grado En Ingeniería Geologica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	65003035 - Yacimientos
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	06GE - Grado en Ingeniería Geologica
Centro responsable de la titulación	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Leticia Presa Madrigal	333	leticia.presa.madrigal@upm.es	L - 08:00 - 08:15
Jorge Luis Costafreda Mustelier (Coordinador/a)	311	jorgeluis.costafreda@upm.es	Sin horario. Preguntar al profesor

Isabel Pilar Arribas Rosado	319	isabelkitina.arribas@upm.es	L - 08:00 - 08:15 V - 10:00 - 16:00 Preguntar al profesor por su disponibilidad
-----------------------------	-----	-----------------------------	---

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Geoquímica Aplicada
- Geología
- Mineralogía Y Petrología
- Estratigrafía Y Geomorfología
- Geología Estructural Y Cartografía

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimientos básicos de Química
- Competencias básicas en Física, Dibujo y Matemáticas
- Dominio suficiente de la lengua inglesa (se usará documentación en inglés)

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Geológica.

CG10 - Creatividad.

CG2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos geológicos, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas.

CG3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinarios.

CG4 - Comprender el impacto de la ingeniería geológica en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, tanto de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

CG7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la Ingeniería Geológica en sus actividades profesionales.

F27 - Geología general y de detalle

F31 - Modelización de yacimientos

4.2. Resultados del aprendizaje

RA188 - Conocer y aplicar los principios de la minería sostenible.

RA186 - Conocer y aplicar los conceptos y principios básicos de la formación de los yacimientos minerales.

RA187 - Aplicar la modelización de yacimientos a su estudio y evaluación.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Se estudia la formación, distribución, exploración y evaluación económica de los recursos minerales, sobre todo metálicos, en la perspectiva de su aprovechamiento sostenible.

Clases de teoría

- Las clases se consideran teórico-prácticas, para optimizar el tiempo disponible. La exposición de conceptos teóricos que precisen de explicación adicional, vendrán acompañados por ejemplos y aplicaciones prácticas. Serán obligatorias.
- Se buscará el equilibrio entre las exposiciones tipo lección magistral, que siguen siendo indispensables, y las discusiones, análisis de ejemplos y trabajos en grupo. Se procurará que el alumno comprenda y utilice correctamente la terminología científica y culta.
- Los contenidos podrán consultarse y ampliarse en libros de referencia y otros materiales y programas. No obstante, se recomendará al alumno, en general, el tomar apuntes de las explicaciones y ejemplos desarrollados por el profesor, convirtiéndose así en protagonista de su propio aprendizaje, que interpreta lo que percibe y lo traslada a diario a notas personales, que podrán ser requeridas y evaluadas.
- El profesor podrá hacer preguntas y plantear trabajos a través de diversos cauces, cuya respuesta por el alumno será evaluada y tenida en cuenta para la calificación final.

Clases de problemas

- Aunque el tiempo disponible no permite el deseable aprendizaje de todas las técnicas necesarias para la solución de los diversos problemas que los recursos minerales plantean al profesional, se aprovecharán las clases de teoría para plantear y resolver ejemplos de aplicación, entre los cuales pueden proponerse algunos como trabajo personal (no presencial) evaluable.

- En los temas de exploración y de evaluación de yacimientos, los alumnos deberán realizar trabajos personales, evaluables, recurriendo a los programas informáticos existentes. Todos los problemas partirán de datos reales tomados de la abundante información existente y las soluciones se compararán con los mismos u otros casos reales.

Prácticas

- Tienen carácter obligatorio y ocupan 30 h presenciales, comprendiendo prácticas de laboratorio y viajes de prácticas.
- Se contempla un mínimo indispensable (12 h) de sesiones prácticas de laboratorio: examen y descripción de muestras de mano, mineralogía y alteraciones asociadas a los procesos de concentración de menas, microscopía y análisis de imagen. Como refuerzo, se ha previsto ofrecer a los alumnos un seminario de técnicas de laboratorio, fuera de programa y de asistencia libre.
- En las 12 prácticas de laboratorio (en grupos), de una o dos horas de duración, el alumno realizará observaciones con microscopios de transmisión y de reflexión, para reconocer los minerales / menas indispensables. Estas prácticas irán precedidas de una breve introducción a las técnicas a aplicar.
- El alumno deberá llevar al día un cuaderno de prácticas, que será supervisado/calificado por el profesor. En él irá consignando las tareas y observaciones realizadas.
- Las prácticas se llevarán a cabo en Laboratorio de Microscopía (M2, planta baja).
- Los viajes de prácticas tienen por objeto el conocimiento directo y concreto de yacimientos o minas, gracias a visitas programadas y discusiones sobre el terreno. Los detalles se exponen en la Guía del Alumno. El alumno anotará sus observaciones en un cuaderno de campo personal.
- Las prácticas se evaluarán, teniendo en cuenta la asistencia, la participación en las discusiones sobre el terreno, el nivel de la misma y el contenido del cuaderno de campo. Dicha evaluación se hará sobre el terreno o, de no ser posible, en los días inmediatamente siguientes.

Trabajos autónomos

- Evaluación mediante resolución de cuestionarios teórico-prácticos: a lo largo del curso, se propondrá la realización ocasional de tareas no presenciales adaptadas a la temática del momento, como consulta, crítica y síntesis de documentación bibliográfica para profundizar en alguno de los temas tratados.
- Estudio y trabajo autónomo individual: constituye una aportación del alumno imprescindible para obtener una evaluación satisfactoria. En el cuadro de créditos se da una cifra mínima orientativa del número de horas que un alumno medio deberá dedicar, teniendo en cuenta que hay diferencias en el ritmo personal de asimilación y rendimiento intelectual.

Trabajos en grupo

- Se plantearán, discrecionalmente, discusiones en grupo en el aula, las cuales servirán para pulsar el nivel de asimilación de conocimientos del grupo. Su objetivo es ayudar al alumno y no se contempla, salvo excepciones, su calificación, que podría restar libertad a la participación.
- En este mismo sentido se realizará al menos un taller sobre un tema relacionado con un metal de actualidad y sobre él se desarrollará el análisis participativo de su trascendencia y relación con la facilidad o no de su suministro. La valoración será el nivel de participación de los alumnos.
- Como una intensificación de las discusiones citadas, se contempla la realización de discusiones y trabajos en grupo sobre el terreno en los viajes de prácticas. Estas tareas son evaluables y forman parte de la calificación de las prácticas.

Tutorías

- Preferiblemente de carácter individual.
- El alumno podrá acudir a realizar consultas a su profesor, solicitando aclaraciones, explicaciones complementarias, o aquellas otras que considere necesarias para mejorar su aprendizaje en los temas tratados en el curso.
- En la tutoría el alumno deberá concretar la consulta.

5.2. Temario de la asignatura

1. Conceptos básicos y clasificación general de yacimientos. Técnicas de estudio. Modelización. Metalotectos.
2. Procesos endógenos y exógenos de concentración de menas en la litosfera. Tipología y clasificación de yacimientos metálicos. Diversos criterios y tipos de clasificación. Análisis comparativo.
3. Yacimientos asociados a rocas máficas, ultramáficas y alcalinas. Concentraciones de Ni. Sudbury, Norilsk. Concentraciones de Cr y EGP. Bushveld. Concentraciones ofiolíticas. Kimberlitas.
4. Yacimientos asociados a rocas graníticas y a pegmatitas. Concentraciones de Sn, W, Nb, Ta, TR. Otras. Yacimientos de skarn.
5. Yacimientos hidrotermales relacionados con rocas subvolcánicas y volcánicas. Pórfidos (Cu, Mo, Au; Sn). Procesos y concentraciones epitermales (Au, Ag, Pb, Zn, Cu).
6. Meteorización y enriquecimiento supergénico. Zonas de lixiviación, de oxidación y de cementación en concentraciones sulfuradas. Yacimientos lateríticos.
7. Yacimientos en rocas sedimentarias. Concentraciones detríticas. Placeres y paleoplaceres. Concentraciones Au-U: Witwatersrand. Otras concentraciones (diamantes, casiterita, columbo-tantalita...).
8. Concentraciones químicas, bioquímicas y exhalativas (1). Formaciones bandeadas de Fe y Mn. Kupferschiefer. Copper-Belt. Concentraciones Pb-Zn. Concentraciones U tipo Colorado Plateau.
9. Concentraciones químicas, bioquímicas y exhalativas (2). Yacimientos tipo SEDEX. Yacimientos SMV (Sulfuros

Masivos Volcanogénicos). La Faja Pirítica Ibérica.

10. Metamorfismo y yacimientos. Yacimientos metamorfizados versus metamorfogénicos. Metamorfismo de contacto. Metamorfismo regional. Yacimientos de oro orogénicos.

11. Provincias y épocas metalogenéticas. Relación con la geodinámica terrestre y con la tectónica global. Relación con los modelos de yacimientos. Tipos de yacimientos por sustancias.

12. Materias primas energéticas fósiles (1). Carbones. Tipos, procesos de formación y yacimientos. Problemas medio-ambientales.

13. Materias primas energéticas fósiles (2). Petróleo y gas natural. Origen, migración y concentración del petróleo y del gas natural. Recursos alternativos. Pizarras bituminosas. Gas-shale. Problemas ambientales ligados a su beneficio.

14. Rocas y Minerales Industriales (1). Rocas ornamentales. Materiales para la industria del cemento. Áridos.

15. Rocas y Minerales Industriales (2). Arcillas. Evaporitas y salares. Otras. Ejemplos locales (sepiolita y sales sódicas de la Cuenca de Madrid),

16. Principios generales de la exploración mineral. Geología y métodos de exploración. Teledetección, geofísica y geoquímica. Sondeos. Estrategias y Valoración económica.

17. Evaluación y valoración de yacimientos minerales. Levantamientos geológicos y muestreos. Técnicas de valoración geométrica, estadística y geoestadística. Referencia económica. Casos prácticos.

18. Análisis del territorio y principios de la compatibilidad ambiental del aprovechamiento de los recursos minerales. Análisis minero-ambiental de las explotaciones mineras y análisis de riesgo ambiental. Ejemplos.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Bloque 1, T1: Conceptos básicos.; T2: Procesos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 1, T1: Conceptos básicos.; T2: Procesos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2	Bloque 1, T3: Yacim. Rocas Máficas; T4: Yac. Rocas Graníticas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 1, T3: Yacim. Rocas Máficas; T4: Yac. Rocas Graníticas Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	Bloque 1, T5: Hidrotermales; T6: Meteorización; T7: Y. R. Sedimentarias Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 1, T5: Hidrotermales; T6: Meteorización; T7: Y. R. Sedimentarias Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	Bloque 1, T 8 y 9: Concentr. Químicas...Exhalativas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 1, T 8 y 9: Concentr. Químicas...Exhalativas Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	Bloque 1, T10: Metamorfismo; T11: Provincias Met Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 1, T10: Metamorfismo; T11: Provincias Met Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	Bloques 1 y 2: Viaje de Prácticas Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
7	Bloques 1 y 2: Viaje de Prácticas Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
8	Bloques 1 y 2: Viaje de Prácticas Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
9	Bloque 1, T12 y 13: Combustibles fósiles Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 1, T12 y 13: Combustibles fósiles Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
10	Bloque 1, T14 y 15: Rocas y Mins. Industriales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 1, T14 y 15: Rocas y Mins. Industriales Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Evaluación Bloque 1 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00

11	Bloque 2, T16 yT17: Exploración Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 2, T16 yT17: Exploración Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12	Bloque 2, T17: Valoración Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 2, T17: Valoración Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13	Bloque 2, T17: Valoración Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 2, T17: Valoración Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14	Bloque 2, T17, T18: Uso territorio Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Bloque 2, T17, T18: Uso territorio Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
15		Laboratorio Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
16				Evaluación Bloque 2 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 05:00
17				Examen Final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
10	Evaluación Bloque 1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	70%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG10 F27 F31
16	Evaluación Bloque 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	05:00	30%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG10 F27

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG10 F27 F31

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

EVALUACION
Ref
I1
I2
I3 a I5
I6 a I9
I10
I11
I12, I13

I14, I15

I16, I17

I18

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Bibliografía	Bibliografía	cf. Apdº correspondiente en "OTRA INFORMACIÓN"
Recursos web	Recursos web	cf. Apdº correspondiente en "OTRA INFORMACIÓN"
Laboratorios equipados	Equipamiento	cf. Apdº correspondiente en "OTRA INFORMACIÓN"
Aula de informática	Otros	cf. Apdº correspondiente en "OTRA INFORMACIÓN"

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)
EVALUACIÓN:
I1
I2
I3 a I5
I6 a I9
I10
I11

I12, I13

I14, I15

I16, I17

I18

RECURSOS DIDÁCTICOS

BIBLIOGRAFÍA

Castroviejo R. (1998) Fundamentos de Petrografía, Red ALEMYYMA, ETSI Minas, Madrid, 116 p & 5 posters.

Castroviejo R. (2007) Introducción al Estudio de los Recursos Minerales. MSc Aprovechamiento sostenible de los Recursos Minerales, R-5, serie introductoria. Red DESIR, Madrid, 78 p.

Delvigne J.E. (2010) Atlas of Micromorphology of Mineral Alteration and Weathering. The Canadian Mineralogist, Spec. Publication 3, 495p.

Dill, H.G. (2009) The "chessboard" classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium.- Earth Science Reviews, 100: 1-422 , Elsevier, Amsterdam.

Espí, J.A., Vázquez, F. (2010). Guión de prácticas del curso de simulación de los resultados de una campaña de exploración minera, 80 p.

.....
.....
Evans AM (1997) An Introduction to Economic Geology and its Environmental Impact. Blackwell, Oxford, 364 pp.

.....
.....
Kelley KD, Golden HC, eds. (2014) Building Exploration Capability for the 21st Century. SEG Special Pub 18, Boulder, CO (USA), 329 p.

.....
.....
Kesler SE, Simon AC (2015) Mineral resources, economics and the environment, 2nd. Ed. Cambridge University Press, 434 p.

Marshall D, Anglin CD & Mumin H. (2004) Ore Mineral Atlas. Geol. Assoc Canada, Mineral Dep. Division, St. Johns Newfoundland, Canada, 112 p.

Picot P & Johan Z. (1982) Atlas of Ore Minerals. BRGM & Elsevier, Amsterdam, 458 p.

Pohl W.H. (2011) Economic Geology: principles and practice. Wiley-Blackwell, Chichester, UK, 663 p.

.....
.....
Ridley J (2013) Ore Deposit Geology. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 398 p.

Robb L. (2005) Introduction to Ore-Forming Processes. Blackwell, Oxford, 373 p.

Taylor R. (2009) Ore Textures. Recognition and Interpretation. Springer, Berlin, 288 p.

Thompson AJB et al. (1996) Atlas of Alteration. A field and petrographic guide to hydrothermal minerals. Geol. Assoc Canada, Mineral Dep. Division, St. Johns Newfoundland, Canada, 119 p.

Vázquez Guzmán F. (2012) Manual de Yacimientos Minerales. U.D. Proyectos, ETSIMM, UPM, Madrid, 597 p.

RECURSOS WEB

Dill (2009) on-Line
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V62-4XR5N7M-1&_user=10&_coverDate=11%2F18%2F2009&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=1c8a75fc785d46f636e12ecaa03080aaccess

EQUIPAMIENTO

Colecciones sistemáticas de preparaciones microscópicas de rocas comunes y asociadas a yacimientos y de

menas.

Aula de Microscopía, dotada con equipos de transmisión y reflexión, para trabajo en grupos de hasta 10 alumnos simultáneamente, además de microscopio conectado a CCTV para explicaciones concretas del profesor.

Laboratorio de Microscopía, con equipamiento microscópico de transmisión y reflexión, microscopio motorizado con cámara, digitalización y análisis de imagen. Equipo FluidInc de petrografía y microtermometría de inclusiones fluídas.

Laboratorio de Preparación de Muestras, con equipamiento de corte, desbaste y pulido de rocas y menas.

Aula de Informática del Departamento de Ingeniería Geológica. Programas informáticos: Micromine, Mineral Venture, Minvest y Statgraphics