

# GUÍA DE APRENDIZAJE

## MINERALURGIA

GRADO DE INGENIERIA EN TECNOLOGÍA MINERA

### Datos Descriptivos

CENTRO RESPONSABLE:	E.T.S.DE INGENIEROS DE MINAS
OTROS CENTROS IMPLICADOS:	--
CICLO:	Grado con atribuciones
MÓDULO:	15
MATERIA:	
ASIGNATURA:	MINERALURGIA
CURSO:	3º
DEPARTAMENTO RESPONSABLE:	Ingeniería de Materiales
CRÉDITOS EUROPEOS:	4,5
CARÁCTER:	Obligatoria
ITINERARIO:	Explotación de minas
CURSO ACADÉMICO:	2013/2014
PERIODO DE IMPARTICIÓN:	Semestre 5º
IDIOMAS IMPARTICIÓN:	Español
OTROS IDIOMAS IMPARTICIÓN:	--
HORAS/CRÉDITO:	26

## Profesorado

COORDINADOR: DULCE GÓMEZ-LIMÓN GALINDO

NOMBRE	DESPACHO	EMAIL	EN INGLÉS
DULCE GÓMEZ-LIMÓN GALINDO	619	dulce.gomezlimon@upm.es	no
ÁNGEL RODRIGUEZ AVELLO SANZ	626	angel.rodriguezavello@upm.es	no
CARLOS GRIMA OLMEDO	639	carlos.grima@upm.es	no
JOSÉ MANUEL FIDALGO ALONSO	612	josemanuel.fidalgo@upm.es	no
ANA MARÍA MENDEZ LÁZARO	624	anamaria.mendez@upm.es	no

(\*) Profesores externos en *cursiva*.

## Tutorías

NOMBRE	Tutorías			
	Lugar	Día	De	A
DGL	Despacho <del>619</del>	X	11 h	14 h
		V	9 h	12 h
ARA	Despacho 626	X	11 h	14 h
		V	11 h	14 h
CGO	Despacho 639	M, X y J	18 h	20 h
JMFA	Despacho 612	J	12,30 h	14,30 h
		V	9,30-11,30 h	12,30-13,30 h
AML	Despacho 624	L	10 h-11 h	13 h-14 h
		M	10 h	14 h

## Grupos

		Nº de grupos
GRUPOS ASIGNADOS EN:	Teoría	1
	Prácticas	1
	Laboratorio	2

## Requisitos previos necesarios

### ASIGNATURAS SUPERADAS

No

### OTROS REQUISITOS

--

## Conocimientos previos recomendados

### ASIGNATURAS PREVIAS RECOMENDADAS

Mineralogía y petrografía  
Mecánica de fluidos

### CONOCIMIENTOS PREVIOS

Química-Física  
Mineralogía y petrografía  
Principios fundamentales en los equilibrios físicos y químicos

### OTROS CONOCIMIENTOS

## Competencias

CÓDIGO	COMPETENCIA	NIVEL	RA
CE 24.	Conocer y aplicar los fundamentos de la preparación y tratamiento de minerales, rocas industriales, rocas ornamentales y residuos	Aplicación	1-5
CG 1.	Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Tecnología Minera.	Conocimiento	1-5
CG 2.	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.	Aplicación	1-5
CG 3.	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.	Análisis, Síntesis.	1-5
CG 6.	Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.	Aplicación	1-5

## Resultados de aprendizaje

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
RA 1	Capacidad de conocer, comprender los fundamentos de los principios mineralúrgicos.
RA 2	Conocer y comprender los principios y el funcionamiento de los sistemas de clasificación.
RA 3	Conocer e interpretar análisis granulométricos
RA 4	Conocer y comprender los principios y el funcionamiento de los sistemas de trituración y molienda.
RA 5	Conocer y comprender los principios y el funcionamiento de los sistemas de concentración de minerales.

## Indicadores de logro

CÓDIGO	INDICADOR	RA
I1	Que el alumno sepa definir con precisión y claridad las operaciones unitarias necesarias para la reducción de tamaño de una mena y la liberación de las especies contenidas.	1
I2	Que el alumno sepa definir con precisión y claridad los sistemas de clasificación por tamaños (cribado) y por equivalencia.	2
I3	Que el alumno sepa interpretar las curvas granulométricas y su aplicación en la clasificación, así como la selección de equipos.	3
I4	Que el alumno comprenda los principios y el funcionamiento de los sistemas de trituración, así como la selección de equipos.	3
I5	Que el alumno comprenda los principios y el funcionamiento de los sistemas de molienda, así como la selección de equipos.	4
I6	Que el alumno conozca los diferentes medios de concentración por medios físicos, físico-químicos y químicos, así como las leyes de las especies de interés.	4
I7	Que el alumno comprenda los principios y funcionamiento de los sistemas de concentración gravimétrica, así como la selección de equipos.	5
I8	Que el alumno comprenda los principios y funcionamiento de los sistemas de concentración basados en las propiedades magnéticas, eléctricas y ópticas, así como la selección de equipos.	5
I9	Que el alumno comprenda los principios y funcionamiento de los sistemas de concentración por flotación, así como la selección de equipos.	5
I10	Que el alumno comprenda los diferentes medios de concentración por lixiviación química, así como la selección de los sistemas de extracción por disolventes y recuperación por técnicas electroquímicas.	5
I11	Que el alumno comprenda los diferentes sistemas de acondicionamiento de los productos concentrados y estériles.	1

## Contenidos específicos (temario)

TEMA / CAPÍTULO	APARTADO	IND
Tema 1. Introducción general a la Mineralurgia	Concepto de mineralurgia. Grado y tamaño de liberación. Operaciones unitarias. Esquemas de procesos.	11
Tema 2. Cribado	Principios del cribado. Tipo de cribas y superficies cribantes. Capacidad de las cribas.	12, 13
Tema 3. Trituración	Teoría de la conminución. Etapas de reducción de tamaño. Fuerzas que intervienen. Consumo y leyes. Trituración primaria. Trituración secundaria. Trituración terciaria.	14
Tema 4. Clasificación por equivalencia	Conceptos. Partículas isódromas. Imperfección de la clasificación.	12
Tema 5. Molienda	Principios de la molienda. Molinos autógenos. Molinos de barras. Molinos de bolas. Dimensionado de molinos. Molinos de remolienda y acabado de productos.	14
Tema 6. Concentración gravimétrica	Fundamentos. Métodos de lámina pelicular fluente. Métodos de aceleración diferencial. Concentración por medios densos.	17
Tema 7. Separación electrostática y magnética	Concentración electrostática. Concentración magnética.	18

Tema 8. Concentración por flotación	Fundamentos de la concentración por flotación. Reactivos de flotación. Equipos de flotación.	19
Tema 9. Hidrometalurgia	Fundamentos y Diagramas de la hidrometalurgia. Purificación de las soluciones. Extracción con solventes, resinas y carbón activo. Técnicas electroquímicas de recuperación. Casos prácticos.	110
Tema 10. Acondicionamiento de producto	Filtración. Centrifugación. Secado.	111

### **Breve descripción de las modalidades organizativas utilizadas y métodos de enseñanza empleados**

MODALIDAD	DESCRIPCIÓN MÉTODO	MÉTODOS DE ENSEÑANZA
Clases teóricas	Se impartirán en aula fomentando la discusión y el debate	Lección magistral
Clases prácticas	Visitas al laboratorio para el conocimiento y manejo básico de los equipos	Aprendizaje cooperativo
Clases de problemas	Resolución de problemas en aula	Lección magistral Aprendizaje basado en problemas
Estudio y trabajo autónomo	Resolución de problemas planteados y aprendizaje de lo expuesto en aula	Estudio de casos Estudio de teoría
Prácticas externas	Viaje a una explotación para ver in situ lo explicado en aula	Aprendizaje cooperativo



## **Cronograma de trabajo de la asignatura**

## Evaluación de la asignatura

SEMANA	EVALUACIONES					
SEMANA 8	Actividad	Lugar	Tipo	Técnica eval.	Peso(%)	Peso(%) Eval. min.
	Prueba liberatoria (T1-T5)	Aula	Examen	Examen escrito <i>(teoría y problemas)</i>	50%	
SEMANA 15	Actividad	Lugar	Tipo	Técnica eval.	Peso(%)	Peso(%) Eval. min.
	Prueba liberatoria (T6-T10)**	Aula	Examen	Examen escrito <i>(teoría y problemas)</i>	50%	
	Examen final ordinario (T1-T10) *	Aula	Prueba final	Examen escrito <i>(teoría y problemas)</i>	100%	100%

\* *Para aquellos alumnos que no hayan liberado la primera prueba liberatoria, deberán ir al examen final ordinario con todos los temas de la asignatura.*

\*\* *Se necesitara una calificación mínima de 3 en la segunda prueba liberatoria sobre 10 para poder realizar el cómputo global de la calificación de la asignatura.*

## Criterios de calificación de la asignatura

El sistema de calificación general se basa en criterios de evaluación continua, donde la nota final se obtiene de los conocimientos de teoría y problemas adquiridos por asistencia a clase y al laboratorio, así como del estudio y los trabajos realizados de forma individual o en grupo por el alumno fuera del aula.

Durante la convocatoria ordinaria se han establecido dos bloques con pruebas parciales liberatorias, así como una prueba final donde el alumno se podrá presentar a las partes no aprobadas.

No se podrá superar la primera prueba liberatoria cuando la nota del examen de evaluación sea inferior a un 5 sobre 10. Aquellos alumnos que no hayan superado esta primera prueba liberatoria, deberán ir al examen final ordinario con todos los temas de la asignatura. En este caso se necesitará obtener una nota mínima en la segunda prueba liberatoria de un 3 para poder realizar el cómputo global de la asignatura.

La nota final de cada prueba liberatoria se compone de la suma de la nota del examen de evaluación (85 %), más la nota obtenida en otras actividades docentes (5 %), así como de la asistencia a clase (10 %).

## Recursos didácticos

TIPO	DESCRIPCIÓN
Bibliografía básica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ALVAREZ, R.: Trituración, molienda y clasificación (apuntes). Fundación Gómez-Pardo, Madrid, 2000.</li> <li>• BLAZY, P.: El beneficio de los minerales. Rocas y Minerales, Madrid, 1977.</li> <li>• GARCÍA-GARZÓN, J.: Los métodos de concentración basados en: la gravedad, el magnetismo y la electrostática (apuntes). Fundación Gómez-Pardo, Madrid, 1994.</li> <li>• GÓMEZ-LIMÓN, D.: Concentración por flotación (apuntes). Ed. Fundación Gómez-Pardo, Madrid, 2000.</li> <li>• KELLY, E.G.; SPOTTISWOOD, D.J.: Introducción al procesamiento de minerales. Limusa, México, 1990.</li> </ul>
Bibliografía complementaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CURRIE J.M. Unit operations in mineral processing. CSM Press. British Columbia, 1978.</li> <li>• MULAR, A.L.; BHAPPU, R.B.: Mineral processing plant design. Society of Mining Engineers. AIME, New York, 1980.</li> <li>• WEISS, N.L.: SME Mineral processing handbook. Ed. Society of Mining Engineers. AIME, New York, 1985.</li> <li>• JAIN, S.K.: Ore processing. Balquema, Rotterdam, 1987.</li> <li>• WILLS, B.A.: Mineral Processing Technology. Pergamon Press. Oxford, 1988.</li> </ul>
Recursos web	Plataforma Moddle
Laboratorio	Tratamiento de minerales

## Otra información reseñable

**CRONOGRAMA**

Créditos ECTS asignatura: 4,5

Horas /ECTS  
26

Semana	Actividad	Modalidad organizativa	Método de enseñanza	Lugar	Duración	¿Es actividad de Evaluación?	Tipo	Columnas Auto Calculadas			
								Carga relativa (%)	Carga acumulada (%)	Carga relativa (%)	Carga acumulada (%)
seleccionar de desplegable								Evaluación continua		Evaluación solo final	
1	1 Tema 1	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	0,85%	0,85%	0,85%
	2 Tema 2	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	1,71%	0,85%	1,71%
	3 Tema 2	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	2,56%	0,85%	2,56%
	4 Tema 2	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	3	No	Evaluación Continua	2,56%	5,13%	0,00%	2,56%
	5							0,00%	5,13%	0,00%	2,56%
2	1 Tema 2	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	5,98%	0,85%	3,42%
	2 Tema 2	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	6,84%	0,85%	4,27%
	3 Tema 3	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	7,69%	0,85%	5,13%
	4 Tema 3	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	5	No	Evaluación Continua	4,27%	11,97%	0,00%	5,13%
	5							0,00%	11,97%	0,00%	5,13%
3	1 Tema 3	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	12,82%	0,85%	5,98%
	2 Tema 3	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	13,68%	0,85%	6,84%
	3 Tema 3	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	14,53%	0,85%	7,69%
	4 Tema 3	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	2	No	Evaluación Continua	1,71%	16,24%	0,00%	7,69%
	5 Tema 3	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Casos	Otros	3	No	Evaluación Continua	2,56%	18,80%	0,00%	7,69%
4	1 Tema 3	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	19,66%	0,85%	8,55%
	2 Tema 4	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	20,51%	0,85%	9,40%
	3 Tema 4	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	21,37%	0,85%	10,26%
	4 Tema 4	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	4	No	Evaluación Continua	3,42%	24,79%	0,00%	10,26%
	5 Tema 4	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Casos	Otros	2	No	Evaluación Continua	1,71%	26,50%	0,00%	10,26%
5	1 Tema 4	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	27,35%	0,85%	11,11%
	2 Tema 4	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	28,21%	0,85%	11,97%
	3 Tema 5	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	29,06%	0,85%	12,82%
	4 Tema 5	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	2	No	Evaluación Continua	1,71%	30,77%	0,00%	12,82%
	5 Tema 5	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Casos	Otros	4	No	Evaluación Continua	3,42%	34,19%	0,00%	12,82%
6	1 Tema 5	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	35,04%	0,85%	13,68%
	2 Tema 5	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	35,90%	0,85%	14,53%
	3 Tema 5	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	36,75%	0,85%	15,38%
	4 Tema 5	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	4	No	Evaluación Continua	3,42%	40,17%	0,00%	15,38%
	5 Viaje	Prácticas externas	Aprendizaje Cooperativo	Otros	8	No	Evaluación Continua	6,84%	47,01%	0,00%	15,38%
7	1 Tema 5	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	47,86%	0,85%	16,24%
	2 Temas 1-5	Seminarios-talleres	Aprendizaje Cooperativo	Otros	1	No	Ambos	0,85%	48,72%	0,85%	17,09%
	3 Temas 1-5	Seminarios-talleres	Aprendizaje Cooperativo	Otros	1	No	Ambos	0,85%	49,57%	0,85%	17,95%
	4 Temas 1-5	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Casos	Otros	4	No	Evaluación Continua	3,42%	52,99%	0,00%	17,95%
	5							0,00%	52,99%	0,00%	17,95%
8	1 Temas 1-5	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Aula	1	No	Examen Final	0,00%	52,99%	0,85%	18,80%
	2 Temas 1-5	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Casos	Aula	1	No	Examen Final	0,00%	52,99%	0,85%	19,66%
	3 Tema 6	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	53,85%	0,85%	20,51%
	4 Tema 6	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	2	No	Evaluación Continua	1,71%	55,56%	0,00%	20,51%
	5							0,00%	55,56%	0,00%	20,51%
9	1 Tema 6	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	56,41%	0,85%	21,37%
	2 Tema 6	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	57,26%	0,85%	22,22%
	3 Tema 6	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	58,12%	0,85%	23,08%
	4 Tema 6	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	5	No	Evaluación Continua	4,27%	62,39%	0,00%	23,08%
	5							0,00%	62,39%	0,00%	23,08%
10	1 Tema 6	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	63,25%	0,85%	23,93%
	2 Tema 6	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	64,10%	0,85%	24,79%
	3 Tema 7	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	64,96%	0,85%	25,64%
	4 Tema 7	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	2	No	Evaluación Continua	1,71%	66,67%	0,00%	25,64%
	5 Tema 7	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Casos	Otros	4	No	Evaluación Continua	3,42%	70,09%	0,00%	25,64%
11	1 Tema 7	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	70,94%	0,85%	26,50%
	2 Tema 8	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	71,79%	0,85%	27,35%
	3 Tema 8	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	72,65%	0,85%	28,21%
	4 Tema 8	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	5	No	Evaluación Continua	4,27%	76,92%	0,00%	28,21%
	5							0,00%	76,92%	0,00%	28,21%
12	1 Tema 8	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	77,78%	0,85%	29,06%
	2 Tema 8	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	78,63%	0,85%	29,91%
	3 Tema 8	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	79,49%	0,85%	30,77%
	4 Tema 8	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	4	No	Evaluación Continua	3,42%	82,91%	0,00%	30,77%
	5 Tema 8	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Casos	Otros	2	No	Evaluación Continua	1,71%	84,62%	0,00%	30,77%
13	1 Tema 8	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	85,47%	0,85%	31,62%
	2 Tema 8	Clase prácticas	Aprendizaje Basado en Problemas	Aula	1	No	Ambos	0,85%	86,32%	0,85%	32,48%
	3 Temas 6-8	Seminarios-talleres	Aprendizaje Cooperativo	Otros	1	No	Ambos	0,85%	87,18%	0,85%	33,33%
	4 Temas 6-8	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Casos	Otros	4	No	Evaluación Continua	3,42%	90,60%	0,00%	33,33%
	5							0,00%	90,60%	0,00%	33,33%
14	1 Tema 9	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	91,45%	0,85%	34,19%
	2 Tema 9	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	92,31%	0,85%	35,04%
	3 Tema 9	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	93,16%	0,85%	35,90%
	4 Tema 9	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	4	No	Evaluación Continua	3,42%	96,58%	0,00%	35,90%
	5							0,00%	96,58%	0,00%	35,90%
15	1 Tema 10	Clase Teóricas	Lección Magistral	Aula	1	No	Ambos	0,85%	97,44%	0,85%	36,75%
	2 Temas 6-10	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Aula	1	No	Examen Final	0,00%	97,44%	0,85%	37,61%
	3 Temas 6-10	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Casos	Aula	1	No	Examen Final	0,00%	97,44%	0,85%	38,46%
	4 Temas 6-10	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	3	No	Evaluación Continua	2,56%	100,00%	0,00%	38,46%
	5 Temas 1-10	Estudio y trabajo autónomo	Estudio de Teoría	Otros	72	Si	Examen Final	0,00%	100,00%	61,54%	100,00%
Total								100,00%	OK	100,00%	OK