

**GUIA DOCENTE DE LA ASIGNATURA**

**DESCRIPTION OF INDIVIDUAL COURSE UNIT**

<p><b>Nombre de la asignatura/módulo/unidad y código</b> Course title and code</p>	<p>Extracción, Estructura y Propiedades de los Metales y Aleaciones</p>
<p><b>Nivel (Grado/Postgrado)</b> Level of course (Undergraduate/Postgraduate)</p>	<p>Grado</p>
<p><b>Plan de estudios en que se integra</b> Programme in which is integrated</p>	<p>Licenciatura en Química</p>
<p><b>Tipo (Troncal/Obligatoria/Optativa)</b> Type of course (Compulsory/Elective)</p>	<p>Optativa</p>
<p><b>Año en que se programa</b> year of study</p>	<p>4º</p>
<p><b>Calendario (Semestre)</b> Calendar (Semester)</p>	<p>Segundo cuatrimestre: 18 Febrero de 2013 – 12 Junio de 2013</p>
<p><b>Créditos teóricos y prácticos</b> Credits (theory and practics)</p>	<p>Exámenes: Por determinar 4.5</p>
<p><b>Créditos expresados como volumen total de trabajo del estudiante (ECTS)</b> Number of credits expressed as student workload (ECTS)</p>	<p>4.5*</p>
<p><b>Descriptores</b> Descriptors</p>	<p>*1 ECTS= 25-30 horas de trabajo. ver más abajo actividades y horas de trabajo estimadas</p>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<p>Fundamentos termodinámicos de la extracción de los metales. Tipos de estructuras metálicas. Diagramas de fase. Aleaciones.</p>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<p><u>Objetivo General:</u> Obtener conocimientos básicos acerca de los diferentes procesos de extracción y obtención de los metales y aleaciones más importantes, haciendo especial hincapié en los procesos químicos involucrados y prestando atención a las implicaciones medioambientales de dichos procesos de producción. Conocer la estructura y propiedades de dichos materiales.</p>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<p><u>Objetivos particulares:</u></p>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener una visión general de la evolución de los procesos metalúrgicos a lo largo de la historia y de cómo han ido transformándose hasta convertirse en una ciencia.</li> </ul>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los diferentes tipos de menas y los procesos de preparación previos de los minerales</li> </ul>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los procesos de extracción y obtención generales y como se aplican a cada tipo de mena. Distinguir claramente entre procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos y como pueden interrelacionarse.</li> </ul>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejar con fluidez el uso de los diagramas de Ellingham y Richardson para poder interpretar termodinámicamente los procesos de obtención de metales y en que condiciones pueden llevarse a cabo.</li> </ul>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar y entender los principios y características de los sistemas electrolíticos para la obtención y afino de metales.</li> </ul>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer más en profundidad las características y particularidades de los procesos de obtención y estructuras de los metales más importantes y sus aleaciones: Fe y acero, Al, Cu, Ni, Zn, Pb, Ag y Au.</li> </ul>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiarizarse con los procesos que tienen lugar en la siderurgia, especialmente los procesos químicos que se dan en el alto horno y los convertidores para la obtención del hierro y el acero.</li> </ul>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de los diagramas de fase para poder interpretar la formación de aleaciones y las diferentes estructuras de estas.</li> </ul>
<p><b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los procesos de corrosión desde un punto de vista</li> </ul>

químico y como afectan a las propiedades de los metales.

**Prerrequisitos y recomendaciones**

Prerequisites and advises

No hay requisitos previos aparte de los conocimientos mínimos exigibles en segundo ciclo del grado de Química.

**Contenidos/descriptores/palabras clave**

Course contents/descriptors/key words

PROGRAMA DE TEORÍA

1. INTRODUCCIÓN. METALURGIA: ARTE, CIENCIA Y TECNOLOGÍA
2. PREPARACIÓN DE MENAS METÁLICAS
3. TERMODINÁMICA DE LOS COMPUESTOS METÁLICOS. DIAGRAMAS DE ELLINGHAM
4. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE EXTRACCIÓN I: PIROMETALURGIA
5. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE EXTRACCIÓN II: HIDROMETALURGIA
6. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE EXTRACCIÓN III: AFINO Y PURIFICACIÓN
7. METALURGIA DEL ALUMINIO
8. SIDERURGIA
9. METALURGIA DEL COBRE
10. OTRAS METALURGIAS: Ni, Zn, Pb Y METALES PRECIOSOS
11. ESTUDIO DE LOS DIAGRAMAS DE FASE PARA METALES. ALEACIONES.
12. CORROSION

**Bibliografía recomendada**

Recommended reading

1. Metalurgia extractiva. Volumen I. Fundamentos. A. Ballester, L. F. Verdeja y J. Sancho. Editorial Síntesis. 2003. ISBN:84-7738-802-4
2. Metalurgia extractiva. Volumen II. Procesos de obtención. J. Sancho, L. F. Verdeja y A. Ballester. Editorial Síntesis. 2003. ISBN: 84-7738-803-2
3. Metalurgia general. Tomo I. F. R. Morral, E. Jimeno y P. Molera. Editorial Reverté. 1982. ISBN: 84-291-6072-8
4. Metalurgia general. V.G. Voskoboïnikov, V.A. Kudrin y A.M Yakushev. Editorial Mir Moscú. 1982.
5. Metalurgia. Tomo I y II. Elaboración de los metales. C. Chaussin y G. Hilly. Ediciones Urmo. 1972.
6. Metalurgia química. J. J. Moore. Ed. Alhambra. 1987. ISBN: 84-205-1549-3
7. Principios de metalurgia física. Robert E. Reed-Hill. Compañía Editorial Continental. 1968.
8. Introducción a la metalurgia física. S.H. Avner. Mc-Graw Hill. 1988. ISBN: 968-6096-01-1

9. Physical Metallurgy.  
Cahn and Haasen Editors. Elsevier Science. 1996. ISBN: 0-444-89875-1
10. Cottrell, A.; "An introduction ro Metallurgy". Arnold, 1975.
11. Fernández González, T.; "Metalurgia de Aceros y Fundiciones", Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Málaga, 1988.
12. Gilchrist, J.D.; "Extraction Metallurgy". Pergamon Press, 1969.
13. Guy, A.G.; "Elements of Physical Metallurgy". Addison Wesley, 1967.
14. Massalski, T.B. Ed. "Binary alloy phase diagrams". american Society of Metals. Metal Park Ohio, 1986.
15. Otero de Gándara, J.L.; "Operaciones de separación en metalurgia extractiva". Alhambra, 1976.
16. Smith, W.F.; "Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales". McGraw-Hill, 1992.

**Métodos docentes**  
Teaching methods

- Teoría: Clases para explicar los temas del programa usando métodos audiovisuales.
- Seminarios: Resolución de ejercicios prácticos relacionados con la enseñanza impartida y relaciones de problemas para que realicen los alumnos
- Tutorías: Resolución de dudas
- Trabajos bibliográficos por parte de los alumnos que se expondrán en clase.
- Está proyectada una visita a la acería eléctrica de Acerinox (Palmones. Cádiz)
- Sistema web de apoyo a la docencia (plataforma SWAD) para la comunicación alumno-profesor y alumno-alumno y el intercambio de información relacionado con la asignatura.

**Actividades y horas de trabajo estimadas**  
Activities and estimated workload (hours)

<u>Actividad</u>	<u>h.clase</u>	<u>h. estudio*</u>	<u>Total</u>
Lecciones:	38	57	95
Seminarios:	7	6	13
Exámenes (incluyendo preparación):	4	30	34
Grupos reducidos de tutoría:	--	--	
Otras actividades académicas dirigidas:	--	--	--
<b>Total:</b>	<b>49</b>	<b>72</b>	<b>142</b>

<p><b>Tipo de evaluación y criterios de calificación</b> Assessment methods</p>	<p>*basado en las encuestas -- 2004/05 Se realizarán dos exámenes de control escritos teórico-prácticos que supondrán el 80% de la calificación final. El 20% restante se evaluará en función de los ejercicios prácticos resueltos en los seminarios y entregados al profesor, trabajos, controles, así como de las preguntas de clase.</p>
<p><b>Idioma usado en clase y exámenes</b> Language of instruction</p>	<p>Español</p>
<p><b>Enlaces a más información</b> Links to more information</p>	<p><u>Planificación de actividades</u>: Se entrega al inicio del curso la programación completa de la asignatura, incluyendo el cronograma</p> <p><u>Esquemas de clase</u>: Se facilitan previamente a las clases unos esquemas explicativos así como la información de los soportes audiovisuales utilizados.</p> <p><u>Información adicional</u>: Se facilitan direcciones web de donde poder sacar información, especialmente de aquellas empresas metalúrgicas cuya producción está relacionada con la asignatura.</p>
<p><b>Nombre del profesor(es) y dirección de contacto para tutorías</b> Name of lecturer(s) and address for tutoring</p>	<p>Profesores: MANUEL JOSE PEREZ MENDOZA</p> <p>Correo electrónico: <a href="mailto:mjperez@ugr.es">mjperez@ugr.es</a> Oficina: Dpto. Química Inorgánica. Despacho 5 (Edificio Químicas II, 2ª planta) Facultad de Ciencias, Campus de Fuente Nueva, 18071 Granada</p>

# **PROGRAMA COMPLETO DE LA ASIGNATURA**

## **• PROGRAMA DE TEORIA**

### **1. INTRODUCCIÓN. METALURGIA: ARTE, CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**1.1 Arte**

**1.2 Ciencia**

**1.3 Tecnología**

**1.4 La metalurgia extractiva hoy**

### **2. PREPARACIÓN DE MENAS METÁLICAS**

#### **MENAS Y YACIMIENTOS**

**2.1. Introducción**

**2.2. Origen de los yacimientos**

**2.3. Tipos de yacimientos y su formación**

*2.3.1. Yacimientos primarios. Procesos de segregación magmática*

*2.3.2. Yacimientos secundarios. Procesos de meteorización*

**2.4. Factores que condicionan los yacimientos y las menas**

#### **PREPARACIÓN DE MENAS**

**2.5. Reducción de tamaño**

*2.5.1. Trituración*

*2.5.2. Molienda*

**2.6. Operaciones previas a la separación**

*2.6.1. Apartado o estrío*

*2.6.2. Deslamado o desenlodado*

**2.7. Separación hidromecánica**

*2.7.1. Clasificación por tamaños*

*2.7.2. Separación gravimétrica o hidráulica*

*2.7.3. Sistemas de separación hidromecánica*

**2.8. Separación/Concentración por flotación**

*2.8.1. Colectores*

*2.8.2. Espumantes*

*2.8.3. Acondicionadores*

*2.8.4. Sistemas de flotación*

**2.9. Separación magnética**

**2.10. Separación electrostática**

### **3. TERMODINÁMICA DE LOS COMPUESTOS METÁLICOS. DIAGRAMAS DE ELLINGHAM**

#### **3.1. Introducción**

#### **3.2. Propiedades de una línea en un diagrama de Ellingham**

- 3.2.1. *Entropía de una reacción*
- 3.2.2. *Temperatura de descomposición*
- 3.2.3. *Entalpía de una reacción*
- 3.2.4. *Estabilidad de los compuestos*
- 3.2.5. *Efecto de la presión*

#### **3.3. Interpretación conjunta de dos o más líneas en el diagrama**

- 3.3.1. *Estabilidad relativa de dos compuestos*
- 3.3.2. *Variación de la energía libre de las reacciones de reducción*
- 3.3.3. *Efecto de la presión sobre el trazado de las líneas*

#### **3.4. Diagramas de Richardson**

- 3.4.1. *Escala de presión parcial de equilibrio de oxígeno*
- 3.4.2. *Escalas de relación de presiones CO/CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O*

#### **3.5. Desventajas de los diagramas de Ellingham y Richardson**

#### **3.6. Información de los diagramas de Ellingham para diversos tipos de compuestos**

- 3.6.1. *Diagramas de Ellingham de la formación de óxidos*
- 3.6.2. *Diagramas de Ellingham de la formación de sulfuros*
- 3.6.3. *Diagramas de Ellingham de la formación de cloruros*

### **4. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE EXTRACCIÓN I: PIROMETALURGIA**

#### **4.1. Tostación de sulfuros**

#### **4.2. Reducción de óxidos**

- 4.2.1. *Sistema carbono-oxígeno*
- 4.2.2. *Consideraciones sobre los DE para óxidos*
- 4.2.3. *Aspectos cinéticos de la reducción de óxidos*
- 4.2.4. *Tratamiento de carbonatos*

#### **4.3. Metales nativos**

#### **4.4. Procesos metalotérmicos**

### **5. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE EXTRACCIÓN II: HIDROMETALURGIA**

#### **5.1. Introducción**

#### **5.2. Ventajas y desventajas de la hidrometalurgia**

- 5.2.1. *Ventajas*
- 5.2.2. *Desventajas*

#### **5.3. Lixiviación**

- 5.3.1. *Ácido-base*
- 5.3.2. *Redox*
- 5.3.3. *Complejante*
- 5.3.4. *Métodos de lixiviación*

#### **5.4. Lixiviación bacteriana**

- 5.4.1. Condiciones físicas para el crecimiento de las bacterias*
- 5.4.2. Ventajas y desventajas de la lixiviación bacteriana*
- 5.4.3. perspectivas de futuro de la lixiviación*

#### **5.5. Tratamiento de los licores de la lixiviación**

- 5.5.1. Cristalización*
- 5.5.2. Precipitación iónica*
- 5.5.3. Cementación*
- 5.5.4. Reducción con gases*
- 5.5.5. Adsorción sobre carbón y cambio iónico*
- 5.5.6. Extracción con disolventes*

#### **5.6. Electrolisis**

- 5.6.1. Leyes de Faraday y rendimiento de corriente*
- 5.6.2. Potencial o voltaje aplicado*
- 5.6.3. Obtención de metales por electrodeposición*

### **6. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE EXTRACCIÓN III: AFINO Y PURIFICACIÓN**

#### **6.1. Introducción**

#### **6.2. Afino por vía térmica**

- 6.2.1. Afino por vía térmica sin reacción*
- 6.2.2. Afino por vía térmica con reacción*

#### **6.3. Afino electrolítico**

- 6.3.1. Condiciones para el afino electrolítico*
- 6.3.2. Afino electrolítico del cobre*
- 6.3.3. Afino electrolítico del níquel*

#### **6.4. Purificación y obtención de metales ultrapuros**

- 6.4.1. Método del carbonilo*
- 6.4.2. Proceso del filamento incandescente de Van Arkel*
- 6.4.3. Fusión por zonas*

### **7. METALURGIA DEL ALUMINIO**

#### **7.1. Introducción e historia**

#### **7.2. Menas de aluminio**

#### **7.3. Obtención de alúmina a partir de bauxita. Proceso Bayer**

#### **7.4. Electrolisis de la alúmina. Proceso Hall-Héroult**

#### **7.5. Preafino**

#### **7.6. Metalurgia secundaria del aluminio. Reciclado**

#### **7.8. Medio ambiente**

### **8. SIDERURGIA**

## **8.1. Introducción**

## **8.2. Materias primas**

8.2.1. *Carbón coquizable*

8.2.2. *Mineral de hierro*

8.2.3. *Escorificantes y fundentes*

8.2.4. *Chatarra*

8.2.5. *Prerreducidos*

## **8.3. Procesos de sinterización y peletización**

## **8.4. La producción de hierro en el alto horno**

8.4.1. *Evolución histórica*

8.4.2. *Características generales del alto horno*

## **8.5. Reacciones en el alto horno**

8.5.1. *Reducción de los óxidos de hierro*

8.5.2. *Reducción de otros compuestos*

8.5.3. *El papel de la escoria*

## **8.6. Conversión en acero**

8.6.1. *Cinética de los procesos en el convertidor*

8.6.2. *Convertidores*

## **8.7. La acería eléctrica**

8.7.1. *Aceros*

8.7.2. *Ferroaleaciones*

## **8.8. Metalurgia secundaria o de cuchara**

## **8.9. Alternativas al alto horno**

# **9. METALURGIA DEL COBRE**

## **9.1. Introducción e historia**

## **9.2. Menas de cobre**

## **9.3. Metalurgia del cobre por vía seca**

9.3.1. *Concentración de menas*

9.3.2. *Tostación*

9.3.3. *Fusión para obtener la mata*

9.3.4. *Conversión de la mata*

## **9.4. Obtención del cobre por vía húmeda. Extracción hidrometalúrgica**

9.4.1. *Lixiviación*

9.4.2. *Extracción con disolventes orgánicos*

9.4.3. *Cementación*

9.4.4. *Electrorrecuperación*

## **9.5. Afino**

9.5.1. *Afino térmico*

9.5.2. *Afino electrolítico*

## **9.6. Reciclaje del cobre y chatarras aleadas**

## **9.7. Problemas medioambientales: el problema del azufre**



## **10. OTRAS METALURGIAS: Ni, Zn, Pb Y METALES PRECIOSOS**

### **10.1. Metalurgia del níquel**

- 10.1.1. Menas de níquel*
- 10.1.2. Tratamiento de las menas oxidadas*
- 10.1.3. Tratamiento de las menas sulfuradas*
- 10.1.4. Recuperación del cobalto*

### **10.2. Metalurgia del cinc**

- 10.2.1. Menas de cinc*
- 10.2.2. Concentración de menas*
- 10.2.3. Tratamiento pirometalúrgico (vía seca)*
- 10.2.4. Tratamiento hidrometalúrgico (vía húmeda)*
- 10.2.5. Recuperación del cinc a partir de chatarras*

### **10.3. Metalurgia del plomo**

- 10.3.1. Menas de plomo*
- 10.3.2. Procesado del plomo*
- 10.3.3. Refinado del plomo crudo*
- 10.3.4. Separación de la Ag y Au. Proceso Parkes*
- 10.3.5. Eliminación del bismuto*
- 10.3.6. Reciclado del plomo y medio ambiente*

### **10.4. Metalurgia de los metales preciosos**

- 10.4.1. Menas*
- 10.4.2. Cianuración*
- 10.4.3. Recuperación del oro con carbón activado*
- 10.4.4. Metalurgia de los otros metales preciosos*
- 10.4.5. Análisis y pureza del oro*

Semana nº	Temario	ACTIVIDADES PRESENCIALES							ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	Controles
		Lecciones		Prácticas aula/ laboratorio			Otras actividades			
			H	H	G	P	Actividad	H		
1	Tema 1 y 2	Introducción a la metalurgia y Preparación de menas	3		-					
2	Tema 2	Operaciones de separación y concentración	3		-					
3	Tema 3	Termodinámica de los compuestos metálicos	3		-					
4	Tema 3	Diagramas de Ellingham	1	2	-	Resol. Problemas				
5	Tema 4	Pirometalurgia	3		-					
6	Tema 4 y 5	Piro e hidrometalurgia	3		-					
7	Tema 5	Hidrometalurgia	1	2	-	Resol. Problemas				
8	Tema 6	Afino y purificación de metales	3		-					
9	Tema 7	Obtención Al	3		-					Temas 1-6
10	Tema 8	Siderurgia: Alto horno y obtención del arrabio	3		-					
11	Tema 8	Siderurgia: Convertidores y obtención del acero	3		-		Visita prevista a la acería eléctrica de Acerinox (Cádiz)			
12	Tema 9	Obtención de Cu	3		-					
13	Tema 9	Obtención de Cu	3		-					
14	Tema 10	Obtención de Ni, Zn, Pb y metales preciosos	1	2	-	Resol. Problemas				
15	Tema 10	Obtención de Ni, Zn, Pb y metales preciosos	2	1	-	Resol. Problemas y Dudas				
Exam.	Por determinar									