



**Máster en Ciencia y Tecnología Químicas**  
**Facultad de Ciencias Químicas**  
**Universidad Complutense de Madrid**

**Guía docente**  
**ESTRUCTURA Y SÍNTESIS**  
**QUÍMICA: METALURGIA**

Código: 605198

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**CURSO 2023-2024**

**Nombre de la asignatura (Subject name)**

**Metalurgia**  
*Metallurgy*

**Duración**

**Primer semestre**

**Créditos ECTS /Carácter**

**6 ECTS / Optativo**

**Contenidos básicos (Subject knowledge)**

Aspectos avanzados sobre termodinámica y cinética en estado sólido. Diagramas y transformaciones de fase. Tratamientos térmicos. Endurecimiento de metales y aleaciones. Mecanismos de Corrosión: electroquímica y oxidación. Fenómenos de corrosión localizada. Formas de protección. Descriptiva de aleaciones: Aleaciones férricas, ligeras y otras aleaciones.

*Advanced aspects of thermodynamics and kinetics of solid state. Phase diagrams and transformations of phases. Heat treatments. Hardening of metals and alloys. Corrosion mechanisms: electrochemical and oxidation. Localized corrosion phenomena. Protection methods. Descriptive of alloys: ferrous, light and other alloys.*

**Profesores y ubicación**

|  |   |
|--|---|
| <b>Profesores Teoría</b><br>(e-mail - despacho)    | Raúl Arrabal (rarrabal@ucm.es - QA131H) |
| <b>Profesor Laboratorio</b><br>(e-mail - despacho) | Raúl Arrabal (rarrabal@ucm.es - QA131H) |
| <b>Departamento</b>                                | Ingeniería Química y de Materiales      |

## Objetivos y competencias (Abilities and Skills)

### OBJETIVOS

1. Proporcionar una base sólida y equilibrada de conocimientos sobre metalurgia.
2. Desarrollar en los estudiantes capacidades que les permitan aplicar los conocimientos, tanto teóricos como prácticos, a la resolución de problemas en entornos nuevos o dentro de contextos poco conocidos tanto de la ciencia de materiales como multidisciplinarios.
3. Generar en el estudiante, mediante la educación en ciencia de materiales, la sensibilidad necesaria para formular juicios, a partir de una información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos.
4. Desarrollar herramientas de aprendizaje, mediante la educación en ciencia de materiales que permitan a los estudiantes continuar su formación de un modo autodirigido o autónomo.
5. Generar en el estudiante el gusto por la investigación científica.

### ABILITIES

1. *To provide to the students with the proper basis of knowledge on metallurgy.*
2. *To promote the development of abilities in students in order to deal with and to solve theoretical and practical questions in new fields of materials science and related areas.*
3. *To promote in students, through materials science education, sensitivity for giving opinions, having an incomplete or limited information, including thoughts on social and ethic liabilities related to the knowledge acquired.*
4. *To develop learning tools in students, through materials science education, to continue their educational formation in an autonomous way.*
5. *To promote in students enjoyment for research.*

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG1.- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de problemas relacionados con la metalurgia.
- CG2.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para resolver problemas de interés científico y social en el contexto de la metalurgia.

- CG4.- Reconocer y evaluar la calidad de los resultados teóricos y prácticos utilizando las herramientas adecuadas.
- CG5.- Utilizar y reconocer la tecnología de los materiales para poder resolver problemas en el entorno de los mismos.
- CG6.- Conocer y comprender los fundamentos científicos del mundo de los materiales y sus interrelaciones entre la estructura, propiedades, procesado y aplicaciones.
- CG7.- Correlacionar la composición con la estructura y propiedades de los materiales.

### **GENERAL SKILLS**

- CG1.- To integrate knowledge on metallurgy in order to deal with complex related questions.*
- CG2.- To develop abilities on theory and practice in order to solve scientific and social questions of interest in metallurgy.*
- CG4.- To recognize and evaluate qualitatively theoretical and practical results using the proper tools.*
- CG5.- To use and recognize the technology of materials in order to solve real problems.*
- CG6.- To know and understand the scientific basis of the materials and the relationship between structure, properties, processing and applications.*
- CG7.- To establish the relationship between materials composition and their structure and properties.*

### **COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

- CE4.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para la caracterización y análisis de diferentes materiales metálicos.
- CE5.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para relacionar la estructura con las propiedades de los materiales metálicos.
- CE9.- Discutir e investigar la influencia de la microestructura en las propiedades de los materiales metálicos y relacionarla con leyes físicas adecuadas.

**SPECIFIC SKILLS**

- SS4.- To develop abilities on theory and practice in order to characterize and analyse different metallic materials.*
- SS5.- To develop abilities on theory and practice in order to establish the relationship between structure and properties of metallic materials.*
- SS9.- To discuss and investigate the influence of microstructure on the properties of metallic materials and its relation with physical laws.*

**COMPETENCIAS TRANSVERSALES**

- CT1.- Elaborar, escribir y defender informes de carácter científico y técnico.
- CT2.- Trabajar en equipo.
- CT3.- Valorar la importancia de la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente.
- CT4.- Demostrar capacidad de auto-aprendizaje.
- CT5.- Demostrar compromiso ético.
- CT6.- Comunicar resultados de forma oral/escrita.
- CT7.- Trabajar con seguridad en laboratorios de investigación.
- CT8.- Demostrar motivación por la investigación científica.

**GENERIC COMPETENCES**

- GC1.- To elaborate, write and defend scientific and technical reports.*
- GC2.- To work in multidisciplinary teams.*
- GC3.- To assess the importance of sustainability and respect for the environment.*
- GC4.- To demonstrate self-learning ability.*
- GC5.- To show ethical commitment.*
- GC6.- To communicate results orally and in writing.*
- GC7.- To work safely in research labs.*

GC8.- *To show motivation for scientific research.*

## Contextualización en el Máster

La asignatura 1.2.3: “Metalurgia” se oferta en la Materia optativa 1.2: “Estructura y síntesis química” que se encuadra dentro del módulo obligatorio Módulo 1: “Métodos teóricos y experimentales en Química”.

## Programa de la asignatura

### **BLOQUE I. METALURGIA**

Tema 1. Fundamentos de metalurgia física.

Tema 2. Diagramas y Transformaciones de Fase. Diagramas ternarios.

Tema 3. Aleaciones férreas: descriptiva, mecanismos de endurecimiento y tratamientos térmicos.

Tema 4. Aleaciones ligeras: descriptiva, mecanismos de endurecimiento y tratamientos térmicos.

Tema 5. Cobres, aleaciones de Ni y Co, superaleaciones, aleaciones refractarias.

### **BLOQUE II. CORROSIÓN**

Tema 6. Termodinámica de la corrosión.

Tema 7. Cinética de la corrosión. Ensayos electroquímicos (curvas de polarización potenciodinámicas y espectroscopía de impedancia electroquímica).

Tema 8. Mecanismos de corrosión.

Tema 9. Protección contra la corrosión.

Tema 10. Corrosión a alta temperatura.

## Resultados del aprendizaje (*learning outcomes*)

1. Reconocer e interpretar la importancia de los defectos cristalinos para obtener información razonada y coherente del comportamiento de los materiales metálicos.
2. Identificar los procesos de difusión en las transformaciones en estado sólido.
3. Conocer las características intrínsecas de las transformaciones adifusionales en estado sólido.
4. Reconocer la importancia de las dislocaciones en los fenómenos de deslizamiento.
5. Identificar los distintos efectos que inducen el endurecimiento de metales y aleaciones.

6. Conocer e interpretar los ensayos mecánicos que permitan la selección y uso de los materiales en función de sus aplicaciones.
7. Utilizar los diagramas de equilibrio como base de conocimiento para la comprensión de los cambios microestructurales que se producen en las aleaciones cuando son tratadas térmicamente.
8. Saber clasificar y utilizar distintas aleaciones metálicas de uso industrial.
9. Distinguir aspectos termodinámicos y cinéticos de la corrosión.
10. Conocer los distintos tipos de corrosión y oxidación que sufren las aleaciones metálicas cuando están en servicio.
11. Distinguir técnicas de protección frente a la corrosión para aumentar la durabilidad en servicio de las aleaciones.

- 1. To recognise and interpret the role of crystal defects in order to achieve useful information on the behaviour of metallic materials.*
- 2. To identify diffusional processes in solid-state phase transformations.*
- 3. To reach knowledge on the intrinsic characteristics of diffusionless solid-state phase transformations.*
- 4. To recognise the role of dislocations in slip phenomena.*
- 5. To identify different crystal defects able to induce hardening in metals and alloys.*
- 6. To be aware of mechanical testing allowing the selection and use of materials for specific applications.*
- 7. To make use of the equilibrium phase diagrams to understand the microstructural changes operating in alloys during heat treatment.*
- 8. To be able to classify and use different metal alloys employed by industry.*
- 9. To understand thermodynamics and kinetics in corrosion phenomena.*
- 10. To recognise different types of corrosion and oxidation morphologies in metal alloys under service conditions.*
- 11. To be aware of protection techniques against corrosion to extend the service life of metal alloys.*

## **Metodología y programación docente**

### **METODOLOGIA**

#### **Clases magistrales**

-En cada tema se expondrán los objetivos principales y bibliografía recomendada. También se incluirán preguntas de autoevaluación para asentar conocimientos.

-En cada lección magistral se presentarán conceptos teóricos y experimentales, haciendo partícipes a los estudiantes mediante cuestiones que fomenten el pensamiento crítico. Se tenderá al uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), como los medios audiovisuales, con objeto tanto de mejorar la comprensión del temario como la claridad de la exposición en clase. Con antelación suficiente y como apoyo a las explicaciones, se proporcionará a los estudiantes material docente a través del Campus Virtual.

-Se promoverá el uso del Campus Virtual como medio principal para gestionar el trabajo de los estudiantes, comunicarse con ellos, distribuir material de estudio, etc. La herramienta Foro de Moodle se utilizará para fomentar la participación de los estudiantes fuera del aula (compartirán noticias, artículos, cuestiones y videos de interés relacionados con las clases teóricas). También, se pondrán a disposición de los estudiantes Lecciones de repaso de cada Bloque del programa.

#### **Aula invertida**

En cada tema se realizará al menos una clase en modalidad de aula invertida con objeto de que el aprendizaje sea más interactivo y dinámico, dejando para la sesión presencial la resolución de dudas/problemas y la participación en actividades cooperativas. Para ello, se diseñarán tareas para que los estudiantes trabajen la lección magistral fuera del aula. El material de las tareas estará disponible en el Campus Virtual de la asignatura y consistirá en presentaciones, videos explicativos y cuestionarios (previos y posteriores a cada sesión).

#### **Ludificación**

Con objeto de asentar conocimientos, se llevarán a cabo al menos dos sesiones ludificadas a través del uso de herramientas como Kahoot y similares.

### **SEMINARIOS**

Las clases de seminarios tendrán como objetivo aplicar los conocimientos adquiridos a un conjunto de ejercicios. Se propondrán ejercicios con antelación para su realización por parte de los estudiantes. Estos realizarán varias entregas de ejercicios para su corrección por parte del profesorado.

### **TUTORIAS**

En una primera sesión se darán instrucciones a los estudiantes sobre la actividad a realizar. Posteriormente, los estudiantes presentarán videotutoriales de corta duración (5-10 min) y realizados por ellos mismos sobre herramientas de software empleadas en Metalurgia.

Los videotutoriales se subirán al Campus Virtual para compartirlos con el resto de estudiantes.

## **LABORATORIO**

Se desarrollarán tres prácticas de forma presencial en el laboratorio con contenidos relacionados con la parte teórica (Práctica 1. Caracterización de aleaciones; Práctica 2. Análisis de fallos en servicio; Práctica 3. Anodizado y coloreado). Asimismo, se realizarán otras tres prácticas fuera del aula y disponibles en la web <https://www.ucm.es/practicascorrosion/practic-as-de-corrosion>

## **PROGRAMACIÓN DOCENTE**

| <b>Actividad</b>                          | <b>Presencial<br/>(hrs)</b> | <b>Trabajo autónomo<br/>(hrs)</b> | <b>Créditos<br/>ECTS</b> |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>Clases teóricas/Theory classes</b>     | 38                          | 57                                | 3,8                      |
| <b>Seminarios/Seminars</b>                | 5                           | 7,5                               | 0,5                      |
| <b>Tutorías/ Tutorials</b>                | 2                           | 3                                 | 0,2                      |
| <b>Laboratorio/ Lab</b>                   | 9                           | 6,75                              | 0,63                     |
| <b>Preparación de trabajos y exámenes</b> | 3                           | 18,75                             | 0,87                     |
| <b>Total</b>                              | <b>57</b>                   | <b>93</b>                         | <b>6</b>                 |

## **Evaluación del aprendizaje**

El rendimiento académico del estudiante se computará atendiendo a la calificación del examen final oral o escrito (50%), y la evaluación del trabajo personal en el laboratorio, ejercicios y revisiones científicas (30%), así como la participación en tutorías y seminarios (20%).

Para poder ser evaluado el estudiante deberá haber participado, al menos, en el 70% de las actividades presenciales.

Las calificaciones estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003.

## Idioma o idiomas en que se imparte

Castellano (se incluirá terminología en inglés).

## Bibliografía y recursos complementarios

- Reed-Hill, R.E. y Abbaschian, R. (1994). "Physical Metallurgy Principles". PWS Publishing Company, Boston.
- Porter, D.A. y Easterling, K.E. (1987). "Phase Transformations in Metals and Alloys". Van Nostrand Reinhold, UK.
- West, D.R.F. (2002). Ternary Phase Diagrams in Materials Science, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, London.
- Campbell, F. (2008). "Elements of Metallurgy and Engineering Alloys". ASM International, Materials Park, Ohio.
- <https://www.ucm.es/atlasmetalografico>
- Polmear, I.J. (2017) "Light Alloys: metallurgy of the light metals". Oxford: Butterworth-Heinemann, Londres.
- Otero, E. (1998). "Corrosión y Degradación de Materiales". Ed. Síntesis, Madrid.
- Jones, D.A. "Principles and Prevention of Corrosion". 2<sup>nd</sup> Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, 1996.
- Ahmad, Z. (2006). "Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control". Butterworth-Heinemann, Amsterdam.