

## Guía docente

### 240EM012 - 240EM012 - Transformaciones de Fases en Metales

Última modificación: 26/06/2025

**Unidad responsable:** Escuela de Ingeniería de Barcelona Este  
**Unidad que imparte:** 702 - CEM - Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO ERASMUS MUNDUS EN CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES AVANZADOS (Plan 2014). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2025      **Créditos ECTS:** 4.5      **Idiomas:** Castellano

#### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** EMILIO JIMENEZ PIQUÉ - ORLANDO ONOFRE SANTANA PEREZ

**Otros:** EMILIO JIMENEZ PIQUÉ - ORLANDO ONOFRE SANTANA PEREZ

#### CAPACIDADES PREVIAS

---

Conocimientos básicos de diagramas de fases, reacciones invariables, cristalografía, aleaciones metálicas

#### REQUISITOS

---

Dado que la asignatura está en proceso de extinción, sin tener docencia (solo derecho a examen), solo podrán matricularse aquellos estudiantes que hayan matriculado y cursado la asignatura en cursos anteriores, sin haberla superado.

#### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

##### Específicas:

CEMCEM-01. Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidas mediante estudio, experiencia y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables a problemas técnicos.

CEMCEM-02. Diseñar y desarrollar productos, procesos, sistemas y servicios, así como la optimización de otros ya desarrollados, atendiendo a la selección de materiales para aplicaciones específicas.

##### Transversales:

06 URI N1. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN - Nivel 1: Identificar las propias necesidades de información y utilizar las colecciones, los espacios y los servicios disponibles para diseñar y ejecutar búsquedas simples adecuadas al ámbito temático.

#### METODOLOGÍAS DOCENTES

---

Asignatura en proceso de extinción. No hay docencia, los estudiantes que la matriculen lo hacen solo con derecho a examen.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

---

1. Proporcionar modelos termodinámicos para la predicción de diagramas de fases en aleaciones metálicas.
2. Alcanzar conocimientos avanzados acerca de la termodinámica de la difusión.
3. Proporcionar una base científica sobre: procesos de solidificación en aleaciones metálicas que permitan predecir la formación de frentes planares y columnares; velocidad de migración de interfases; energías en interfases coherentes, semicoherentes e incoherentes; matrices de transformación y de rotación; intercaras de bajo ángulo y tipo Sigma; movilidad de intercaras y de interfases; cinéticas de crecimiento de grano; curvas TTT.
4. Entender los aspectos fundamentales que gobiernan sobre los procesos de nucleación en fase sólida, incluyendo la energía de interfases, y aplicar este conocimiento a la optimización de los tratamientos de maduración de aleaciones Al-Cu con precipitados de metaequilibrio.
5. Alcanzar un conocimiento fundamental sobre la transformación martensítica, relaciones de orientación y matriz de transformación de Bain, variantes martensíticas, bainitas y microestructuras relevantes en aceros al carbono.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

---

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	72,0	64.00
Horas grupo pequeño	13,5	12.00
Horas grupo grande	27,0	24.00

**Dedicación total:** 112.5 h

## CONTENIDOS

### título castellano

#### Descripción:

Termodinámica de los diagramas de fases

1. Conceptos termodinámicos
2. Curvas de energía libre en función de la composición y de la temperatura.
3. Potencial químico y equilibrio termodinámico.
4. Modelos termodinámicos para soluciones sólidas: soluciones ideales y regulares
5. Clasificación de las transformaciones según Ehrenfest.
6. Modelos termodinámicos avanzados y predicción de diagramas de fases

#### Difusión

1. Derivación de las Leyes de Fick.
2. La difusividad y mecanismos asociados. Difusión en soluciones sólidas.
3. Termodinámica de los procesos difusivos
4. Transformación espinodal

#### Solidificación

1. Termodinámica de la solidificación y leyes de Arrhenius. Aproximación de Turnbull.
2. Frentes de solidificación y subenfriamiento constitucional.
3. Ecuación de Scheil
4. Solidificación eutéctica.

#### Nucleación e interfases

1. Termodinámica de la nucleación, tensión superficial y energía de desajuste.
2. Evaluación de la fuerza motriz para la nucleación a partir de las curvas de energía libre.
3. Cinética de la nucleación y del crecimiento
4. Nucleación heterogénea y consideraciones termodinámicas.
5. Velocidad de crecimiento de las interfases
6. Clasificación de las interfases en términos de su coherencia/incoherencia.
7. Movilidad de las interfases.
8. Precipitación en Al-Cu.

#### Intercaras

1. Tipos de intercaras y energía de las intercaras. Modelo de Read-Shockley para intercaras de bajo ángulo.
2. Intercaras tipo Sigma y su energía.
3. Matrices de transformación y de rotación. Cálculo del valor de Sigma en una intercara.
4. Movilidad de las intercaras: Modelo de Burke-Turnbull, influencia de la segregación de soluto y la energía interfacial.
5. Cinética del crecimiento de grano.

#### Curvas TTT

1. Base termodinámica
2. Derivación de la ecuación de Johnson-Mehl-Avrami

#### Transformaciones martíticas

1. Generalidades termodinámicas
2. Relaciones de orientación y transformación de Bain en aceros.
3. Transformaciones de plano y de línea invariantes y su relación con la transformación de Bain. Reproducción de la forma y cristalografía correctas de la martensita en aceros. Irracionalidad en las relaciones de orientación.
4. Variantes martensíticas.
5. Microestructuras de las martensitas en aceros.
6. Enfriamientos de no equilibrio en aceros (transformaciones martíticas y paramartíticas). Mecanismos de formación de placas Widmanstätten, ferrita alotrópica vs idiomórfica, bainita superior e inferior. Microestructuras resultantes para mezclas bainíticas, martensíticas y perlíticas.

#### Mecanismos de endurecimiento



1. Endurecimiento por solución sólida. Distorsión anisotrópica de los átomos de carbono en Fe. Modelos para el anclaje de dislocaciones.
2. Endurecimiento por precipitación y modelos para el corte y circunvalación de precipitados por las dislocaciones. Competencia entre mecanismos y sobre-maduración.
3. Bases mecánicas para el endurecimiento por borde de grano. Relación de Hall-Petch. Nucleación de maclas en bordes de grano y ablandamiento en materiales nanoestructurados (relación inversa de Hall-Petch).
4. Acción de los diversos mecanismos en forma conjunta.

**Objetivos específicos:**

**Actividades vinculadas:**

**Dedicación:** 56h  
Grupo grande/Teoría: 56h

---

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Asignatura en proceso de extinción. Solo hay una prueba final que corresponde al 100% de la nota final de la asignatura.