

# Guía docente

## 240EM146 - 240EM146 - Modelización de la Deformación Plástica

Última modificación: 14/06/2023

**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:** 2023      **Créditos ECTS:** 4.5      **Idiomas:** Castellano, Inglés

### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** Ferhun Cem CANER

**Otros:** Ferhun Cem CANER

### CAPACIDADES PREVIAS

---

Haber cursado las materias básicas de Ciencia e Ingeniería de Materiales: Estructura y propiedades de los materiales.

### REQUISITOS

---

Estructura y propiedades mecánicas de los materiales

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

---

**Específicas:**

CEMAT7. Diseñar, calcular y modelar aspectos relacionados con los materiales para componentes mecánicos, estructuras y equipos.  
CEMAT2. 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.

### METODOLOGÍAS DOCENTES

---

La materia de la asignatura, con fuerte contenido de aplicación práctica, se desarrolla en sesiones presenciales que combinan la explicación teórica por parte del profesor y la práctica, con ordenador individual (aportado por el estudiante) y programas comerciales de cálculo FEM (suministrados gratuitamente por el proveedor del software o por el profesor de la asignatura), resolviendo ejercicios en los que se aplican los distintos modelos de comportamiento mecánico de los materiales de Ingeniería estudiados.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

---

- Comprender los distintos modelos de comportamiento plástico y elasto-plástico de materiales de Ingeniería.
- Aprender estrategias de simulación numérica de procesos de conformado por deformación plástica.
- Aprender ventajas y desventajas de distintas formulaciones de plasticidad en la simulación del comportamiento plástico de los metales.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

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

**Dedicación total:** 112.5 h

## CONTENIDOS

### 1. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE ELASTOPLÁSTICIDAD

**Descripción:**

Mecánica de Materiales.  
Métodos de resolución de problemas de deformación plástica.

**Objetivos específicos:**

Introducirse en la modelización físico/matemática de la plasticidad y su implementación en programas comerciales de simulación numérica.

**Actividades vinculadas:**

A.1. Ejercicio de simulación numérica de un caso sencillo de deformación elástica y elastoplástica en 1D.

**Competencias relacionadas:**

CEMAT7. Diseñar, calcular y modelar aspectos relacionados con los materiales para componentes mecánicos, estructuras y equipos.

**Dedicación:** 20h

Grupo mediano/Prácticas: 7h  
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h  
Aprendizaje autónomo: 10h

### 2. ELEMENTOS DE LA TEORÍA DE LA PLASTICIDAD

**Descripción:**

2.1. Criterios de cedencia.  
2.2. Relaciones esfuerzo-deformación plástica y elastoplástica.  
2.3. Solución de problemas no-lineales

**Objetivos específicos:**

Comprender el concepto de cedencia plástica y sus condiciones, así como las relaciones esfuerzo-deformación que representan el comportamiento a deformación plástica de materiales metálicos.

**Actividades vinculadas:**

A.2. Análisis de un proceso de forja/extrusión isoterma mediante simulación numérica.

**Competencias relacionadas:**

CEMAT7. Diseñar, calcular y modelar aspectos relacionados con los materiales para componentes mecánicos, estructuras y equipos.

**Dedicación:** 17h

Grupo mediano/Prácticas: 4h  
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h  
Aprendizaje autónomo: 10h



### 3. ANISOTROPÍA Y DEFORMACIÓN PLÁSTICA EN PRODUCTOS PLANOS METÁLICOS TRABAJADOS EN FRÍO.

**Descripción:**

- 3.1. Anisotropía y textura. Coeficientes de anisotropía.
- 3.2. Embutición profunda. Efecto del material.
- 3.3. Teoría de la plasticidad anisotrópica: criterio de Hill.

**Objetivos específicos:**

Comprender el efecto de la anisotropía de la estructura del material en su comportamiento mecánico.

**Actividades vinculadas:**

A.3. Ejercicio de simulación numérica de la embutición profunda de una chapa metálica, suponiendo: a) isotropía de comportamiento, y b) anisotropía.

**Competencias relacionadas:**

CEMAT2. 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.

CEMAT7. Diseñar, calcular y modelar aspectos relacionados con los materiales para componentes mecánicos, estructuras y equipos.

**Dedicación:** 16h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 10h

### 4. MODELIZACIÓN DE LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA UTILIZANDO MÚLTIPLES SUPERFICIES DE FLUJO

**Descripción:**

- 4.1. Descripción conceptual y microestructura de los mecanismos de endurecimiento en función de familias de planos compactos.
- 4.2. Caracterización físico/matemática de los mecanismos de endurecimiento teniendo en cuenta las familias de planos compactos.
- 4.3. Aplicaciones prácticas a la modelización de procesos de conformado y otros procesos de deformación plástica.

**Objetivos específicos:**

Entender los mecanismos de deformación y cambios microestructurales de los materiales metálicos sometidos a deformación plástica teniendo en cuenta las familias de planos compactos. Modelos de comportamiento mecánico y su implementación en programas de cálculo FEM para este fin.

**Actividades vinculadas:**

A.4. Simulación del efecto de Bauschinger.

A.5. Simulación del efecto de Vertex.

**Competencias relacionadas:**

CEMAT2. 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.

CEMAT7. Diseñar, calcular y modelar aspectos relacionados con los materiales para componentes mecánicos, estructuras y equipos.

**Dedicación:** 18h

Grupo mediano/Prácticas: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 10h

## 5. FRACTURA DÚCTIL EN METALES

### Descripción:

- 5.1. Fractura dúctil de metales seguida por endurecimiento por trabajo en frío.
- 5.2. Modelación de fractura dúctil en metales empleando Abaqus.
- 5.3. Ejemplos de simulación numérica del proceso de agrietamiento en metales dúctiles.

### Objetivos específicos:

Conocer el comportamiento a deformación de materiales que causa agotamiento por agrietamiento en metales dúctiles, los modelos físico/matemáticos que lo representan y su implementación en programas de cálculo numérico.

### Actividades vinculadas:

A.6. Simulación de estricción seguida por fractura en Modo I.

### Competencias relacionadas:

CEMAT2. 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.  
CEMAT7. Diseñar, calcular y modelar aspectos relacionados con los materiales para componentes mecánicos, estructuras y equipos.

### Dedicación: 15h

Grupo mediano/Prácticas: 2h  
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h  
Aprendizaje autónomo: 10h

## 6. COMPORTAMIENTO MECÁNICO, MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE MATERIALES ELASTOMÉRICOS.

### Descripción:

- 6.1. Descripción y clasificación de los elastómeros básicos.
- 6.2. Comportamiento mecánico de los materiales elastoméricos.
- 6.3. Modelización y simulación numérica de materiales elastoméricos.

### Objetivos específicos:

Comprender el comportamiento mecánico, estático y dinámico, de materiales elastoméricos, los modelos que pueden representar dicho comportamiento y las estrategias de simulación a adoptar.

### Actividades vinculadas:

A.7. Simulación del comportamiento mecánico de una muestra elastomérica.

### Competencias relacionadas:

CEMAT2. 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.  
CEMAT7. Diseñar, calcular y modelar aspectos relacionados con los materiales para componentes mecánicos, estructuras y equipos.

### Dedicación: 16h

Grupo mediano/Prácticas: 2h  
Grupo pequeño/Laboratorio: 4h  
Aprendizaje autónomo: 10h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La calificación de la asignatura está constituida por las siguientes contribuciones:

- 15%: La nota asistencia y aprovechamiento de las clases.
- 35%: La nota promedia de los informes de las actividades presentadas (de A.1 a A.7).
- 50%: La nota del informe del trabajo final (A.8).

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

---

Trabajo original desarrollado individualmente o en grupo según el enunciado.

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Riera, M.D. ; Prado, J.M.. "Modelización y simulación de la etapa de compactación en pulvimetalurgia". Revista de Metalurgia [en línea]. 2006, vol. 42, núm. 6, p. 456-462 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/43/43>.
- Riera, M.D. ; Coussirat, M. ; Guarmo, A. ; Valls, I.; Casellas, D. "Simulation of hot stamping processes". Proceedings of the 1st International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High-Performance Steel : CHS2 : Kassel, Germany, october 22-24, 2008 [en línea]. Bad Harzburg: GRIPS Media, 2009. pp. 119-131 [Consulta: 24/03/2015]. Disponible a: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/13974>.
- Hill, R. The Mathematical theory of plasticity. Oxford: Clarendon, 1998. ISBN 9780198503675.
- Hosford, W. F.; Caddell, R. M. Metal forming : mechanics and metallurgy. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 9781107004528.
- Bergström, J.S. ; Boyce, M.C.. "Constitutive modeling of the large strain time-dependent behavior of elastomers". Journal of the Mechanics and Physics of Solids [en línea]. Volume 46, Issue 5, May 1998, Pages 931-954 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022509697000756>.
- Jonas, J. J.; Sellars, C. M.; Tegart, W. J. McG. "Strength and structure under hot-working conditions". International materials reviews. Volume 14, Issue 1 (01 January 1969), pp. 1-24.
- Dieter, George Ellwood. Mechanical metallurgy. SI Metri. Lonoson: McGraw Hill Higher Education, 1988. ISBN 007084187X.

### Complementaria:

- Istúriz, A. ; Riera, M.D. ; Prado, J.M.. "Estudio experimental del llenado de moldes pulvimetalúrgicos". Revista de Metalurgia [en línea]. Vol 41, No Extra (2005) pp. 181-186 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/1021/1034>.
- Osakada, K.. "History of plasticity and metal forming analysis". Journal of materials processing technology [en línea]. Volume 210, Issue 11, 1 Aug. 2010, Pag 1436-1454 [Consulta: 21/05/2020]. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013610001111>.
- Riera, M.D.; Prado, J.M.; Doremus, P. "Model Input Data ¿ Elastic Properties". Brewin, Peter R. Modelling of Powder Die Compaction [en línea]. London: Springer-Verlag, 2008. pp 65-76 [Consulta: 24/03/2015]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84628-099-3>.
- Gutiérrez, D.; Hernández, R.; Lara, A.; Casellas, D.; Riera, M.D.; Prado, J.M.. "Sheet failure prediction during forming of advanced high strength steels". Forming Technology Forum (5è : 2012 : Zurich). Proceedings of 5th Forming Technology Forum 2012. Advanced Failure Prediction Methods in sheet metal forming [en línea]. Zurich: Institute of Virtual Manufacturing, 2012. p. 93-98 [Consulta: 25/03/2015]. Disponible a: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/19598>.
- Kobayashi, S.; Oh, S. ; Altan, T. Metal forming and the finite-element method. New York: Oxford University Press, 1989. ISBN 9780195044027.
- Cante, J.C. ; Riera, M.D. ; Oliver, J. ; Prado, J.M. ; Istúriz, A. ; González, C.. "Flow regime analyses during the filling stage in powder metallurgy processes: experimental study and numerical modelling". Granular Matter [en línea]. February 2011, Volume 13, Issue 1, pp 79-92 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2117/11432>.
- Estrin, Y. ; Mecking, H. "A unified phenomenological description of work hardening and creep based on one-parameter models". Acta metallurgica. Volume 32, Issue 1, January 1984, Pages 57-70.
- Karbasian, H. ; Tekkaya, A. E.. "A review on hot stamping". Journal of materials processing technology [en línea]. Volume 210, Issue 15, 19 November 2010, Pages 2103-2118 [Consulta: 21/05/2020]. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092401361000213X>.
- Riera, M.D. ; Prado, J.M.. "The elastic behaviour of non-sintered metal powder compacts". Proceedings of the IMechE, Part E: J. of Process Mechanical Engineering [en línea]. 2010, vol. 224, núm. Special Issue, p. 195-201 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://search.proquest.com/publication/30473>.
- Baudelet, Bernard. Mise en forme de métaux et alliages. París: CNRS, 1976. ISBN 9782222019176.

## RECURSOS

---

### Material informático:

- programa de càlcul FEM ABAQUS-student edition. Programa comercial de càlculo mediante el método de los elementos finitos, ABAQUS-student edition