



## Guía docente

### 295125 - 295II335 - Modelización Biomecánica

Última modificación: 08/08/2024

<b>Unidad responsable:</b>	Escuela de Ingeniería de Barcelona Este		
<b>Unidad que imparte:</b>	712 - EM - Departamento de Ingeniería Mecánica. 702 - CEM - Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales. 737 - RMEE - Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería.		
<b>Titulación:</b>	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INTERDISCIPLINARIA E INNOVADORA (Plan 2019). (Asignatura optativa). MÁSTER UNIVERSITARIO ERASMUS MUNDUS EN CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES AVANZADOS (Plan 2021). (Asignatura optativa).		
<b>Curso:</b> 2024	<b>Créditos ECTS:</b> 6.0	<b>Idiomas:</b> Inglés	

#### PROFESORADO

**Profesorado responsable:** GIL SERRANCOLÍ MASFERRER

**Otros:** Primer quadrimestre:  
DANIEL RODRÍGUEZ RIUS - Grup: T11, Grup: T12  
ANTONIO JOSÉ SÁNCHEZ EGEA - Grup: T11, Grup: T12  
DAVID SÁNCHEZ MOLINA - Grup: T11, Grup: T12  
GIL SERRANCOLÍ MASFERRER - Grup: T11, Grup: T12

#### CAPACIDADES PREVIAS

- Conocer los métodos de mecánica analítica básica para calcular fuerzas y momentos en un sistema mecánico.
- Resolver ecuaciones diferenciales.
- Conocer el método de cálculo de presiones/deformaciones utilizando elementos finitos.
- Saber analizar señales básicas.

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

##### Específicas:

CEMUEII-19. Desarrollar aplicaciones traslacionales con el objetivo de alcanzar una mejor comprensión de fenómenos fisiológicos de relevancia clínica y para el diseño de nuevas aplicaciones en áreas que tengan un impacto en el cuidado de la salud de las personas. (Competencia específica de la especialidad Aplicaciones en Salud y Biomedicina / Healthcare and Biomedical Applications)

##### Genéricas:

CGMUEII-01. Participar en proyectos de innovación tecnológica en problemas de naturaleza multidisciplinar, aplicando conocimientos matemáticos, analíticos, científicos, instrumentales, tecnológicos y de gestión.

CGMUEII-05. Comunicar hipótesis, procedimientos y resultados a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades, tanto de forma oral como mediante informes, esquemas y diagramas, en el contexto del desarrollo de soluciones técnicas para problemas de naturaleza interdisciplinar.

##### Transversales:

05 TEQ. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar ya sea como un miembro más, o realizando tareas de dirección con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

06 URI. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de la especialidad y valorar de forma crítica los resultados de esta gestión.

03 TLG. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, que será preferentemente inglés, con un nivel adecuado de forma oral y por escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados en cada enseñanza.



## METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura combinará las sesiones teóricas con una práctica de laboratorio por tema. En las sesiones teóricas el estudiante adquirirá los conocimientos de cada tema, y en las sesiones prácticas los podrá desarrollar experimentalmente utilizando datos biomecánicos reales.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- Comprender la realización de un análisis cinemático inverso a partir de datos de sensores inerciales.
- Conocer los métodos básicos de cálculo de fuerzas y momentos articulares en un sistema biomecánico en movimiento (análisis macroescala).
- Conocer los modelos constitutivos más utilizados actualmente para modelizar tejidos humanos.
- Identificar las condiciones de contorno de un análisis microescala (obtenidas a partir del análisis macroescala), principalmente cálculo de presiones y deformaciones utilizando el método de elementos finitos. Saber identificar los parámetros principales de un modelo constitutivo de tejido.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	21,0	14.00
Horas grupo pequeño	21,0	14.00
Horas aprendizaje autónomo	108,0	72.00

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### Tema 1. Introducción

**Descripción:**

- Introducción a la asignatura (macro-escala a micro-escala)
- Visión de la modelización a macro y micro-escala del cuerpo humano.

**Objetivos específicos:**

- Identificar las partes activas y pasivas del cuerpo humano que intervienen en el movimiento para crear el sistema biomecánico.
- Identificar los sistemas de captura del movimiento actuales que se pueden utilizar para medir el movimiento humano.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

## Tema 2. Cinemática del cuerpo humano

### Descripción:

- 2.1. Recordatorio de análisis cinemático
- 2.2. Análisis cinemático del cuerpo humano con sensores portátiles
- 2.3. Caso particular: cálculo de ángulos articulares mediante IMUs (unidades de medida inerciales)

### Objetivos específicos:

- Calcular los ángulos articulares mediante sistemas de captura del movimiento: cámaras ópticas y sistemas de medida inerciales. Comprender sus diferencias, ventajas y limitaciones.
- Aprender como realizar un análisis cinemático inverso en un movimiento humano.
- Aprender a procesar los datos de un sistema de medida inercial y extraer los datos más relevantes.

### Dedicación: 24h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 17h

## Tema 3. Dinámica del cuerpo humano

### Descripción:

- 3.1. Recordatorio de análisis dinámico.
- 3.2. Caso particular: cálculo de los momentos articulares de un sujeto en movimiento.
- 3.3. Modelización de fuerzas musculares.
- 3.4. Introducción a OpenSim (Inverse Kinematics, Inverse Dynamics, Static Optimization para estimar fuerzas musculares).
- 3.5. Caso particular con OpenSim (análisis de la diferencia de las fuerzas de contacto articulares, dependiendo de la estrategia del reparto muscular).
- 3.6. Captura del movimiento.

### Objetivos específicos:

- Aprender como modelizar el cuerpo humano desde un punto de vista macro-escala.
- Describir y llevar a cabo los análisis cinemático y dinámico inversos utilizando el software libre de biomecánica OpenSim.
- Estimar las fuerzas musculares dado un cierto movimiento.

### Actividades vinculadas:

Práctica 2. Captura del movimiento y análisis cinemático y dinámico inversos.

### Dedicación: 48h

Grupo grande/Teoría: 11h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 34h

#### Tema 4. Caracterización de tejidos y modelos constitutivos

**Descripción:**

- 4.1. Recordatori mecànica dels medis continus
- 4.2. Cinemàtica de la deformación y tensores de deformación
- 4.3. Fuerzas en mecánica de los medios continuos y tensores de tensión
- 4.4. Ecuaciones del movimiento de sólidos deformables
- 4.5. Teoría constitutiva: ejemplos de materiales
- 4.6. Materiales sin memoria: lineal y sin elasticidad
- 4.7. Materiales con memoria: viscoelasticidad y plasticidad
- 4.8. Materiales con memoria: daño y parámetros de degeneración
- 4.9. Modelos de tejidos biológicos (I): tejidos duros
- 4.10. Modelos de tejidos biológicos (II): tejidos blandos

**Objetivos específicos:**

- Entender cómo aplicar las teorías de mecánica del medio continuo para desarrollar un modelo constitutivo para tejidos biológicos.
- Conocer los principales fenómenos que se dan en el comportamiento mecánico de tejidos: anisotropía, viscoelasticidad, degeneración de fibras, etc.
- Saber diseñar un conjunto de experimentos específicos para ajustar y calibrar los parámetros de un modelo constitutivo específico.

**Actividades vinculadas:**

Práctica 4. Análisis de un ensayo de flexión con tejido animal.

**Dedicación:** 48h

Grupo grande/Teoría: 11h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 34h

#### Tema 5. FEM aplicado a la biomecánica

**Descripción:**

- 5.1. Aplicación del análisis de elementos finitos (FEM) en biomecánica
- 5.2. Geometría i condiciones de contorno
- 5.3. Requisitos del solver de FEM por aplicaciones biomecánicas
- 5.4. Caso particular - uso del FEBio

**Objetivos específicos:**

Describir y realizar una simulación por FEM de un tejido duro.

**Actividades vinculadas:**

Práctica 5 (uso de FEBio en Biomecánica)

**Dedicación:** 24h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 17h

### SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Informes de laboratorio (25%)

Trabajos en grupo (25%)

Entregas individuales (30%)

Examen final de la asignatura (20%)



## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Yamaguchi, Gary Tad. Dynamic modeling of musculoskeletal motion : a vectorized approach for biomechanical analysis in three dimensions [en línea]. New York: Springer US, cop. 2006 [Consulta: 07/10/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=5750363>. ISBN 9780387287508.
- Winter, David A. Biomechanics and motor control of human movement. 4th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, cop. 2009. ISBN 9780470398180.
- McGinnis, Peter M. Biomechanics of sport and exercise. 2013. United Kingdom: Human Kinetics, 2013. ISBN 0736079661.
- Ronald L. Huston. Principles of Biomechanics. 2009. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis, 2009. ISBN 9780849334948.
- Holzapfel, Gerhard A. Nonlinear solid mechanics : a continuum approach for engineering. Chichester: John Wiley & Sons, cop. 2000. ISBN 0471823198.
- Marsden, Jerrold E; Huges, Thomas J.R. Mathematical foundations of elasticity. New York: Dover, 1994. ISBN 0-486-67865-2.
- Antman, S. S. Nonlinear Problems of Elasticity [en línea]. 2nd ed. New York, NY: Springer, 2005 [Consulta: 07/10/2020]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/0-387-27649-1>. ISBN 9780387276496.
- Uchida, Thomas K. Biomechanics of movement : the science of sports, robotics, and rehabilitation. Cambridge, MA: The MIT Press, 2021. ISBN 9780262044202.

## RECURSOS

---

### Material informático:

- OpenSim. Software de biomecánica OpenSim. Enlace: [https://simtk.org/frs/?group\\_id=91](https://simtk.org/frs/?group_id=91)- FEBio. Software de elementos finitos aplicado en biomecánica. FEBio. Enlace: <https://febio.org/>