



# Guia docent

## 295459 - 295TM111 - Modelització Biomecànica

Última modificació: 08/08/2024

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Barcelona Est  
**Unitat que imparteix:** 712 - EM - Departament d'Enginyeria Mecànica.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN TECNOLOGIES MECÀNIQUES (Pla 2024). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2024      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Anglès

### PROFESSORAT

**Professorat responsable:** GIL SERRANCOLÍ MASFERRER

**Altres:** 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

### CAPACITATS PRÈVIES

- Conèixer els mètodes de mecànica analítica bàsica per calcular forces i moments en un sistema mecànic.
- Resoldre equacions diferencials.
- Conèixer el mètode de càlcul de pressions/deformacions utilitzant elements finits.
- Saber analitzar senyals bàsics.

### METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura combinarà les sessions teòriques amb una pràctica de laboratori per tema. A les sessions teòriques l'estudiant adquirirà els coneixements de cada tema, i a les sessions pràctiques els podrà desenvolupar experimentalment utilitzant dades biomecàniques reals.

### OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- Comprendre la realització d'una anàlisi cinemàtica inversa a partir de dades de sensors inercials.
- Conèixer els mètodes bàsics de càlcul de forces i moments articulars en un sistema biomecànic en moviment (anàlisi macroescala).
- Conèixer els models constitutius més utilitzats actualment per modelitzar teixits humans.
- Identificar les condicions de contorn d'una anàlisi microescala (obtingudes a partir de l'anàlisi macroescala), principalment càlcul de pressions i deformacions utilitzant el mètode d'elements finits. Saber identificar els paràmetres principals d'un model constitutiu de teixit.

### HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	102,0	68.00
Hores activitats dirigides	6,0	4.00
Hores grup gran	21,0	14.00
Hores grup petit	21,0	14.00



Dedicació total: 150 h

## CONTINGUTS

### Tema 1. Introducció

**Descripció:**

- Introducció a l'assignatura (macro-escala a micro-escala)
- Visió de la modelització a macro i micro-escala del cos humà.

**Objectius específics:**

- Identificar les parts actives i passives del cos humà que intervenen en el moviment per tal de crear el sistema biomecànic.
- Identificar els sistemes de captura de moviment actuals que es poden utilitzar per mesurar el moviment humà.

**Dedicació:** 2h

Grup gran/Teoria: 2h

### Tema 2. Cinemàtica del cos humà

**Descripció:**

- 2.1. Recordatori d'anàlisi cinemàtica
- 2.2. Anàlisi cinemàtica del cos humà amb sensors portàtils
- 2.3. Cas particular: càlcul d'angles articulars mitjançant IMUs (unitats de mesura inercials)

**Objectius específics:**

- Calcular els angles articulars mitjançant sistemes de captura del moviment: càmeres òptiques i sistemes de mesura inercials. Comprendre les seves diferències, avantatges i limitacions.
- Aprendre com realitzar una anàlisi cinemàtica inversa en un moviment humà.
- Aprendre a processar les dades d'un sistema de mesura inercial i extreure'n les dades més rellevants.

**Dedicació:** 24h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 17h

### Tema 3. Dinàmica del cos humà

**Descripció:**

- 3.1. Recordatori d'anàlisi dinàmica.
- 3.2. Cas particular: càlcul dels moments articulars d'un subjecte en moviment.
- 3.3. Modelització de forces musculars.
- 3.4. Introducció a l'OpenSim (Inverse Kinematics, Inverse Dynamics, Static Optimization per estimar forces musculars).
- 3.5. Cas particular amb OpenSim (anàlisi de la diferència de les forces de contacte articulars, depenent de l'estratègia de repartiment muscular).
- 3.6. Captura del moviment.

**Objectius específics:**

- Aprendre com modelitzar el cos humà des d'un punt de vista macro-escala.
- Descriure i portar a terme les anàlisis cinemàtica i dinàmica inverses utilitzant el software lliure de biomecànica OpenSim.
- Estimar les forces musculars donat un cert moviment.

**Activitats vinculades:**

Pràctica 2. Captura del moviment i anàlisis cinemàtiques i dinàmiques inverses.

**Dedicació:** 48h

Grup gran/Teoria: 11h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 34h

### Tema 4. Caracterització de teixits i models constitutius

**Descripció:**

- 4.1. Recordatori de mecànica dels medis continus
- 4.2. Cinemàtica de la deformació i tensors de deformació
- 4.3. Forces en mecànica dels medis continus i tensors de tensió
- 4.4. Equacions del moviment de sòlids deformables
- 4.5. Teoria constitutiva: exemples de materials
- 4.6. Materials sense memòria: lineal i sense elasticitat
- 4.7. Materials amb memòria: viscoelasticitat i plasticitat
- 4.8. Materials amb memòria: dany i paràmetres de degeneració
- 4.9. Models de teixits biològics (I): teixits durs
- 4.10. Models de teixits biològics (II): teixits tous

**Objectius específics:**

- Entendre com aplicar les teories de mecànica del medi continu per desenvolupar un model constitutiu per teixits biològics.
- Conèixer els principals fenòmens que es produeixen en el comportament mecànic de teixits: anisotropia, viscoelasticitat, degeneració de fibres, etc.
- Saber dissenyar un conjunt d'experiments específics per ajustar i calibrar els paràmetres d'un model constitutiu específic.

**Activitats vinculades:**

Pràctica 4. Anàlisi d'un assaig de flexió amb teixit animal.

**Dedicació:** 48h

Grup gran/Teoria: 11h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 34h



## Tema 5. FEM aplicat a la biomecànica

### Descripció:

- 5.1. Aplicació de l'anàlisi d'elements finits (FEM) en biomecànica
- 5.2. Geometria i condicions de contorn
- 5.3. Requisits del solver FEM per aplicacions biomecàniques
- 5.4. Cas particular - ús del FEBio

### Objectius específics:

Descriure i realitzar una simulació per FEM d'un teixit dur.

### Activitats vinculades:

Pràctica 5 (ús de FEBio en Biomecànica).

### Dedicació: 24h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 17h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Informes de laboratori (25%)

Treballs en grup (25%)

Entregues individuals (30%)

Examen final de l'assignatura (20%)

## BIBLIOGRAFIA

### Bàsica:

- Yamaguchi, Gary Tad. Dynamic modeling of musculoskeletal motion : a vectorized approach for biomechanical analysis in three dimensions [en línia]. 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 línia]. 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 informàtic:

- OpenSim. Software de biomecànica OpenSim. Enllaç: [https://simtk.org/frs/?group\\_id=91](https://simtk.org/frs/?group_id=91)- FEBio. Software d'elements finits aplicat en biomecànica. Enllaç: <https://febio.org/>