



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Aplicacións en Enxeñería biomédica

Materia	Aplicacións en Enxeñería biomédica			
Código	V04M196V01202			
Titulación	Máster Universitario en Fabricación Aditiva			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	6	OP	1	2c
Lingua de impartición	#EnglishFriendly Castelán Galego			
Departamento				
Coordinador/a	Pena Uris, Gloria María			
Profesorado	Casarejos Ruiz, Enrique Feijoó Vázquez, Iria Hernández Martín, Primo Pena Uris, Gloria María Segade Robleda, Abraham			
Correo-e	gpena@uvigo.gal			
Web	<a href="http://https://moovi.uvigo.gal/">http://https://moovi.uvigo.gal/</a>			
Descrición xeral	<p>En esta asignatura optativa el alumnado podrá adquirir los conocimientos teóricos y la capacitación práctica básica para iniciarse en el modelado y fabricación de productos biomédicos (prótesis, órtesis, modelos y utillaje para cirugía, etc.).</p> <p>Esta materia está estructurada con una orientación eminentemente práctica y un enfoque integral en el que, partiendo del diseño funcional de un producto, se aborda la selección del material que garantice las adecuadas propiedades, biocompatibilidad y durabilidad. Se analizan las tecnologías de fabricación aditiva e híbrida aplicables, con consideración a criterios de calidad, seguridad y economía, y se completa este enfoque con una revisión de las técnicas de posprocesado necesarias para lograr la adecuada funcionalidad biomecánica y la mejor compatibilidad con los medios fisiológicos.</p> <p>Finalmente, se abordan las técnicas de verificación de la calidad de la pieza fabricada (metrología, caracterización microestructural, mecánica y de durabilidad)</p> <p>Materia del programa English Friendly: Los/as estudiantes internacionales podrán solicitar al profesorado: a) materiales y referencias bibliográficas para el seguimiento de la materia en inglés, b) atender las tutorías en inglés, c) pruebas y evaluaciones en inglés</p>			

## Resultados de Formación e Aprendizaxe

Código	
B6	Realizar procesos de simulación e modelado para o deseño 3D e prototipado de materiais, así como para a simulación de estruturas e procesos de fabricación.
B7	Definir os requirimentos técnicos dos diferentes produtos que se queren desenvolver e seleccionar as ferramentas e tecnoloxías de fabricación aditiva máis adecuadas
B9	Definir o método de impresión 3D tendo en cuenta as características do obxecto que se vai a producir
B11	Recoñecer as posibilidades da fabricación aditiva fronte á fabricación tradicional.
C1	Coñecer e aplicar técnicas de caracterización e análise de materiais (metais, cerámicas, composites, polímeros...) co obxectivo de comprender as súas propiedades e identificar usos potenciais.
C4	Seleccionar materiais para aplicacións concretas de manufactura a partir das especificacións das ferramentas e impresoras de manufactura aditiva que empregar, así como dos diferentes tipos de modelados existentes.
C7	Analizar as características dos obxectos que se van a producir para seleccionar o método de impresión máis adecuado.
D7	Deseñar e redefinir obxectos utilizando ferramentas de deseño paramétrico para realizar impresión 3D
D9	Inspeccionar los productos o piezas fabricadas con el fin de verificar el cumplimiento de las normas de calidad y el cumplimiento de las características técnicas establecidas

<b>Resultados previstos na materia</b>	
Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe
Coñecementos	B6 B7 B9 B11
Habilidades	C1 C4 C7
Competencias	D7 D9

### **Contidos**

<b>Contidos</b>	
Tema	
1. Introducción á fabricación aditiva no sector biomédico	<input type="checkbox"/> Evolución histórica da fabricación aditiva (FA) no sector biomédico <input type="checkbox"/> Beneficios da FA: Redución de tempo e custos, redución peso, melloras ergonómicas, medicina personalizada. <input type="checkbox"/> Aplicacións da FA a produtos biomédicos: próteses, órteses, modelos preoperatorios e ferramentas. <input type="checkbox"/> Aspectos éticos e legais relacionados coa FA no ámbito biomédico
2. Modelado e simulación numérica en fabricación aditiva. Sector Biomédico.	<input type="checkbox"/> Importancia da simulación numérica. <input type="checkbox"/> Bases de cálculo FEM e optimización topolóxica. <input type="checkbox"/> Preprocesado: - Preparación xeométrica para FEM - Condicións de contorno e aplicación de cargas. - Modelos materiais. <input type="checkbox"/> Post-procesamento en modelado: - Análise de esforzos e deformacións centrada en ensaios estáticos. - Análise estrutural, criterios de falla. - Optimización topolóxica.
3: Biomateriais para fabricación aditiva	<input type="checkbox"/> Características xerais dos biomateriais. Clasificación. <input type="checkbox"/> Cerámicos: HA, fosfato tricálcico (TCP). Outros fosfatos de calcio (CaPs). Biovidrio. compostos cerámicos. <input type="checkbox"/> Metais: metais nobres, Ti6Al4V, TiNi. 316L, CoCr, CoCrMo. Aliaxes de Mg. Materiais compostos de matriz metálica. <input type="checkbox"/> Polímeros: biopolímeros naturais. Biopolímeros sintéticos. M. compostos polímero-cerámico. <input type="checkbox"/> Biomateriais avanzados para FA.
4. Tecnoloxías de fabricación aditiva aplicadas a produtos biomédicos.	<input type="checkbox"/> Extrusión de material (FDM) <input type="checkbox"/> Fotopolimerización en tanque o cuba (SLA) <input type="checkbox"/> Fusión en leito de pó (SLS) <input type="checkbox"/> Inxección de aglutinante (BJ) <input type="checkbox"/> Deposición de enerxía localizada (DED) <input type="checkbox"/> Fusión por feixe de electróns (EBM) <input type="checkbox"/> Fabricación multimaterial. <input type="checkbox"/> Bioimpresión
5. Control de calidade de produtos. Postprocesado.	<input type="checkbox"/> Análise do efecto dos parámetros de impresión sobre as propiedades do produto. <input type="checkbox"/> Postprocesado e tratamentos superficiais das pezas. <input type="checkbox"/> Caracterización estrutural, mecánica, térmica e química. Normativas e estándares relacionados
6.- Proxecto de deseño e fabricación	<input type="checkbox"/> Casos de estudo <input type="checkbox"/> Deseño inicial: condicionantes particulares. Optimización *topolóxica <input type="checkbox"/> Probas iniciais de impresión: Influencia dos parámetros de *deposición nas propiedades. <input type="checkbox"/> Fabricación de pezas. <input type="checkbox"/> Análise dos resultados obtidos. Leccións aprendidas.

### **Planificación**

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Actividades introdutorias	0.5	0	0.5
Lección maxistral	15	45	60
Prácticas con apoio das TIC	6	0	6
Prácticas de laboratorio	6	0	6
Traballo tutelado	20	54.5	74.5

Autoavaliación	0.5	0	0.5
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	0.5	0	0.5
Exame de preguntas obxectivas	1.5	0	1.5
Presentación	0.5	0	0.5

\*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

### Metodoloxía docente

	Descrición
Actividades introdutorias	O profesorado realiza a presentación do curso: contidos, organización, metodoloxías empregadas, cronograma e sistema de avaliación. Realízase a descrición dos proxectos a desenvolver polo alumnado, así como as condicións de realización. Explícase o sistema de titorías e apoio de que dispón o alumnado.
Lección maxistral	O profesorado presentará e explicará os contidos fundamentais da materia, fomentando a participación activa do alumnado. O material empregado nas presentacións estará a disposición do alumnado con anterioridade na plataforma Moovi. Poderán realizarse actividades manipulativas na aula
Prácticas con apoio das TIC	Desenvolveranse en aula informática. Prácticas nas que o profesorado guía ao alumnado na utilización das plataformas e programas de deseño, modelado e simulación, así como o programa CESEDUPACK para a selección de materiais.
Prácticas de laboratorio	Actividades de aplicación práctica dos coñecementos adquiridos nas sesións teóricas. Desenvólvense en laboratorio con equipamento especializado e de acordo coas normas aplicables. Nestas actividades, o profesorado guiará ao alumno na utilización dos equipos e das técnicas que deberá utilizar no desenvolvemento do proxecto, como as tecnoloxías de FA, as de mecanizado e metroloxía; caracterización mecánica, térmica e microestructural
Traballo tutelado	Este traballo tutelado ou proxecto supón a aplicación directa dos coñecementos adquiridos e permitirá o desenvolvemento das necesarias habilidades prácticas de integración. O profesorado proporá diversos produtos biomédicos sinxelos para que os/os alumnos/alumnas (de forma individual ou por grupos reducidos, dependendo do número) leven a cabo o proceso completo de análise de requisitos, deseño, selección de material, fabricación e caracterización. Para iso, o alumnado contará cos medios do centro e o apoio do profesorado.

### Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Lección maxistral	O profesor orientará e resolverá as dúbidas que poida ter o alumno en relación aos temas explicados nas clases de teoría. Esta atención levará a cabo na propia aula, de maneira espontánea e en sesións de titorías. As titorías realizaranse a petición dos estudantes, no horario de atención definido polo profesorado e poderán ser individuais ou en pequenos grupos.
Prácticas con apoio das TIC	O profesorado guiará aos alumnos na utilización dos programas e plataformas, aclarando as súas dúbidas e orientándoos para lograr a mellor comprensión dos conceptos e a adquisición das habilidades necesarias. Esta atención levará a cabo de maneira espontánea durante a realización das sesións prácticas e tamén en sesións de titorías personalizadas. Estas realizaranse no horario definido polo profesorado.
Prácticas de laboratorio	O profesorado de laboratorio guiará aos alumnos no desenvolvemento das clases prácticas, aclarando as súas dúbidas e orientándoos para lograr a mellor comprensión dos conceptos e a adquisición das habilidades necesarias na utilización das distintas técnicas. Esta atención levará a cabo de maneira espontánea durante a realización das sesións prácticas e tamén en sesións de titorías personalizadas. Estas realizaranse no horario definido polo profesorado.
Traballo tutelado	Durante o desenvolvemento do proxecto que o alumnado deberá realizar de forma individual ou en grupos reducidos, contará coa orientación e axuda do profesorado. Esta atención levará a cabo durante a execución das tarefas do propio proxecto, ou de ser necesario, cando sexa requirida, dentro do horario establecido polo profesorado. Con todo, proporase a realización de dúas sesións de titorías en grupo, unha ao comezo do proxecto e outra antes da defensa, para poder modificar aqueles aspectos da estrutura ou do contido que o necesiten.

### Avaliación

Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe

Autoavaliación	Ao final de cada tema ou unidade temática, realizarase unha proba curta de autoavaliación que o alumnado deberá responder de maneira individual. O resultado destas probas orientarán ao alumnado sobre a súa comprensión da materia e o seu progreso na aprendizaxe. As probas consistirán na resolución de 10 cuestións tipo test (resposta única ou múltiple), en liña, a través da plataforma Moovi. Realizaranse na propia aula, no tempo asignado ás leccións maxistras. As datas e hora de realización de devanditas probas será comunicada ao alumnado con anticipación suficiente a través da plataforma docente e na propia aula. O alumnado deberá contar cun computador portátil ou teléfono móbil que permita a conexión á plataforma	20	B7 B9 B11	C1
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	Despois de realizar cada sesión práctica (TIC e de laboratorio), o alumno deberá entregar un informe onde se inclúan os resultados dos ensaios realizados así como as respostas ás preguntas expostas.	10	B6 B7 B9 B11	C1 C4 C7
Exame de preguntas obxectivas	Nas datas previstas polo centro realizarase unha proba escrita. Neste exame avaliarase o coñecemento que o alumnado adquiriu dos conceptos presentados nas clases de teoría, a través de preguntas curtas, exercicios, etc.	30	B7 B9 B11	C1
Presentación	Presentación oral na que cada alumno (ou pequeno grupo, dependendo do número de alumnos) presenta e defende ante o profesor e os seus compañeiros o proxecto levado a cabo. O alumno deberá explicar os pasos seguidos en cada unha das etapas de desenvolvemento do proxecto, demostrando os coñecementos e habilidades adquiridas. Ao finalizar da exposición, deberá responder as preguntas formuladas polo profesorado e o resto do alumnado. Esta exposición e defensa será avaliada de acordo cunha rúbrica previamente publicada.	40		C1 C4 C7 D7 D9

### Outros comentarios sobre a Avaliación

- **Avaliación continua:** (será o sistema de avaliación preferente): Consta de diversas probas que se desenvolverán ao longo do período de impartición da docencia, e dunha proba escrita que se realizará na data oficial da **1ª oportunidade de exame**, tal como se indica na táboa anterior, na que se recolle a porcentaxe de cada proba na cualificación final. Como resumo:

- Autoavaliación: 20%
- Informe de prácticas: 10%
- Defensa do proxecto realizado: 40%
- Exame escrito: 30%

- O alumnado que siga o procedemento de avaliación continua **deberá participar obrigatoriamente na totalidade das actividades** indicadas anteriormente, sendo a súa cualificación final a suma das puntuacións sacadas en cada unha das probas, coa ponderación recollida na táboa anterior. Para superar a avaliación continua da materia deberá obter unha cualificación igual ou superior a 5 puntos sobre 10.

- Nos **casos excepcionais** nos que un alumno ou alumna non poida participar nalgunha sesión puntual das actividades anteriores, o profesorado acordará co/coa estudante unha actividade ou proba alternativa, que lle permita continuar co desenvolvemento da materia sen detrimento no proceso de avaliación.

- O alumnado que deba acollerse á **segunda oportunidade de avaliación** conservará a cualificación obtida nas probas de autoavaliación e nos informes de prácticas (30%), pero deberán realizar un exame escrito con preguntas obxectivas que avaliarán os contidos teóricos da materia. (30% da nota final) e realizar a presentación do proxecto (40%). O exame terá lugar na data oficial que estableza o centro.

**Avaliación Global:** Aqueles/as alumnos/as que non desexen acollerse ao procedemento de avaliación continua, deberán seguir o **procedemento de renuncia a avaliación continua** establecido pola dirección da EEI, cumprindo os prazos fixados polo centro. Neste caso, tanto na primeira como na segunda edición, a avaliación realizarase mediante un único exame escrito (50 % da nota final) e a defensa dun proxecto integral de análise, deseño, fabricación e caracterización (50 % da nota final) seleccionado entre os propostos polo profesorado. A proba realizarase nas datas oficiais que estableza o profesorado. centro. Para superar a avaliación global, deberán acadar unha cualificación mínima de 5 sobre 10.

**Convocatoria Extraordinaria:** realizarase segundo o sistema de avaliación global anteriormente descrito, na data oficial determinada polo centro. Compromiso ético: Espérase que o alumno presente un comportamento ético axeitado, de acordo co código ético da Universidade de Vigo e da EEI. Segundo o artigo 42.1 do *Regulamento sobre a avaliación, a cualificación e a calidade da docencia e do proceso de aprendizaxe do estudiantado da Universidade de Vigo*, (Aprobado no claustro do 18 de abril de 2023): "A actuación fraudulenta en calquera proba de avaliación implicará a cualificación de cero (suspense) na acta da oportunidade de avaliación da convocatoria correspondente, iso con independencia do valor que sobre a cualificación global desta tivese a proba en cuestión e sen prexuízo das posibles consecuencias de índole disciplinaria que poidan producirse".

AVISO: No caso de discrepancia ou inconsistencia na información contida nas distintas versións lingüísticas desta guía, prevalecerá a versión editada en castelán.

---

## **Bibliografía. Fontes de información**

### **Bibliografía Básica**

Pedro A. Carrión Pérez, **Modelado y simulación : ingeniería biomédica**, 978-84-8427-689-0, Universidad de Castilla-La Mancha, 2010

Lee, Huei-Huang, **Finite element simulations with ANSYS Workbench 19 : theory, applications, case studies**, Mission, KS : SDC Publications, 2018

Madenci, Erdogan, **The finite element method and applications in engineering using ANSYS**, New York : Springer, cop, 2015

Damir Godec, Joamin Gonzalez-Gutierrez, Axel Nordin, Eujin Pei, Julia Ureña Alcázar, **A Guide to Additive Manufacturing**, Springer, 2022

Sheku Kamara, K. S. Faggiani, Ed., **Fundamentals of Additive manufacturing for the practitioner**, Wiley, 2021

Venina dos Santos, Rosmary Nichele Brandalise, Michele Savaris, **Engineering of Biomaterials**, Springer, 2017

William Wagner, Shelly Sakiyama-Elbert, Guigen Zhang, Michael Yaszemski, Eds, **Biomaterials Science An Introduction to Materials in Medicine**, 9780128161371, 4th Edition, Academic Press, Elsevier, 2020

### **Bibliografía Complementaria**

Ugo Andreaus, Daniela Iacoviello, Eds., **Biomedical Imaging and Computational Modeling in Biomechanics**, 94-007-4269-X, Springer, 2013

William Murphy, Jonathan Black, Garth Hastings Eds., **Handbook of Biomaterial Properties**, Springer, 2016

Roger Narayan, Ed., **Rapid prototyping of biomaterials : principles and applications**, Philadelphia, PA : Woodhead Pub, 2014

Roger Narayan, Ed. Atul Babbar, Ankit Sharma, Vivek Jain, and Dheeraj Gupta, Eds., **Additive manufacturing processes in biomedical engineering : advanced fabrication methods and rapid tooling techniques**, CRC Press, 2023

---

## **Recomendacións**

### **Materias que continúan o temario**

Prácticas externas/V04M196V01205

Traballo Fin de Máster/V04M196V01206

### **Materias que se recomenda cursar simultaneamente**

Aplicacións en automoción/V04M196V01201

---

## **Outros comentarios**

Recoméndase que o alumnado teña aprobado ou, cando menos cursado, as materias correspondentes a o primeiro cuatrimestre