



DATOS IDENTIFICATIVOS

Tecnoloxías de fabricación aditiva e híbrida aplicada á enxeñaría biomédica

Materia	Tecnoloxías de fabricación aditiva e híbrida aplicada á enxeñaría biomédica			
Código	V04M192V01307			
Titulación	Máster Universitario en Enxeñaría Biomédica			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	4.5	OP	2	1c
Lingua de impartición	#EnglishFriendly Castelán Galego			
Departamento	Deseño na enxeñaría Enxeñaría dos materiais, mecánica aplicada e construción			
Coordinador/a	Pérez García, José Antonio Feijó Vázquez, Iria Pena Uris, Gloria María			
Profesorado	Feijó Vázquez, Iria Pena Uris, Gloria María Pérez García, José Antonio			
Correo-e	japerez@uvigo.es gpena@uvigo.gal ifeijoo@uvigo.es			
Web	http://https://moovi.uvigo.gal/			
Descrición xeral	Nesta materia optativa o alumnado poderá adquirir os coñecementos teóricos e a capacitación práctica básica para iniciarse no modelado e fabricación de produtos biomédicos (próteses, órtesis, modelos e utillaxe para cirurxía, etc.). Esta materia está estruturada cunha orientación eminentemente práctica e un enfoque integral no que, partindo do deseño funcional dun produto, abórdase a selección do material que garanta as adecuadas propiedades, biocompatibilidade e durabilidade. Analízanse as tecnoloxías de fabricación aditiva e híbrida aplicables, con consideración a criterios de calidade, seguridade e economía, e complétase este enfoque cunha revisión das técnicas de posprocesado necesarias para lograr a adecuada funcionalidade biomecánica e a mellor compatibilidade cos medios fisiolóxicos. Finalmente, abórdanse as técnicas de verificación da calidade da peza fabricada (metroloxía, caracterización microestrutural, mecánica e de durabilidade) Materia do programa "English Friendly": Os/as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliográficas para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Código	
A1	Posuír e comprender coñecementos que acheguen unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/ou aplicación de ideas, adoito nun contexto de investigación.
A2	Que os estudantes saiban aplicar os coñecementos adquiridos e a súa capacidade de resolución de problemas en contornos novos ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos (ou multidisciplinares) relacionados coa súa área de estudo.
A4	Que os estudantes saiban comunicar as súas conclusións, e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan, a públicos especializados e non especializados dun xeito claro e sen ambigüidades.

A5	Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun xeito que terá que ser, en grande medida, autodirixido e autónomo.
B1	Capacidade para deseñar, desenvolver, implementar, xestionar e mellorar produtos e procesos nas diferentes áreas do Enxeñaría biomédica, mediante técnicas analíticas, computacionais ou experimentais apropiadas.
B4	Capacidade para resolver problemas con iniciativa, toma de decisións, creatividade, razoamento crítico e de comunicar e transmitir coñecementos, habilidades e destrezas no campo da enxeñaría biomédica
B10	Coñecemento, comprensión e capacidade de aplicar lexislacións relacionadas co campo da Enxeñaría Biomédica.

Resultados previstos na materia

Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe
Analizar as características dos principais materiais usados en implantes biomédicos: metálicos, polímeros, cerámicos, compostos e biolóxicos.	A1 B10
Comprender o deseño e modelar implantes usados en ortopedia, traumatoloxía e rehabilitación, e implantes dentais.	A2 A4 B1 B4
Utilizar ferramentas de deseño asistido por computador CAD/CAM para o modelado e fabricación dunha prótese ou implante determinado.	A2 A4 A5 B1

Contidos

Tema	
1.- Introducción	- Evolución histórica da fabricación aditiva (FA) no sector biomédico - Beneficios da FA: Redución de tempos e custos, alixeirament, melloras ergonómicas, medicina persoalizada. - Aplicacións da FA a produtos biomédicos: próteses, órteses, modelos preoperatorios e utillaxe. - Aspectos éticos e legais relacionados coa FA no campo biomédico.
2.- Deseño funcional produtos biomédicos.	- Plataformas CAD/CAM para o deseño e fabricación - Etapas no deseño de produtos biomédicos: Definición dos requisitos funcionais, deseño preliminar, optimización, deseño final.
3.- Biomateriais para fabricación aditiva (FA).	- Cerámicos: HA, fosfato tricálcico (TCP). Outros Fosfatos cálcicos (CaPs). Biovidro. Compostos cerámicos. - Metálicos: metais nobles, Ti6Al4V, TiNi. 316L, Co-Cr, CoCrMo. Aleacións de Mg. Materiais compostos de matriz metálica. - Polímeros: biopolímeros naturais. Biopolímeros sintéticos. M. compostos polímero-cerámico. - Biomateriais avanzados para FA.
4.- Tecnoloxías de fabricación aditiva de aplicación a produtos biomédicos.	- Extrusión de material (FDM) - Fotopolimerización en tanque ou cuba (SLA) - Fusión en leito de pó (SLS) - Inxección de aglutinante (BJ) - Deposición de enerxía localizada (DED) - Fusión por feixe de electrones (EBM) - Bioimpresión - Fabricación multimaterial e híbrida.
5.- Control de calidade de produtos.	- Análise do efecto dos parámetros de impresión sobre as propiedades do produto. - Postprocesado e tratamentos superficiais. - Caracterización estrutural, mecánica, térmica e química. Normativas e estándares relacionados.
6.- Proxecto de deseño e fabricación	- Casos de estudo - Deseño inicial: condicionantes particulares. Optimización topolóxica - Pruebas iniciais de impresión: Influencia dos parámetros de deposición nas propiedades. - Fabricación de pezas. - Análise dos resultados obtidos. Leccións aprendidas.

Planificación

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Actividades introdutorias	1	0	1
Lección maxistral	23	46	69
Prácticas con apoio das TIC	4	2	6

Prácticas de laboratorio	4	5	9
Traballo tutelado	4	20	24
Autoavaliación	0.5	0	0.5
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	0.5	0	0.5
Presentación	0.5	0	0.5
Exame de preguntas obxectivas	2	0	2

*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. Préstase especial atención á descrición dos proxectos a desenvolver polo alumnado (Traballo tutelado) así como ao sistema de tutorías e apoio do que dispón o estudantado.
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 estudantado 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 *CAD/CAM para o deseño e fabricación, e 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 estudantado na utilización dos equipos e técnicas que deberá utilizar no desenvolvemento do proxecto que deberá realizar, como as tecnoloxías de FA, mecanizado e metroloxía; caracterización mecánica, térmica e microestructural
Traballo tutelado	Este proxecto ou traballo tutelado supón a aplicación directa de todos os coñecementos adquiridos durante o curso. O profesorado proporá diversos produtos biomédicos ao alumnado para que cada un dos /das alumnos/alumnas (ou en grupos reducidos, dependendo do seu número), para que realicen o proceso completo de análise dos requisitos, deseño, selección do material adecuado, fabricación e caracterización. O alumnado contará cos medios do centro e o apoio do profesorado para a súa realización.

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 tutorías. As tutorías 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 de laboratorio guiará ao estudantado no desenvolvemento das clases prácticas, aclarando as súas dúbidas e orientándoos para lograr a mellor comprensión dos conceptos e a adquisición das habilidades necesarias. Esta atención levaráse a cabo de maneira espontánea durante a realización das sesións prácticas e tamén en sesións de tutorías 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 levarase a cabo cando sexa requirida, no horario establecido polo profesorado. Con todo, proporase a realización de dúas sesións de tutorías específicas, unha ao comezo do proxecto e outra antes da defensa, para poder modificar aqueles aspectos da estrutura ou do contido que o necesiten.
Probas	Descrición
Autoavaliación	O profesorado deseñará os cuestionarios de autoavaliación que o alumnado deberá responder ao final de cada lección ou unidade temática. A autoavaliación desenvolverase na aula, en día e hora fixada con anticipación suficiente. O profesorado axudará a resolver as cuestións técnicas que poidan xurdir.
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	O alumnado contará co apoio do profesorado de laboratorio para resolver as dúbidas que poidan xurdir na redacción dos informes de prácticas ou nas respostas ás cuestións formuladas.

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	A2 A5	B4
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 e prácticas realizadas así como as respostas ás preguntas expostas.	10	A2 A5	B4
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	A1 A2 A4	B1 B4 B10
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	A2 A5	B4 B10

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 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 puntuación 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 nalguna 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 procesode avaliación.

- O alumnado que deba acollerse á **segunda oportunidade da 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, acualificación e a calidade da docencia e do proceso de aprendizaxe doestudentado da Universidade de Vigo, (Aprobado no claustro do 18 de abril de2023): "A actuación fraudulenta en calquera proba de avaliación implicaráa cualificación de cero (suspense) na acta da oportunidade de avaliación daconvocatoria correspondente, iso con independencia do valor que sobre acualificación global desta tivese a proba en cuestión e sen prexuízo dasposibles 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

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

Kun Zhou, Ed., **Additive Manufacturing Technology**, WILEY-VCH, 2023

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

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

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

Zafar Alam Faiz, Iqbal Dilshad, Ahmad Khan, Eds, **Post-processing Techniques for Additive Manufacturing**, CRC Press, 2024

Bibliografía Complementaria

William Murphy, Jonathan Black, Garth Hastings Eds., **Handbook of Biomaterial Properties**, 2ª Ed, Springer, 2016

Recomendacións

Materias que se recomenda cursar simultaneamente

Certificación de produtos sanitarios e innovación en tecnoloxía médica/V04M192V01302

Simulación biomecánica/V04M192V01308

Materias que se recomenda ter cursado previamente

Análisis biomecánico de actividades e funcións humanas/V04M192V01105

Deseño de produtos e servizos intelixentes no sector biomédico/V04M192V01209

Enxeñaría de superficies para aplicacións biomédicas/V04M192V01205