## DATOS IDENTIFICATIVOS

**Tecnologías de fabricación aditiva e híbrida aplicada a la ingeniería biomédica**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Asignatura | Tecnologías de fabricación aditiva e híbrida aplicada a la ingeniería biomédica | | | |
| Código | V04M192V01307 | | | |
| Titulacion | Máster Universitario en Ingeniería Biomédica | | | |
| Descriptores | Creditos ECTS | Seleccione | Curso | Cuatrimestre |
| | 4.5 | OP | 2 | 1c |
| Lengua Impartición | #EnglishFriendly<br>Castellano<br>Gallego | | | |
| Departamento | Diseño en la ingeniería<br>Ingeniería de los materiales, mecánica aplicada y construcción | | | |
| Coordinador/a | Pérez García, José Antonio<br>Feijoó Vázquez, Iria<br>Pena Uris, Gloria María | | | |
| Profesorado | Feijoó Vázquez, Iria<br>Pena Uris, Gloria María<br>Pérez García, José Antonio | | | |
| Correo-e | japerez@uvigo.es<br>gpena@uvigo.gal<br>ifeijoo@uvigo.es | | | |
| Web | http://https://moovi.uvigo.gal/ | | | |
| Descripción general | 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.).<br><br>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.<br>Finalmente, se abordan las técnicas de verificación de la calidad de la pieza fabricada (metrología, caracterización microestructural, mecánica y de durabilidad)<br><br>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. | | | |

## Resultados de Formación y Aprendizaje

| Código | |
|---|---|
| A1 | Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación. |
| A2 | Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio. |
| A4 | Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones, y los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades. |

| | |
|---|---|
| A5 | Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo. |
| B1 | Capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos y procesos en los distintos ámbitos de la ingeniería biomédica, por medio de técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas. |
| B4 | Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la ingeniería biomédica. |
| B10 | Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación relativa al ámbito de la Ingeniería Biomédica. |

## Resultados previstos en la materia

| Resultados previstos en la materia | Resultados de Formación y Aprendizaje |
|---|---|
| Analizar las características de los principales materiales usados en implantes biomédicos: metálicos, polímeros, cerámicos, compuestos y biológicos. | A1<br>B10 |
| Comprender el diseño y modelar implantes usados en ortopedia, traumatología y rehabilitación,e implantes dentales. | A2<br>A4<br>B1<br>B4 |
| Utilizar herramientas de diseño<br>asistido por computador CADCAM para el modelado y fabricación de una prótesis o implante determinado. | A2<br>A4<br>A5<br>B1 |

## Contenidos

| Tema | |
|---|---|
| 1.- Introducción | Evolución histórica de la fabricación aditiva (FA) en el sector biomédico<br>Beneficios de la FA: Reducción de tiempos y costes, aligeramiento, mejoras ergonómicas, medicina personalizada.<br>Aplicaciones de la FA a productos biomédicos: prótesis, órtesis, modelos preoperatorios y utillaje.<br>Aspectos éticos y legales relacionales con la FA en el campo biomédico. |
| 2.- Diseño funcional productos biomédicos. | Plataformas CADCAM para el diseño y fabricación<br>Etapas en el diseño de productos biomédicos: Definición de los requisitos funcionales, diseño preliminar, optimización, diseño final. |
| 3.- Biomateriales para fabricación aditiva (FA). | Cerámicos: HA, fosfato tricálcico (TCP). Otros Fosfatos cálcicos (CaPs). Biovidrio. Compuestos cerámicos.<br>Metálicos: metales nobles, Ti6Al4V, TiNi. 316L, Co-Cr, CoCrMo. Aleaciones de Mg. Materiales compuestos de matriz metálica.<br>Polímeros: biopolímeros naturales. Biopolímeros sintéticos. M. compuestos polímero-cerámico.<br>Biomateriales avanzados para FA. |
| 4.- Tecnologías de fabricación aditiva (FA) de aplicación a productos biomédicos. | o Extrusión de material (FDM)<br>o Fotopolimerización en tanque o cuba (SLA)<br>o Fusión en lecho de polvo (SLS)<br>o Inyección de aglutinante (BJ)<br>o Deposición de energía localizada (DED<br>o Fusión por haz de electronesEBM<br>o Bioimpresión<br>o Fabricación multimaterial e híbrida. |
| 5.- Control de calidad de productos. | Análisis del efecto de los parámetros de impresión sobre las propiedades del producto.<br>Postprocesado y tratamientos superficiales.<br>Caracterización estructural, mecánica, térmica y química. Normativas y estándares relacionados. |
| 6.- Proyecto de diseño y fabricación | Casos de estudio<br>Diseño inicial: condicionantes particulares. Optimización topológica<br>Pruebas iniciales de impresión: Influencia de los parámetros de deposición en las propiedades.<br>Fabricación de piezas.<br>Análisis de los resultados obtenidos. Lecciones aprendidas |

## Planificación

| | Horas en clase | Horas fuera de clase | Horas totales |
|---|---|---|---|
| Actividades introductorias | 1 | 0 | 1 |
| Lección magistral | 23 | 46 | 69 |
| Prácticas con apoyo de las TIC | 4 | 2 | 6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Prácticas de laboratorio | 4 | 5 | 9 |
| Trabajo tutelado | 4 | 20 | 24 |
| Autoevaluación | 0.5 | 0 | 0.5 |
| Informe de prácticas, prácticum y prácticas externas | 0.5 | 0 | 0.5 |
| Presentación | 0.5 | 0 | 0.5 |
| Examen de preguntas objetivas | 2 | 0 | 2 |

*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

## Metodologías

| | Descripción |
|---|---|
| Actividades introductorias | El profesorado realiza la presentación del curso: contenidos, organización, metodologías empleadas, cronograma y sistema de evaluación.<br>Especial atención se presta a la descripción de los proyectos a desarrollar por el alumnado (Trabajo tutelado) así como al sistema de tutorías y apoyo de que dispone el alumnado. |
| Lección magistral | El profesorado presentará y explicará los contenidos fundamentales de la materia, fomentando la participación activa del alumnado. El material empleado en las presentaciones estará a disposición del alumnado con anterioridad en la plataforma Moovi. Podrán realizarse actividades manipulativas en el aula. |
| Prácticas con apoyo de las TIC | Se desarrollarán en aula informática. Prácticas en las que el profesorado guía al alumnado en la utilización de las plataformas CADCAM para el diseño y fabricación, y el programa CESEDUPACK para la selección de materiales. |
| Prácticas de laboratorio | Actividades de aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en las sesiones teóricas. Se desarrollan en laboratorio con equipamiento especializado y de acuerdo con las normas aplicables.<br><br>En estas actividades, el profesorado guiará al alumno en la utilización de los equipos y de las técnicas que deberá utilizar en el desarrollo del proyecto, como las tecnologías de FA, las de mecanizado y metrología; caracterización mecánica, térmica y microestructural |
| Trabajo tutelado | Este proyecto o trabajo tutelado supone la aplicación directa de todos los con cocimientos adquiridos durante el curso.<br>El profesorado propondrá diversos productos biomédicos al alumnado para que cada uno de los/las alumnos/alumnas (o por grupos de dos, dependiendo de su número), para que realicen el proceso completo de análisis de requisitos, diseño, selección de material, fabricación y caracterización. El alumnado contará con los medios del centro y el apoyo del profesorado para su realización. |

## Atención personalizada

| **Metodologías** | **Descripción** |
|---|---|
| Lección magistral | El profesor orientará y resolverá las dudas que pueda tener el alumno en relación a los temas explicados en las clases de teoría. Esta atención se llevará a cabo en la propia aula, de manera espontánea y en sesiones de tutorías. Las tutorías se realizarán a petición de los estudiantes, en el horario de atención definido por el profesorado y podrán ser individuales o en pequeños grupos. |
| Prácticas con apoyo de las TIC | El profesorado de laboratorio guiará a los alumnos en el desarrollo de las clases prácticas, aclarando sus dudas y orientándolos para lograr la mejor comprensión de los conceptos y la adquisición de las habilidades necesarias. Esta atención se llevará a cabo de manera espontánea durante la realización de las sesiones prácticas y también en sesiones de tutorías personalizadas. Estas se realizarán en el horario definido por el profesorado. |
| Trabajo tutelado | Durante el desarrollo del proyecto que el alumnado deberá realizar de forma individual o en grupos reducidos, contará con la orientación y ayuda del profesorado. Esta atención se llevará a cabo cuando sea requerida, en el horario establecido por el profesorado. Sin embargo, se propondrá la realización de dos sesiones de tutorías en grupo, una al inicio del proyecto y otra antes de la defensa, para poder modificar aquellos aspectos de la estructura o del contenido que lo necesiten. |
| **Pruebas** | **Descripción** |
| Autoevaluación | El profesorado diseñará los cuestionarios de autoevaluación que el alumnado deberá responder al final de cada lección o unidad temática. La autoevaluación se desarrollará en el aula, en día y hora fijada con anticipación suficiente. El profesorado ayudará a resolver las cuestiones técnicas que puedan surgir. |
| Informe de prácticas, prácticum y prácticas externas | El alumnado contará con el apoyo del profesorado de laboratorio para resolver las dudas que puedan surgir en la redacción de los informes de prácticas o en la respuestas a las cuestiones formuladas. |

## Evaluación

| | Descripción | Calificación | Resultados de Formación y Aprendizaje |
|---|---|---|---|

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Autoevaluación | Al final de cada tema o unidad temática, se realizará una prueba corta de autoevaluación que el alumnado deberá responder de manera individual.<br>El resultado de estas pruebas orientarán al alumnado sobre su comprensión de la materia y su progreso en el aprendizaje.<br>Las pruebas consistirán en la resolución de 10 cuestiones tipo test (respuesta única o múltiple), on line, a través de la plataforma Moovi. Se realizarán en el propio aula, en el tiempo asignado a las lecciones magistrales.<br>Las fechas y hora de realización de dichas pruebas será comunicada al alumnado con anticipación suficiente a través de la plataforma docente y en el propio aula. El alumnado deberá contar con un ordenador portátil o teléfono móvil que permita la conexión a la plataforma | 20 | A2<br>A5 | B4 |
| Informe de prácticas, prácticum y prácticas externas | Después de realizar cada sesión práctica (TIC y de laboratorio), el alumno deberá entregar un informe donde se incluyan los resultados de los ensayos realizados así como las respuestas a las preguntas planteadas. | 10 | A2<br>A5 | B4 |
| Presentación | Presentación oral en la que cada alumno (o pequeño grupo, dependiendo del número de alumnos) presenta y defiende ante el profesor y sus compañeros el proyecto llevado a cabo. El alumno deberá explicar los pasos seguidos en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto, demostrando los conocimientos y habilidades adquiridas. Al finalizar de la exposición, deberá responder a las preguntas formuladas por el profesorado y el resto del alumnado.<br>Esta exposición y defensa será evaluada de acuerdo con una rúbrica previamente publicada. | 40 | A1<br>A2<br>A4 | B1<br>B4<br>B10 |
| Examen de preguntas objetivas | En las fechas previstas por el centro se realizará una prueba escrita. En este examen se evaluará el conocimiento que el alumnado ha adquirido de los conceptos presentados en las clases de teoría, a través de preguntas cortas, ejercicios, etc. | 30 | A2<br>A5 | B4<br>B10 |

## Otros comentarios sobre la Evaluación

***Evaluación continua*** (será el sistema de evaluación preferente): Consta de diversas pruebas que se realizarán a lo largo del periodo docente, y una prueba escrita que se realizará en la fecha oficial de examen de **1ª Oportunidad**, tal y como se indica en la tabla anterior, en la que el porcentaje de cada prueba está incluido en la nota final. Como resumen:

- Autoevaluación: 20%
- Realización e Informe de prácticas: 10%
- Presentación del proyecto realizado: 40%
- Examen escrito: 30%

- Los alumnos que sigan el procedimiento de evaluación continua deberán participar obligatoriamente en todas las actividades indicadas anteriormente, siendo su calificación final la suma de las puntuaciones obtenidas en cada una de las pruebas, con la ponderación indicada en la tabla anterior. Para superar la evaluación continua de la asignatura se deberá obtener una nota igual o superior a 5 puntos sobre 10.

- En los **casos excepcionales** en los que un alumno no pueda participar **en una sesión concreta** de las actividades anteriores, el profesorado acordará con el alumno una actividad o prueba alternativa, que le permita continuar con el desarrollo de la materia sin perjuicio de ello. al proceso de evaluación.

- Los/Las estudiantes que deban presentarse a la **segunda edición de la evaluación** conservarán la calificación obtenida en las pruebas de *Autoevaluación e Informes de prácticas (30%)* , pero deberá realizar un examen escrito de preguntas objetivas que evaluará los contenidos teóricos del curso (*30% de la nota final)* y realizar la presentación del proyecto realizado *(40%).* El examen se llevará a cabo en la fecha oficial establecida por el centro.

***Evaluación Global:*** El alumnado que no desee acogerse al procedimiento de evaluación continua deberá seguir el procedimiento de **renuncia a la evaluación continua** establecido por la dirección de la EEI, cumpliendo con los plazos fijados por el centro. En este caso, **tanto en la primera como en la segunda edición**, la evaluación se realizará mediante un **examen escrito** (*50% de la nota final*) y la defensa de un **proyecto integral** de análisis, diseño, fabricación y caracterización (*50% nota final*) seleccionado de entre los propuestos por el profesorado, que se llevará a cabo en las fechas oficiales establecidas por el centro. Para superar la evaluación global, deberán alcanzar una calificación mínima de 5 sobre 10.

***Convocatoria Extraordinaria:*** se realizará según el sistema de evaluación global anteriormente descrito, en la fecha previamente fijada por el centro.

**Compromiso ético:** Se espera que el alumno presente un comportamiento ético adecuado, de acuerdo con el código ético de la Universidad de Vigo y la EEI. Según el artículo 42.1 del **Reglamento sobre la evaluación, calificación y calidad de la docencia y del proceso de aprendizaje de los alumnos de la Universidad de Vigo**, (Aprobado en clausura el 18 de abril de 2023): *La actuación fraudulenta en cualquier prueba de evaluación supondrá la calificación de cero (suspenso) en el acta de la oportunidad de evaluación correspondiente, con independencia del valor que sobre la calificación global tuviese la prueba en cuestión y sin prejuicio de las posibles consecuencias de carácter disciplinario que se puedan producir*.

**AVISO:** En caso de discrepancia o inconsistencia en la información contenida en las distintas versiones lingüísticas de esta guía, prevalecerá la versión publicada en castellano.

## Fuentes 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


## Recomendaciones

### Asignaturas que se recomienda cursar simultáneamente

Certificación de productos sanitarios e innovación en tecnología médica/V04M192V01302
Simulación biomecánica/V04M192V01308

### Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

Análisis biomecánico de actividades y funciones humanas/V04M192V01105
Diseño de productos y servicios inteligentes en el sector biomédico/V04M192V01209
Ingeniería de superficies para aplicaciones biomédicas/V04M192V01205