Guía docente
820028 - PIB - Procesado de Imágenes Biomédicas

Última modificación: 04/06/2026

Unidad responsable: Escuela de Ingeniería de Barcelona Este
Unidad que imparte: 707 - ESAII - Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial.

Titulación: GRADO EN INGENIERÍA BIOMÉDICA (Plan 2009). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2026 **Créditos ECTS:** 6.0 **Idiomas:** Catalán

PROFESORADO

Profesorado responsable: CHRISTIAN MATA MIQUEL - JOAN FRANCESC ALONSO LÓPEZ

Otros: Segon quadrimestre:
JOAN FRANCESC ALONSO LÓPEZ - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M15
CHRISTIAN MATA MIQUEL - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M15

CAPACIDADES PREVIAS

Habilidad en cálculo algebráico.
Programación a nivel básico (estructuras if, for, while).
Capacidad de abstracción.

REQUISITOS

Programación a nivel intermedio/avanzado (Python)
Dominio de entornos de programación interactivos (Google Colab, Jupyter Notebook, etc.)

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:
2. Aplicar las técnicas de análisis e interpretar señales e imágenes biomédicas.

Transversales:
1. COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA - Nivel 3: Comunicarse de manera clara y eficiente en presentaciones orales y escritas adaptadas al tipo de público y a los objetivos de la comunicación utilizando las estrategias y los medios adecuados.

METODOLOGÍAS DOCENTES

La metodología docente se basará en sesiones de teoría y laboratorio semanales. En las sesiones presenciales de teoría de aprendizaje, el profesorado introducirá, mediante explicaciones teóricas y ejemplos ilustrativos, los conceptos, métodos y resultados de la materia. Una parte de la teoría se basa en las sesiones de resolución de problemas, donde el profesor guiará a los estudiantes en la realización de ejercicios y problemas relacionados con la materia.

En las sesiones de laboratorio, los estudiantes pondrán en práctica los conceptos, métodos y resultados de la materia con la ayuda del profesor y trabajando directamente sobre imágenes biomédicas reales. Los estudiantes, de forma autónoma, deberán estudiar para asimilar los conceptos y resolver los ejercicios propuestos, y trabajar un caso de aplicación en grupo. Cada sesión de laboratorio culminará con un "Challenge" independiente donde los estudiantes aplicarán toda la materia acumulada hasta ese momento, resolviendo problemas completos de procesamiento de imágenes biomédicas.

Finalmente, durante el curso se realizarán diversos seminarios impartidos por expertos y profesionales clínicos de la ingeniería biomédica, procedentes de hospitales y centros de salud de referencia. Estos seminarios complementarán el aprendizaje de los conceptos teóricos y prácticos de la asignatura, ofreciendo a los estudiantes una visión directa de la aplicabilidad real de los conocimientos adquiridos y mostrando el impacto concreto que tiene este sector en los retos biomédicos actuales.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo principal de la asignatura es proporcionar a los estudiantes una formación introductoria en las técnicas de adquisición, procesamiento y análisis de imágenes biomédicas. Se enseñarán los conceptos básicos y las herramientas tradicionales necesarias para adquirir los conocimientos fundamentales en este ámbito. Asimismo, en las últimas sesiones se introducirá el uso de la inteligencia artificial, tanto para la segmentación como para la clasificación de imágenes, abarcando tanto los fundamentos teóricos como sus aplicaciones prácticas en el ámbito clínico y de investigación. Se estudiarán en profundidad las principales modalidades de imagen médica (RX, TC, RM, ecografía, PET, etc.) y sus características físicas y técnicas específicas, así como sus campos de aplicabilidad clínica y las limitaciones inherentes a cada tecnología, de acuerdo con los estándares médicos de anonimización de datos (DICOM, JPEG2000).

La asignatura abordará métodos avanzados de preprocesamiento y mejora de la calidad de imagen, incluyendo técnicas de filtrado espacial y frecuencial, ecualización del histograma, realce de contraste y reducción de ruido adaptativo, con el fin de optimizar la visualización diagnóstica. Se profundizará en los algoritmos de segmentación de imágenes biomédicas (umbralización, contornos, clustering, crecimiento de regiones o deep learning, entre otros), registro de imágenes (rígido y no rígido), localización de estructuras anatómicas, entre otros conceptos.

Este conocimiento se aplicará de forma práctica mediante el análisis de datos reales de pacientes, desarrollando competencias para resolver problemas complejos de ingeniería biomédica y preparar a los estudiantes para la investigación y las aplicaciones profesionales en hospitales y en el entorno médico.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	45,0	30.00
Horas grupo pequeño	15,0	10.00
Horas aprendizaje autónomo	90,0	60.00

Dedicación total: 150 h

CONTENIDOS

Métodos de adquisición y formatos de imagen

Descripción:
Se explica, en el contexto de las diferentes modalidades de imagen, la estructura de un sistema de procesamiento de imágenes y los campos de aplicación en el ámbito biomédico.
- Rayos X
- Ultrasonido
- Resonancia magnética
- Otras modalidades
- Formatos de imagen
- Anonimización y base de datos PACS

Objetivos específicos:
Al final de la sesión, los estudiantes podrán identificar las características principales de las modalidades de imagen biomédica como los rayos X, los ultrasonidos, la resonancia magnética (T1/T2) y otras; analizar la estructura básica de los sistemas de procesamiento de imágenes en un contexto clínico; reconocer formatos estándar como DICOM y NIfTI junto con sus aplicaciones prácticas y bases de datos PACS; y relacionar las propiedades físicas de cada modalidad con los retos específicos de procesamiento asociados.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas.

Dedicación: 7h
Grupo grande/Teoría: 3h
Aprendizaje autónomo: 4h

Introducción y fundamentos de la imagen digital

Descripción:
Se explican en un contexto introductorio los principales fundamentos del origen de la imagen digital, así como su morfología y estructura matemática, explorando los siguientes conceptos:

- ¿Qué es una imagen digital? (matriz de píxeles, resolución espacial y tonal)
- Representación de la imagen: escala de grises, color, binarias
- Coordenadas de píxel, compresión y formatos de archivo (RAW, PNG, JPEG…)
- Imágenes en escala de grises vs imágenes en color
- Principales aplicaciones (biomédica, industrial, multimedia, …)

Objetivos específicos:
Entender la necesidad, posibilidades y limitaciones del procesamiento de imágenes, así como la estructura de un sistema en el ámbito biomédico. Presentación de la asignatura y su organización.

Actividades vinculadas:
Clase teórica

Dedicación: 7h
Grupo grande/Teoría: 3h
Aprendizaje autónomo: 4h

Preprocesamiento de la imagen II: Filtros espaciales

Descripción:
Se explica el preprocesamiento avanzado de imágenes mediante filtros espaciales basados en la convolución 2D, fundamentales para el procesamiento frecuencial de imágenes biomédicas. Se detallan las propiedades y aplicaciones de los filtros pasa-bajos (suavizado), pasa-altos (detección de bordes), pasa-banda y elimina-banda, con especial énfasis en los filtros gaussianos por su versatilidad en aplicaciones médicas.
- Conceptos básicos: Convolución 2D y transformada frecuencial
- Filtros pasa-bajos (suavizado y reducción de ruido)
- Filtros pasa-altos (realzado y detección de bordes)
- Filtros pasa-banda y elimina-banda (frecuencias específicas)
- Filtros gaussianos (isotrópicos y anisotrópicos)

Objetivos específicos:
Entender la necesidad del preprocesado, sus diferentes tipos (función de transformación de la imagen y técnicas) y la adecuación de cada uno según su finalidad.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 13h
Grupo grande/Teoría: 3h
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 8h

Introducción a la Inteligencia Artificial: Segmentación

Descripción:
Se introduce la aplicación de la inteligencia artificial a la segmentación de imágenes biomédicas. Se detallan las diferencias entre los tipos de algoritmos supervisados y no supervisados, datos para entrenamiento, la arquitectura básica de un modelo de IA, validación cuantitativa e interpretación de los resultados en contexto clínico.
- Introducción de la IA en la imagen médica
- Métodos supervisados vs no supervisados
- Datos y entrenamiento
- *Data augmentation*
- Indicadores de evaluación

Objetivos específicos:
Al final de la sesión, los estudiantes podrán comparar *machine learning* tradicional con *deep learning* en la segmentación de imágenes biomédicas; distinguir métodos supervisados (U-Net) y no supervisados (*random forest*); identificar requisitos de datos para entrenamiento (anotación, *datasets* como Keras, Kaggle...) y técnicas de *data augmentation* (rotaciones, deformaciones, variaciones de intensidad); y aplicar métricas de evaluación clínicas como Dice, IoU, sensibilidad y especificidad para validar modelos.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 20h
Grupo grande/Teoría: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 12h

Registro de imágenes

Descripción:
Se introduce el registro de imágenes médicas como técnica esencial para alinear imágenes biomédicas de diferentes modalidades, tiempos o pacientes, mejorando el análisis comparativo y la fusión de información clínica. Se detallan los conceptos básicos de transformaciones rígidas y no rígidas, métodos basados en características e intensidad, con aplicaciones prácticas en seguimiento de tumores, cirugía guiada y terapia con imágenes.
- Conceptos básicos: rígidas, afines y no rígidas
- Registro basado en puntos de referencia y características
- Registro basado en intensidad
- Transformaciones elásticas y modelos de deformación
- Aplicaciones clínicas

Objetivos específicos:
Analizar las necesidades clínicas del registro de imágenes biomédicas en aplicaciones como seguimiento de tumores, fusión multimodal y cirugía guiada, y comprender las técnicas principales de implementación: transformaciones rígidas/afines, registro basado en puntos o intensidad (información mutua), y modelos deformables para alinear imágenes de diferentes modalidades, tiempos o pacientes preservando la anatomía real.

Actividades vinculadas:
Clase teórica: Actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 13h
Grupo grande/Teoría: 3h
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 8h

Introducción a la inteligencia artificial: Clasificación

Descripción:
Introduces la clasificación de imágenes biomédicas mediante inteligencia artificial, desde conceptos básicos hasta arquitecturas avanzadas. Se comparan arquitecturas clásicas con *transformers* modernos, citando las técnicas de entrenamiento, optimización y métricas de evaluación clave para aplicaciones diagnósticas en imágenes médicas.
[uvadoc.uva](https://uvadoc.uva.es/handle/10324/79223?locale-attribute=en)

Temas Principales
- Clasificación de imágenes: Conceptes bàsics y problemas *multiclasse*.
- Arquitectures clàssiques (CNN: AlexNet, VGG, ResNet). [flypix](https://flypix.ai/es/image-recognition-models-cnns/)
- Arquitectures modernes (Vision Transformers, Swin Transformers).
[uvadoc.uva](https://uvadoc.uva.es/handle/10324/79223?locale-attribute=en)
- Entrenament i optimització (*transfer learning*, *fine-tuning*, regularització).
[flypix](https://flypix.ai/es/image-recognition-models-cnns/)
- Indicadors d'avaluació (*accuracy*, *precision*, *recall*, F1-score, ROC-AUC).
[flypix](https://flypix.ai/es/image-recognition-models-cnns/)

Objetivos específicos:
Entender los diferentes tipos de imágenes para elegir el modelo de IA más favorable para la clasificación de imágenes médicas. Además, el estudiante tendrá una visión global del estado del arte de las arquitecturas más actuales en el contexto biomédico.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 20h
Grupo grande/Teoría: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 12h

Manipulación de la imagen

Descripción:
Se introducen los conceptos fundamentales de manipulación de imagen digital, necesarios para el procesamiento y análisis de imágenes biomédicas. Se trabajan las herramientas básicas para transformar, mejorar y representar la información presente en la imagen, tanto en escala de grises como en color, con especial énfasis en su interpretación visual y cuantitativa.
- Conceptos básicos de manipulación de imagen
- Histogramación y análisis de histogramas
- Binarización y selección de umbrales
- Ajustes (contraste, curvas de niveles, normalización...)
- Representación y diseño de mapas de color

Objetivos específicos:
Al final de la sesión, los estudiantes podrán comprender los conceptos fundamentales de manipulación de imagen digital; analizar histogramas y realizar binarización con selección de umbrales; aplicar ajustes de imagen como contraste, curvas de niveles y normalización; y diseñar representaciones visuales con mapas de color para la interpretación cuantitativa de imágenes biomédicas en escala de grises y color.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 8h
Grupo grande/Teoría: 3h
Aprendizaje autónomo: 5h

Seminario I: Adquisición de la imagen médica por un experto clínico

Descripción:
Seminario expuesto por un experto en imagen médica

Objetivos específicos:
Complemento educativo para el logro de los conocimientos explicados durante las sesiones anteriores y aplicabilidad de uso real en el ámbito biomédico, enfocado en los fundamentos físicos para la adquisición de la imagen médica y sus variantes.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 5h
Grupo grande/Teoría: 3h
Aprendizaje autónomo: 2h

Seminari II: Aplicaciones de la IIA aplicados a la imagen médica

Descripción:
Seminario expuesto por un experto en imagen médica

Objetivos específicos:
Complemento educativo para la consecución de los conocimientos explicados durante las sesiones anteriores y aplicabilidad de uso real en el ámbito biomédico enfocado en el uso de la inteligencia artificial.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 5h
Grupo grande/Teoría: 3h
Aprendizaje autónomo: 2h

Preprocesamiento de la imagen I: Filtres estadísticos

Descripción:
Se introducen los conceptos fundamentales del preprocesamiento de imágenes mediante filtros estadísticos, con especial atención a los efectos del ruido en imágenes biomédicas y las técnicas de reducción. Se comparan las propiedades y aplicabilidad práctica de los diferentes filtros espaciales para eliminar ruido preservando detalles anatómicos esenciales.
- Conceptos básicos de ruido y caracterización
- Filtros de media aritmética
- Filtros temporales
- Filtros de orden
- Filtros de mínimo y máximo

Objetivos específicos:
Al final de la sesión, los estudiantes podrán identificar conceptos básicos de ruido y sus características en imágenes biomédicas; aplicar filtros de media aritmética, temporales, de orden (mediana, percentiles) y de mínimo/máximo para reducir ruido preservando detalles anatómicos; y comparar las propiedades y aplicabilidad práctica de estos filtros espaciales en contextos médicos.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 9h
Grupo grande/Teoría: 3h
Grupo pequeño/Laboratorio: 1h
Aprendizaje autónomo: 5h

Segmentación de la imagen II: Extracción de características

Descripción:
Se explica la extracción de características como paso clave en la segmentación avanzada de imágenes biomédicas, centrándose en el uso de máscaras para analizar propiedades regionales. Se detallan técnicas de extracción de características geométricas, de intensidad y de textura, con aplicaciones prácticas en imágenes médicas para clasificación de tejidos y diagnóstico asistido.
- Conceptos básicos de extracción de características post-segmentación
- Propiedades del uso de máscaras (áreas, perímetros, formas)
- Extracción de características geométricas e intensidad
- Métodos de extracción de textura (GLCM, filtros de Gabor, wavelets)
- Casos de uso de textura en imágenes médicas (RM, TC, mamografías)

Objetivos específicos:
Comprender la necesidad de extraer información relevante de las imágenes para una fase posterior de descripción de la imagen o interpretación de la escena. Adquirir criterio para determinar qué información y características son relevantes en cada imagen, también en función de la aplicación final del procesamiento. Aprender las técnicas para su extracción.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 15h
Grupo mediano/Prácticas: 2h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 10h

Segmentación de la imagen I: Conceptos generales

Descripción:
Se introducen los conceptos generales de segmentación de imágenes aplicados a imágenes biomédicas, con técnicas básicas para separar estructuras de interés clínico del fondo. Se comparan métodos de umbralización, basados en contornos, regiones y *clustering*, destacando ventajas y limitaciones en escenarios médicos reales.
- Conceptos básicos de segmentación y evaluación de calidad
- Umbralización (*thresholding* global y adaptativo)
- Segmentación basada en contornos (detección de bordes)
- Segmentación basada en regiones (crecimiento de regiones)
- Segmentación basada en *clustering* (K-means, etc.)

Objetivos específicos:
A partir de la tipología de las imágenes de trabajo y de las necesidades de la aplicación, determinar el tipo de segmentación a emplear, o combinación de técnicas, y aprender los diferentes tipos de algoritmos para su implementación.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 15h
Grupo grande/Teoría: 3h
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 10h

Preprocesado de la imagen III. Filtros morfológicos

Descripción:
Se introducen los filtros morfológicos para el preprocesamiento de imágenes biomédicas, basados en operaciones no lineales con elementos estructurantes. Se detallan las operaciones básicas (erosión, dilatación) y sus combinaciones (apertura, cierre), con aplicaciones prácticas en limpieza de ruido, separación de objetos conectados y preservación de formas anatómicas en imágenes médicas.
- Conceptos básicos de morfología matemática y elementos estructurantes
- Erosión (eliminación de pequeñas estructuras, limpieza de ruido)
- Dilatación (relleno de agujeros, conexión de objetos)
- Apertura (eliminación de ruido preservando formas)
- Cierre (relleno de agujeros preservando formas)

Objetivos específicos:
Entender la necesidad del preprocesado, sus diferentes tipos (función de transformación de la imagen y técnicas) y la adecuación de cada uno según su finalidad.

Actividades vinculadas:
Clase teórica, actividades durante la sesión de problemas y prácticas en el laboratorio.

Dedicación: 13h
Grupo grande/Teoría: 3h
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 8h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Cualquier acto de fraude académico, plagio o uso o mera tenencia al alcance de medios no autorizados en cualquier actividad de evaluación comportará la calificación de cero (0) en la prueba o entrega afectada. Además, de acuerdo con la normativa de la Universidad, la posible derivación de los hechos para la apertura de un expediente disciplinario implicará que la asignatura quede en el estado provisional de "pendiente de evaluación" hasta la resolución del expediente. La gestión de estas incidencias se lleva a cabo de acuerdo con el **Marco de actuación para la integridad académica en la evaluación de la UPC**.

La evaluación se llevará a cabo mediante la valoración de las siguientes actividades:
- Prácticas de laboratorio, incluyendo los informes de cada sesión y el proyecto final (LAB)
- Examen parcial (EP)
- Examen Final (EF)

La nota de la asignatura se obtiene del cálculo 0,3*LAB + 0.3*EP + 0.4*EF

Esta asignatura tiene prueba de reevaluación, a la cual podrá accedir el estudiantado que cumpla los requisitos fijados por la normativa de la EEBE:
https://eebe.upc.edu/es/estudios/evaluacion-y-permanencia/evalucion-permanencia

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Tanto el examen parcial como el final son teóricos e individuales, por lo que no será necesario traer portátiles ni tabletas — todo se realizará en papel.

Constará de dos partes: la primera parte consistirá en preguntas teóricas y no se permitirá el uso de apuntes. La segunda parte se centrará en la realización de ejercicios prácticos. Solo se podrá utilizar una calculadora (no programable) en caso necesario, sin libros ni apuntes. Finalmente, recordad que se trata de un examen teórico, por lo que las preguntas se basarán en el material teórico disponible en ATENEA.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:
- Webb, Andrew R. Introduction to biomedical imaging. Hoboken (N.J.): Wiley, cop. 2003. ISBN 0471237663.
- González, Rafael C.; Woods, Richard E. Digital image processing. Fourth edition, Global edition. New York, NY: Pearson Education Internacional, 2018. ISBN 9781292223049|.

Complementaria:
- Bankman, Isaac N.. Handbook of medical imaging : processing and analysis. San Diego [etc.]: Academic Press, cop. 2000. ISBN 0120777908.
- Rangayyan, Rangaraj M. Biomedical image analysis. Boca Raton: CRC cop, cop. 2005. ISBN 0849396956.

RECURSOS

Material informático:
- Computer Vision on Line. http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/CVentry.htm