

**ANX-PR/CL/001-02**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Imágenes biomédicas avanzadas II

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2015-16 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Imágenes biomédicas avanzadas II
<b>Titulación</b>	09IB - Grado en Ingeniería Biomédica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Semestre/s de impartición</b>	Octavo semestre
<b>Módulo</b>	Optativo
<b>Materia</b>	Señales e imágenes biomédicas
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Código UPM</b>	95000179
<b>Nombre en inglés</b>	Imágenes Biomédicas Avanzadas II

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	4	<b>Curso</b>	4
<b>Curso Académico</b>	2015-16	<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

---

### Asignaturas Superadas

El plan de estudios Grado en Ingeniería Biomédica no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Grado en Ingeniería Biomédica no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

---

### Asignaturas Previas Recomendadas

Señales biomédicas

Imágenes biomédicas

Laboratorio de imágenes biomédicas

Laboratorio de señales biomédicas

Tratamiento digital de imágenes biomédicas

Imágenes biomédicas avanzadas I

## Otros Conocimientos Previos Recomendados

Conocimientos básicos de MATLAB

## Competencias

---

- CE12 - Saber buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biomédicas y bibliográficos.
- CE14 - Comprender los principios de la metodología científica; capacidad para su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería.
- CE42 - Conocer técnicas de muestreo y procesado de señales e imágenes para diversas aplicaciones en relación con la Ingeniería Biomédica.
- CE43 - Capacidad de análisis e interpretación de señales e imágenes biomédicas.
- CG15 - Transmitir la información adquirida, las ideas, los problemas y las soluciones de forma oral y escrita en castellano e inglés.
- CG9 - Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales.

## Resultados de Aprendizaje

---

- RA431 - Identificar las bases de la reconstrucción analítica y la reconstrucción iterativa en imagen tomográfica.
- RA429 - Distinguir entre la formación de sinogramas 2D y sinogramas 3D en PET.
- RA430 - Explicar los mecanismos de formación y reconstrucción de imagen en la tomografía por emisión de positrones.
- RA437 - Extraer formas tridimensionales a partir de imágenes en movimiento.
- RA433 - Conocer las distintas alternativas de adquisición de ecografía tridimensional, sus principales aplicaciones y tendencias de uso.
- RA434 - Aplicar distintos métodos de segmentación basados en reconstrucción morfológica en imágenes biomédicas.
- RA427 - Distinguir las tecnologías de imágenes biomédicas moleculares basadas en tecnologías híbridas, como la PET/CT, PET/SPECT y PET/MRI.
- RA432 - Conocer las distintas técnicas de adquisición de imágenes de ecografía de contraste.
- RA187 - Sensibilización del alumno en el manejo de dos herramientas fundamentales para el curso: 1) el uso de MATLAB (práctica 0) y 2) el FORO (Moodle)
- RA182 - El objetivo de esta materia es proporcionar una formación experimental al alumno en los métodos y técnicas de procesamiento de imágenes médicas?.
- RA428 - Describir las alternativas de diseño y la funcionalidad de los componentes principales en los sistemas de imagen PET tanto para humanos como para animales de laboratorio.
- RA446 - Aplicar las operaciones básicas para implementar funciones avanzadas de procesamiento morfológico en imágenes biomédicas.
- RA436 - Emplear algoritmos de seguimiento de estructuras en imágenes secuenciales.
- RA439 - Diferenciar las situaciones para las que se aplica el registro multimodal o el registro monomodal, así como enumerar las diferencias entre registro basado en intensidad y el registro basado en características.
- RA438 - Conocer las métricas de similitud aplicadas en registro basado en intensidad: información mutua, correlación cruzada, suma de diferencias al cuadrado.
- RA440 - Describir los diferentes métodos de transformación: registro rígido, registro afín, registro no lineal o deformable.

RA441 - Proponer un método de registro adecuado para un problema específico, eligiendo entre las distintas técnicas explicadas en el curso e implementarlo utilizando software especializado.

## Profesorado

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Kontaxakis Antoniadis, Georgios (Coordinador/a)	C 229	g.kontaxakis@upm.es	Concertar cita previa con el profesor
Ledesma Carbayo, Maria Jesus	C 201	mariajesus.ledesma@upm.es	Concertar cita previa con la profesora
Gomez Aguilera, Enrique Javier	B 313	enriquejavier.gomez@upm.es	Concertar cita previa con el profesor

**Nota.-** Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### Personal Investigador en Formación o Similar

Nombre	e-mail	Profesor Responsable
Rodríguez Vila, Borja	borja.rodriguez.vila@upm.es	Gomez Aguilera, Enrique Javier

### Profesorado Externo

Nombre	e-mail	Centro de procedencia
Ortuño Fisac, Juan Enrique	juanen@die.upm.es	CIBER-BBN

## Descripción de la Asignatura

---

Uno de los factores que han contribuido de forma más significativa a la mejora de la atención médica que se ofrece en los actuales servicios de salud es la introducción de técnicas de imágenes biomédicas avanzadas. En este área se pretende diseñar y mejorar sistemas para obtener imágenes del interior del cuerpo de un paciente de forma no invasiva, mediante la medición de la respuesta de este cuerpo a fenómenos físicos, moleculares, metabólicos, o anatómicos. Aunque inicialmente se ha concentrado en el campo en imágenes anatómicas para información de diagnóstico, posteriormente la técnica se ha expandido en aplicaciones terapéuticas y funcionales. Hoy en día estas técnicas se aplican en multitud de disciplinas clínicas, desde el seguimiento gestacional durante el embarazo hasta las intervenciones quirúrgicas más complicadas, los servicios de diagnóstico radiológico avanzados o la optimización de la planificación en radioterapia, las sesiones de radioterapia, etc. Particularmente desde el inicio de los años noventa se han producido enormes avances en técnicas diagnósticas y terapéuticas basadas en tecnologías de imágenes biomédicas. Dichos avances no hubieran tenido lugar sin el desarrollo tecnológico acontecido a lo largo de este tiempo, desarrollo que ha actuado además de catalizador en el proceso.

Estos avances se han basado en el aprovechamiento de ciertos principios físicos ampliamente conocidos desde hace muchas décadas o incluso desde los finales del siglo XIX (rayos X y gamma, resonancia magnética nuclear, etc.), así como en teoremas matemáticos (transformada Radon, transformada Fourier, algoritmo ML-EM, etc.) y otros avances en el campo de ciencias físicas (aceleradores de partículas, etc.) y químicas (agentes de contraste, radioquímica, etc.) para obtener imágenes *in-vivo*, tanto de la anatomía, como de la actividad funcional y metabólica de los elementos orgánicos inspeccionados. Por supuesto, este acontecimiento no hubiera podido ser posible sin el avance decisivo a partir de los años setenta de la instrumentación electrónica y el desarrollo de los sistemas computacionales durante las últimas décadas, decisivas para la realización de la gran cantidad de cálculo que se necesita tanto en el procesamiento de los datos adquiridos como en la formación final de la imagen a partir de estos datos.

El cómo aprovechar los principios físicos conocidos con anterioridad para conseguir el objetivo principal, así como la elección y combinación adecuada de las técnicas necesarias para cada modalidad, constituye una labor enormemente creativa e innovadora. No es de extrañar que en el desarrollo de estas técnicas y sistemas, los ingenieros han tenido un papel fundamental y han estado siempre allí, aportando las competencias multidisciplinares que se necesitan en este proceso creativo. Por supuesto, este trabajo ha estado complementado por físicos y matemáticos y por los facultativos destinatarios de estas modalidades y agentes activos en su consecución y análisis. Gracias precisamente a la presencia de equipos multidisciplinares en los entornos asistenciales, los sistemas de adquisición, procesado y visualización de imágenes biomédicas se han convertido en parte esencial del trabajo clínico rutinario.

Entre las técnicas más conocidas, ya vistas en asignaturas anteriores de este Grado, citamos en primer lugar la tomografía axial computerizada (TAC) de rayos X. Este método, muy utilizado en la práctica clínica, da lugar a un conjunto de imágenes que representan la anatomía del paciente. Los escáneres TAC proporcionan un conjunto de secciones axiales bidimensionales a partir de los cuales se reconstruye la imagen tridimensional. El principio físico de partida está en las diferentes atenuaciones a las que dan lugar los distintos tejidos sometidos a la radiación. La base matemática de la reconstrucción de la imagen TAC a partir de las proyecciones de los rayos X fue propuesta por Radon en 1917. Los ingenieros electrónicos Godfrey Newbold Hounsfield y Allan M. Cormack han obtenido el Nobel en 1979 por el descubrimiento y desarrollo de esta técnica.

Otro procedimiento es el de la imagen por resonancia magnética, más conocido por sus siglas en inglés: MRI (magnetic resonance imaging), que se obtiene mediante la utilización de campos magnéticos y señales de radiofrecuencia y se basa en el principio de la resonancia magnética nuclear descubierto en 1946 en el campo de la química física por Felix Bloch y Edward Mills Purcell que recibieron el Nobel en 1952 por esta aportación. En asignaturas anteriores se ha visto con detalle cómo los escáneres de MRI utilizan radiación no ionizante para producir contraste en tejidos blandos de forma no invasiva.

Las dos modalidades anteriores, junto a otras como la tomografía computerizada por emisión de positrones, también más conocida por sus siglas en inglés: PET (positron emission tomography), constituyen a día de hoy importantes campos abiertos de investigación, aparte de su hoy en día establecida utilidad clínica en casi todos los campos de la medicina. PET es una técnica de imagen no invasiva que permite la visualización *in vivo* de múltiples fenómenos biológicos y bioquímicos, con aplicación no sólo al diagnóstico preciso de diversos trastornos fisiopatológicos, sino también al desarrollo de nuevos fármacos más potentes y eficaces y a la investigación biológica básica. Actualmente, la PET, junto con las nuevas técnicas de MRI funcional y de imagen óptica, se consideran las herramientas de diagnóstico y seguimiento básicas del campo que se denomina

imagen molecular y abre una nueva y amplia perspectiva del futuro para la medicina personalizada.

Sin embargo, hay que considerar que el empleo de estos procedimientos avanzados, que permitan acceder a funcionalidades y estructuras hasta ahora imposibles de visualizar con calidad, está limitado por el elevado coste de los sistemas de adquisición y, en ocasiones, por su gran tamaño. Si a esto se unen una serie de situaciones clínicas en las que resulta imposible obtener imágenes por estos procedimientos, es fácil comprender por qué en un gran número de casos es necesario utilizar otra modalidad de imagen: los ultrasonidos.

Las imágenes obtenidas por ultrasonidos se basan en un conjunto de metodologías capaces de adquirir información cualitativa y cuantitativa válida para el diagnóstico. El principio físico subyacente es la emisión de pulsos de ondas acústicas de alta frecuencia, y en la posterior recepción de sus ecos procedentes de las estructuras internas. Estas técnicas son muy atractivas porque van a permitir obtener secuencias de imágenes en tiempo real, empleando un equipo móvil compacto y a un precio significativamente menor. La naturaleza del tiempo real de los ultrasonidos hace posible que el médico pueda observar el movimiento de estructuras internas en el paciente. Esto ha dado lugar a la gran utilización de ultrasonidos en los campos de ginecología, pediatría y cardiología, entre otros. Los equipos que utilizan técnicas Doppler pueden extraer también información cuantitativa relativa a velocidades, como por ejemplo la del flujo sanguíneo en un vaso de interés. Por otra parte, la ausencia de efectos secundarios debidos a la exposición, la obtención de imágenes en tiempo real, los modos de adquisición cuantitativos, la portabilidad del equipo, así como el coste relativamente bajo hacen que la técnica de los ultrasonidos sea de gran utilización en la actualidad.

En esta asignatura, por tanto, nos centramos en las partes de tecnologías de imágenes biomédicas que no se trataron con suficiente detalle en las asignaturas anteriores: la tomografía por emisión de positrones (PET), junto con la modalidad de tomografía por emisión de fotón único (SPECT - *single photon emission computerized tomography*), así como las técnicas de imágenes por ultrasonidos.

Al finalizar estas sesiones, el alumno debe tener la capacidad de entender las alternativas de diseño y la funcionalidad de los componentes principales en los sistemas de imagen PET tanto para humanos como para animales de laboratorio. También el alumno será capaz de explicar el proceso de la formación de la imagen para estos sistemas, desde la captación de los datos iniciales hasta la reconstrucción de la imagen final, y describir las principales ventajas e inconvenientes de cada una de las técnicas principales de reconstrucción de imagen. Además, el alumno conocerá el estado de arte en el espectro de tecnologías de imágenes biomédicas moleculares basadas en tecnologías híbridas, como la PET/CT que actualmente constituye el estándar en este tipo de imagen tanto a nivel clínico como pre-clínico (investigación traslacional) y PET/MRI que representa una tecnología que aun está en la fase final de su desarrollo tecnológico y en la fase inicial de su validación clínica. Por otra parte, el alumno conocerá las tecnologías más avanzadas en adquisición de ultrasonidos que permiten obtener imágenes de más calidad, así como los mecanismos y métodos que permiten la adquisición de imágenes de ecografía de contraste y ecografía tridimensional. Estos conceptos abundan en los contenidos básicos descritos en la asignatura de Imágenes Biomédicas permitiendo conocer las técnicas que están presentes en los equipos más actuales.

Como conclusión de esta parte de la asignatura, se realizará una visita a un centro de imagen de diagnóstico para conocer sus instalaciones, infraestructura, modo de operación y se interactuará con los profesionales del centro que compartirán con nosotros sus experiencias, consejos y opiniones sobre el futuro laboral y profesional de su área.

A continuación, el enfoque se centrará sobre el procesamiento avanzado de las imágenes biomédicas. En primer lugar, en el marco de esta asignatura se cubrirán aspectos no vistos hasta ahora relacionados con el procesamiento de imágenes en combinación con movimiento y métodos de segmentación basados en procesamiento morfológico avanzado. Cada vez es más común el uso de secuencias de imágenes del mismo entorno en distintos instantes de tiempo. Dos claros ejemplos son el vídeo endoscópico y secuencias de imágenes de microscopía a lo largo del tiempo. Al final de esta sección el alumno conocerá métodos de cálculo del movimiento entre imágenes de distintos instantes de tiempo, métodos de extracción de formas 3D a partir de imágenes en movimiento y algoritmos de seguimiento de estructuras en imágenes secuenciales.

El procesamiento morfológico de imagen es una colección de operaciones no lineales relacionadas con la forma o morfología de características en la imagen, que persigue el objetivo de eliminar imperfecciones en imágenes binarias teniendo en cuenta la forma y estructura de la imagen. Estas técnicas pueden ser extendidas a imágenes de grises. Al final de la unidad didáctica el alumno debe comprender el funcionamiento de los operadores morfológicos básicos (erosión, dilatación, apertura, cierre, *hit-or-miss*, esqueletonización) en imágenes binarias y de escala de grises. Además, debe saber predecir el resultado de su aplicación sobre una imagen, de manera que sepa seleccionar el operador necesario para resolver situaciones concretas.



Por otra parte, la reconstrucción morfológica es parte de un conjunto de operadores de imagen conocidos a menudo como geodésicos. En el caso binario, la reconstrucción simplemente extrae los componentes conectados de una imagen binaria  $I$  (la máscara) que están marcados por la imagen  $J$ , contenida en  $I$ . Esta transformación puede ser extendida al caso de escala de grises, donde resulta ser de extrema utilidad para diversas tareas de análisis de imágenes como filtrado, segmentación y extracción de características. Al final de la unidad didáctica el alumno debe comprender el funcionamiento de la reconstrucción morfológica en imágenes de escala de grises y saber aplicar este operador para la segmentación de imágenes médicas. Las sesiones de esta última parte de la asignatura incluirán una práctica en la que los alumnos utilizarán los conocimientos teóricos adquiridos para hacer alguna tarea de análisis de imágenes.

Por último, durante los últimos años ha quedado evidente que las diversas técnicas de imagen descritas hasta el momento únicamente presentan un aspecto específico (morfología y anatomía, funcionalidad y metabolismo, etc.) y desde ya hace muchos años se ha creado la necesidad de integrar la información desde distintas modalidades en una única imagen. Este proceso se consigue en principio mediante el empleo de técnicas y algoritmos desarrollados para este propósito: para combinar la información de los diferentes estudios es necesario corregir las diferencias de tamaño, posicionamiento, orientación o incluso distorsión espacial entre ellos. Al proceso de establecer la concordancia espacial punto a punto entre las diferentes imágenes, de manera que sea posible la comparación directa entre ellas, se le denomina registro, anglicismo derivado directamente del término inglés: registration. Una vez que se ha realizado este paso, las imágenes se pueden visualizar de manera conjunta integrando los datos de ambas, denominándose a este proceso como "fusión de imágenes".

Al finalizar estas sesiones, el alumno aprenderá los fundamentos teóricos del registro de imágenes y los métodos de registro más utilizados en imagen biomédica, pudiendo distinguir los distintos métodos según el tipo de transformación (registro rígido, afín y deformable) o según cómo se mide de diferencia entre imágenes (registro basado en características, o basado en niveles de gris). Dentro del registro basado en niveles de gris, el alumno comprenderá el concepto de información mutua, de gran importancia en el registro multimodal. Como ejercicio práctico, los estudiantes practicarán con varios métodos de registro integrados en software de imagen médica. Al final de la unidad didáctica el estudiante comprenderá utilidad del registro de imágenes biomédicas y las distintas aplicaciones clínicas en las que este tipo de procesamiento de imágenes facilita el trabajo del profesional sanitario. El alumno también será capaz de evaluar qué algoritmo y tipo de registro de imagen es el más adecuado para cada problema.

La asignatura cerrará con una conferencia invitada de un profesional del sector, quien contará a los alumnos en primera mano su experiencia profesional y las oportunidades laborales en el área de imágenes biomédicas tanto en el área de investigación e innovación como en el área directamente clínica, y una sesión en la cual los alumnos presentarán sus trabajos realizados a lo largo del curso sobre un tema elegido por ellos al principio del curso. Las presentaciones se realizarán en forma de un simulacro de congreso y tendrán el formato de póster.

## Temario

---

1. Introducción a la asignatura y charla inaugural
2. Tecnologías de imágenes biomédicas moleculares: Tomografía por emisión de positrones (PET) y sistemas híbridos
  - 2.1. Estado de arte de la tecnología PET, radiofarmacia y aplicaciones
  - 2.2. Sistemas preclínicos de alta resolución
  - 2.3. Sistemas híbridos PET/CT, PET/SPECT
  - 2.4. Nuevos sistemas PET/MRI: estado de arte de la tecnología
  - 2.5. Procesamiento y corrección de los datos adquiridos, y reconstrucción de imagen tomográfica en PET y los sistemas avanzados
  - 2.6. Práctica en laboratorio de los algoritmos de reconstrucción de imagen en PET

3. Técnicas avanzadas en ecografía:
  - 3.1. Nuevas tecnologías de adquisición.
  - 3.2. El uso de los ecopotenciadores.
  - 3.3. La imagen ecográfica tridimensional.
  - 3.4. La imagen ecográfica en procedimientos quirúrgicos y terapéuticos.
  - 3.5. Ejercicio práctico: manejo y prueba de un sistema de ecografía.
4. Procesamiento de imagen en movimiento
  - 4.1. Flujo óptico
  - 4.2. "Shape from motion" y "shape from shadow"
  - 4.3. Seguimiento de estructuras en imágenes secuenciales: filtro de Kalman
5. Procesamiento avanzado morfológico de imagen
  - 5.1. Operadores morfológicos básicos: erosión, dilatación, apertura, cierre, hit-or-miss, esqueletonización en imágenes binarias
  - 5.2. Operadores morfológicos en imágenes de escala de grises
  - 5.3. Reconstrucción morfológica de imagen binaria
  - 5.4. Reconstrucción morfológica de imagen en escala de grises
  - 5.5. Ejercicio práctico sobre el procesamiento y reconstrucción morfológicos de imágenes biomédicas
6. Registro de imágenes biomédicas.
  - 6.1. Introducción al registro de imagen.
  - 6.2. Espacio de búsqueda. Tipos de transformación: registro rígido, afín y deformable.
  - 6.3. Espacio de características. Registro basado en características vs registro basado en niveles de gris.
  - 6.4. Métricas de similitud y algoritmos de optimización.
  - 6.5. Técnicas de registro no rígido de imágenes biomédicas.
  - 6.6. Ejercicio práctico: diseño y uso de métodos de registro de imágenes biomédicas.
7. Conferencia invitada
8. Presentación de los trabajos finales - sesión "póster"

## Cronograma

**Horas totales:** 37 horas y 30 minutos

**Horas presenciales:** 37 horas y 30 minutos (36.1%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<b>Introducción a la asignatura y charla inaugural.</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 2	<b>Tecnologías de imágenes biomédicas moleculares - Tomografía por emisión de positrones (PET) y sistemas avanzados</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 3	<b>Tecnologías de imágenes biomédicas moleculares: Reconstrucción de imagen en la tomografía por emisión de positrones</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 4		<b>Tecnologías de imágenes biomédicas moleculares: Reconstrucción de imagen en la tomografía por emisión de positrones</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación de los resultados de la práctica</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad presencial
Semana 5	<b>Técnicas avanzadas en ecografía</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 6		<b>Técnicas avanzadas en ecografía</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad presencial
Semana 7				<b>Examen parcial</b> Duración: 02:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial
Semana 8	<b>Procesamiento de imagen en movimiento.</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 9	<b>Procesamiento avanzado morfológico de imagen.</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

Semana 10		<b>Procesamiento avanzado morfológico de imagen.</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad presencial
Semana 11	<b>Registro de imágenes biomédicas</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 12	<b>Registro de imágenes biomédicas</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 13		<b>Ejercicio práctico: métodos de registro de imagen manuales, semiautomáticos y automáticos.</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.</b> Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad presencial
Semana 14	<b>Conferencia Invitada y debate</b> Duración: 02:30 OT: Otras actividades formativas			
Semana 15			<b>Presentación de los trabajos de la asignatura - sesión "póster".</b> Duración: 02:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	<b>Evaluación de los trabajos finales y su presentación.</b> Duración: 00:00 PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Actividad presencial
Semana 16				
Semana 17				<b>Examen Final</b> Duración: 02:30 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación sólo prueba final Actividad presencial <b>Asistencia a clase y participación en los Foros en Moodle a lo largo del curso.</b> Duración: 00:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Actividad no presencial

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Evaluación de los resultados de la práctica	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	9%	5 / 10	CE14, CE42, CE43, CG9
6	Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	12%	5 / 10	
7	Examen parcial	02:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	30%	5 / 10	CE12, CE43, CG15
10	Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	12%	5 / 10	
13	Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	12%	5 / 10	
15	Evaluación de los trabajos finales y su presentación.	00:00	Evaluación continua	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Sí	15%	5 / 10	CE12, CE43, CG9, CG15
17	Examen Final	02:30	Evaluación sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	100%	5 / 10	CE12, CE14, CE42, CE43, CG9, CG15
17	Asistencia a clase y participación en los Foros en Moodle a lo largo del curso.	00:00	Evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	No	10%		CG15

## Criterios de Evaluación

La asignatura se aprobará cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5 puntos sobre un total de 10.

Los alumnos serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. La calificación de la asignatura para estos alumnos se realizará del siguiente modo:

- **10%** del control de asistencia a clase y la participación en los foros, Wikis, y demás elementos participativos del espacio Moodle de la asignatura
- **30%** del examen parcial
- **45%** del trabajo realizado en el laboratorio y las entregas de trabajos en Moodle
- **15%** de la evaluación del trabajo final y su presentación en la sesión de la última semana del curso.

En cumplimiento de la Normativa de Evaluación de la Universidad Politécnica de Madrid los alumnos que lo deseen serán evaluados mediante un único examen final siempre y cuando lo comuniquen al coordinador de la asignatura antes del 30 de abril de 2016. Esta opción supone la renuncia a la evaluación continua. En este caso, la calificación final se obtendrá únicamente de la calificación de una serie de pruebas de tipo "examen final", que consistirá en:

- **40%** de un examen escrito sobre la materia impartida
- **15%** de la evaluación del trabajo final y su presentación en la sesión de la última semana del curso (o, en su caso, en convocatoria extraordinaria, frente al tribunal de evaluación de la asignatura)
- **45%** de las entregas de los trabajos y las prácticas que realizarán los alumnos de la modalidad de evaluación continua, que en este caso deberán entregarse en su totalidad hasta el día anterior al examen escrito.

## Recursos Didácticos

---

Descripción	Tipo	Observaciones
Paul Suetens, "Fundamentals of Medical Imaging". 2nd ed., Cambridge Univ. Press, 2009.	Bibliografía	ISBN:9780521519151
Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing". Pearson Prentice Hall, 2008.	Bibliografía	ISBN 0-13-168728-x
Troy Farncombe, Kris Iniewski, "Medical Imaging: Technology and Applications". CRC Press, 2013.	Bibliografía	Disponible online desde una IP de la UPM: <a href="http://proquest.safaribooksonline.com/book/medicine/9781466582637">http://proquest.safaribooksonline.com/book/medicine/9781466582637</a> ISBN-13: 978-1-4665-8262-0
Espacio Moodle de la asignatura	Recursos web	<a href="https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=6243">https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=6243</a>