

## **Máster en Ingeniería Biomédica 69326 - Tecnologías de radioterapia**

**Guía docente para el curso 2015 - 2016**

**Curso: , Semestre: , Créditos: 3.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Juan Manuel Artacho Terrer** jartacho@unizar.es

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

La comprensión de esta asignatura no exige disponer de conocimientos previos de la materia, por lo que no es requisito haber cursado previamente otras asignaturas del plan de estudios del máster. Aunque algunos contenidos de las asignaturas: Tratamiento de Señales e Imágenes Biomédicas y Tratamiento de Imágenes Médicas y sus Aplicaciones pueden resultar útiles.

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

La asignatura se imparte en cuatrimestre de primavera. Entre las principales actividades previstas se encuentran:

- La exposición de los contenidos teóricos mediante la utilización de técnicas de aprendizaje basado en proyectos.
- El planteamiento y resolución de casos prácticos, mediante la realización de sesiones prácticas en el laboratorio.
- La realización de trabajos prácticos tutorizados relacionados con los contenidos de la asignatura.
- Charla sobre “radiaciones ionizantes en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades” impartida por un especialista en radiofísica hospitalaria.
- Visita a las instalaciones de radioterapia del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza.

Las fechas de inicio y fin de las clases, así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio y las pruebas de evaluación global serán las fijadas por la Escuela de Ingeniería y Arquitectura y publicadas en la página web del máster (<http://www.masterib.es>). Las fechas de entrega y seguimiento de los trabajos prácticos tutorizados, así como las fechas de la charla y la visita al Clínico se darán a conocer con la debida antelación en la web de la asignatura del anillo digital docente.

---

### **Inicio**

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:**  
RA1- Conocer los principios y fundamentos básicos de la radioterapia, así como los efectos biológicos de la radiación ionizante.
- 2:**  
RA2-. Conoce las diferentes modalidades de radioterapia y comprende bien el significado físico de las especificaciones prescritas de dosis por el especialista médico en un tratamiento de cáncer.
- 3:**  
RA3-. Es capaz de formular el problema de planificación de radioterapia en términos matemáticos e imponer ciertas restricciones sobre el mismo, haciendo uso para su resolución modelos de radiación y de técnicas adecuadas de optimización.
- 4:**  
RA4-. Conoce los principales equipos emisores de radiación utilizados en los procesos de administración de la dosis, así como las recientes técnicas avanzadas de radioterapia..
- 5:**  
RA5-. Adquiere el conocimiento práctico en el laboratorio, y es capaz de planificar un tratamiento sencillo de cáncer con radioterapia en algún caso real, sabiendo aplicar los conocimientos adquiridos.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Esta asignatura optativa forma parte de la materia Tecnologías Horizontales, y por tanto, puede interesar a estudiantes de las dos especialidades Biomecánica y Biomateriales Avanzados, y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Esta asignatura pretende proporcionar al estudiante una visión general de los principios básicos y técnicas utilizadas en radioterapia para el tratamiento del cáncer. Pretende asimismo contribuir en la formación general y capacidad investigadora del estudiante, con el ánimo de permitir extrapolar el conocimiento adquirido en esta asignatura a otras disciplinas biomédicas que involucren la planificación de tratamientos.

La asignatura consta de 3 créditos ECTS (equivalentes a 75 horas de trabajo del alumno). En primer lugar se revisan los fundamentos y conceptos básicos de la radioterapia (0,6 ECTS), para a continuación desarrollar modelos de radiación (0,6 ECTS) que permitan describir adecuadamente el comportamiento de la radiación en el interior del paciente. Con todo ello, se plantea el problema de planificación de tratamientos y se presentan las técnicas para su resolución (0,9 ECTS). Como paso final, se abordan los procesos de administración de los tratamientos sobre el paciente y las nuevas tendencias en radioterapia (0,9 ECTS) destacando aquellos factores que afectan a la calidad de los tratamientos.

---

## Contexto y competencias

---

## Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo global de la asignatura es que el estudiante adquiera la capacidad para formular y resolver problemas que faciliten el tratamiento de enfermedades, mediante la planificación previa de los mismos. En particular la asignatura se centra en la aplicación de radioterapia en el tratamiento del Cáncer, planteando un conjunto de técnicas para su resolución como paso previo necesario a la administración de los tratamientos sobre el paciente. A este respecto es indicado señalar que la filosofía seguida en el planteamiento de la asignatura, facilita la generalización de las técnicas propuestas a otros ámbitos y aplicaciones médicas.

## Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura Tecnologías en Radioterapia es una asignatura optativa enmarcada dentro de las Tecnologías Horizontales, que permite complementar la formación de las dos especialidades del máster.

El contexto en que se enmarca la asignatura es el de un Máster Multidisciplinar, por ello resulta de gran importancia conocer no sólo las herramientas que ayudan al diagnóstico y prevención médica, sino también de aquellas herramientas y técnicas que faciliten el tratamiento de enfermedades. Hoy en día el cáncer es una de las principales enfermedades de nuestra sociedad debido a su gran incidencia actual. En ese contexto, la radioterapia es una de las técnicas mayoritariamente usadas para combatir el Cáncer (casi en un 70% de los casos recibe tratamientos con radioterapia). El estudio de todas aquellas técnicas que mejoren los resultados clínicos de los tratamientos con radioterapia y favorezcan su operatividad resulta fundamental.

## Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:** 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 (CB. 6)
- 2:** 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 (CB.7)
- 3:** Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimiento y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios (CB.8)
- 4:** 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 (CB.9)
- 5:** 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 (CB.10)
- 6:** Poseer las aptitudes, destrezas y método necesarios para la realización de un trabajo de investigación y/o desarrollo de tipo multidisciplinar en cualquier área de la Ingeniería Biomédica (CG.1)
- 7:** Ser capaz de usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la resolución de problemas del ámbito biomédico y biológico (CG.2)
- 8:** Ser capaz de comprender y evaluar críticamente publicaciones científicas en el ámbito de la Ingeniería Biomédica (CG.3)
- 9:** Ser capaz de aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (CG.4)
- 10:** Ser capaz de gestionar y utilizar bibliografía, documentación, legislación, bases de datos, software y hardware específicos de la ingeniería biomédica (CG.5)
- 11:** Ser capaz de analizar, diseñar y evaluar soluciones a problemas del ámbito biomédico mediante conocimientos y tecnologías avanzadas de biomecánica, biomateriales e ingeniería de tejidos (CO.3)

## Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

El desarrollo y evolución de la medicina actual exige la multidisciplinariedad de los equipos de investigación, siendo muy

recomendable y necesaria la colaboración conjunta entre otros profesionales de médicos, ingenieros biomédicos, físicos y matemáticos, al objeto de abordar los problemas actuales de nuestra sociedad en el entorno médico.

Las capacidades concretas adquiridas en esta asignatura pueden resultar de gran utilidad en otros ámbitos de la investigación biomédica, entre estas figuran:

- Desarrollar modelos que permitan formular el problema de la planificación del tratamiento en términos matemáticos, relacionando la dosis de radiación recibida por el paciente y la intensidad suministrada por un haz de radiación.
- Adquirir el conocimiento práctico, mediante la aplicación de los procedimientos desarrollados al objeto de realizar planificaciones de radioterapia en distintos casos de pacientes con cáncer.
- Extrapolar el conocimiento propio de esta materia a otras aplicaciones biomédicas que requieran la planificación de otros tratamientos.

---

## Evaluación

---

### Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**

**AE1. Examen final de asignatura sobre contenidos y cuestiones.** En cada convocatoria se realizará un examen global de la asignatura que tiene por objeto valorar la adquisición y comprensión de los conocimientos, así como la capacidad para aplicarlo sobre casos prácticos. Este examen consta de dos bloques

- Examen de tipo test con opción múltiple y penalización por fallos
- Examen de cuestiones (de respuesta abierta) donde el profesor planteará algún caso práctico por resolver y se valorará la madurez adquirida por el estudiante, de acuerdo al tipo de solución aportada para su resolución.

La calificación de estas pruebas representará el 30% de la nota final de la asignatura. El alumno ha de obtener una puntuación mínima total de 4.5 puntos sobre 10 en el examen final.

**2:**

**AE2. Evaluación continua y contenidos de las prácticas.** Se valorarán los resultados, la implicación y la actitud en las tareas de tipo participativo planteadas en horario presencial, suponiendo el 30% de la nota final. La evaluación de las prácticas se realizará también a través de los informes presentados en las mismas, así como del trabajo realizado en el laboratorio

**3:**

**AE3. Trabajo de la asignatura y presentación del mismo.** Se realizará un trabajo de libre elección, que deberá contar con la aprobación previa del profesor, basado tanto en la búsqueda y recopilación previa de información como en la elaboración de la misma de cara a plantear nuevas alternativas que puedan ser útiles en radioterapia. Opcionalmente, este trabajo podrá sustituirse por la elaboración de trabajos sobre el contenido de artículos científicos de reconocida valía en el campo objeto de interés. (40% de la nota final).

**4:**

**Criterios de evaluación:**

La consecución de los resultados de aprendizaje por parte del estudiante se valorará conforme a los siguientes criterios:

Examen final de asignatura. En las preguntas de opción múltiple se valorará la corrección de la respuesta. Mientras que en las cuestiones se valorará principalmente el planteamiento de los mismos y el tipo de

solución adoptada para resolver los problemas planteados.

Evaluación continua: Se valorarán las contribuciones realizadas tanto en las clases presenciales como no presenciales, valorando la capacidad de análisis para plantear y resolver un nuevo problema, así como el uso de argumentos de tipo científico debidamente justificados.

Trabajo de la asignatura: Se valorará la implicación e interés del estudiante, la adecuada búsqueda bibliográfica y el proceso de selección de información, así como la labor de síntesis para concretar el trabajo. Por último se valorará también la capacidad crítica de los trabajos, mediante el uso de argumentos adecuados.

Trabajo relativo a prácticas. Se valorará la capacidad para establecer conclusiones, la comprensión de los contenidos y la madurez en la interpretación correcta de los resultados.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

#### El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

La asignatura se presenta con un marcado enfoque práctico, desde un principio se plantea mediante la utilización de estrategias del Aprendizaje Basado en Problemas (PBL). De modo que en todo momento se plantea a los estudiantes la problemática existente, y en base a ella se buscan soluciones. En las clases de aula se exponen los contenidos fundamentales de la asignatura y se presentan las diferentes técnicas que intervienen en los procesos de radioterapia. Mientras que las sesiones prácticas de laboratorio se invierten en el análisis de la problemática y resolución de diferentes tipos y casos reales de cáncer mediante simulación, aplicando las técnicas presentadas en los contenidos teóricos. Adicionalmente, para adquirir una visión práctica y acercar al alumno a la problemática real, se realiza una visita al servicio de radioterapia de un centro clínico que cuenta con equipamiento de alta tecnología.

La estructura de la asignatura se basa en la realización de las siguientes actividades presenciales: Clase magistral participativa (A01), Resolución de problemas y casos (A02), Prácticas de Laboratorio (A03) y Prácticas especiales (A04) en las que se realiza la visita a un centro clínico.

La planificación de horas es la siguiente:

- A01 + A02 (clases en aula) = 17 horas
- A03 + A04 (prácticas de laboratorio más visita) = 9 horas.

Al resto de actividades (incluidos trabajos tutorados, evaluaciones, entregables, y estudio personal) le corresponden 49 horas.

Con objeto de que los alumnos alcancen los resultados de aprendizaje descritos anteriormente y adquieran las competencias diseñadas para esta asignatura, se proponen las siguientes actividades formativas:

- **A01 Clase magistral participativa (14 horas)**- Sesiones de aula que incluyen la exposición por parte del profesor de los principales contenidos de la asignatura. A lo largo de estas sesiones el profesor expone los contenidos, y el objetivo o problema a resolver, abriendo un breve turno de participación entre los estudiantes, generando un espacio para el debate y reflexión.
- **A02 Resolución de problemas y casos (3 horas)** - En este tipo de sesiones se aborda el planteamiento y resolución de distintos problemas y casos.
- **A03 Prácticas de Laboratorio (6 horas)** -. Sesiones presenciales de laboratorio, que tienen por objeto la aplicación de las técnicas vistas en las sesiones de aula. En estas sesiones se analizarán diversos casos reales y tipos de cáncer, al objeto de obtener distintas soluciones para los tratamientos con radioterapia. El objeto de las mismas es hacer partícipe del

apredizaje al estudiante (Aprendizaje basado en Problemas).

- **A04 Prácticas especiales** (3 horas) -. Se realiza una visita al servicio de radioterapia del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa que cuenta con equipamiento de alta tecnología. Esta visita es fundamental para la formación del estudiante, ya que le proporciona una visión práctica en la aplicación de los avances en la investigación.
- **A05 Realización de trabajos prácticos de aplicación o investigación.** Se facilita al estudiante un conjunto de trabajos entre los que elegir para su elaboración, alternativamente el propio estudiante puede proponer algún trabajo relacionado con la temática de la asignatura (previa aprobación del profesor). La realización de estos trabajos pretende fomentar tanto el espíritu crítico del estudiante como el espíritu investigador, mediante la exposición de argumentos fundamentados y el establecimiento de conclusiones.
- **A06 Seminario sobre “Radiaciones ionizantes en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades”**, impartido por un especialista en radiofísica hospitalaria que tiene amplia y reconocida experiencia en las áreas de radioterapia, medicina nuclear, radiodiagnóstico y protección radiológica.
- **A07 Visita a las instalaciones del servicio de radioterapia** del hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza.
- **A08 Tutoría.** Horario de atención personalizada al alumno con el objetivo de revisar y discutir los materiales y temas presentados en las clases tanto teóricas como prácticas.
- **A09 Evaluación.** Conjunto de pruebas escritas teórico-prácticas y presentación de informes o trabajos utilizados en la evaluación del progreso del estudiante. El detalle se encuentra en la sección correspondiente a las actividades de evaluación.

## **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

Los contenidos básicos de la asignatura son: fundamentos de radioterapia, modelos de radiación y técnicas asociadas a los procesos de planificación y administración de radioterapia, y se organizan en las siguientes unidades temáticas:

- Unidad 1. Introducción y conceptos generales sobre radioterapia: Tipos de radiaciones ionizantes, aplicaciones clínicas, radioterapia convencional y radioterapia de Intensidad Modulada, estado del arte, evolución actual y futura.
- Unidad 2. Modelos de radiación: Estudio de la trayectoria de rayos, sistemas coordenados, modelos de radiación primaria y de Pencil Beam, implementación y desarrollo de los modelos.
- Unidad 3. Planificación de radioterapia: Planteamiento matemático del problema, problemas inherentes a los procesos de planificación, histogramas dosis volumen, prescripciones de dosis, métodos de optimización multivariable, ejemplos de aplicación.
- Unidad 4. Procesos de Administración de la dosis: Sistemas comerciales, tecnología de colimadores multiláminas, algoritmos de descomposición MLC, unidades de monitor y número de segmentos. Planteamientos basados en la Optimización Directa de Aperturas. Dosimetría, ejemplos de aplicación sobre diversos tipos de cáncer.

**2:**

En cuanto al contenido de las prácticas de Laboratorio es el siguiente:

- Práctica 1. Modelos de radiación: tratamiento de volúmenes geométricos y parámetros.
- Práctica 2. Planificación de radioterapia IMRT sobre distintos casos y tipos de Cáncer.
- Práctica 3. Procesos de administración de la dosis: consideraciones y aplicación práctica.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

El calendario de la asignatura, tanto de las sesiones presenciales en el aula como de las sesiones de laboratorio, estará determinado por el calendario académico que el centro establezca para el curso correspondiente. El calendario de presentación de trabajos se anunciará convenientemente al inicio de la asignatura.

## **Bibliografía**

### **Bibliografía y Recursos**

Sitio web de la asignatura accesible a través de la plataforma virtual "Moodle" de la Universidad de Zaragoza, donde estará accesible todo el material elaborado para el desarrollo de la asignatura.

Referencias bibliográficas, entre otras pueden resultar de utilidad:

- Holder, B. Salter, "A Tutorial on Radiation Oncology and Optimization", Tutorials on Emerging Methodologies and Applications in Operations Research, H. Greenberg, 2004.
- "The modern technology of Radiation Oncology". Vol. I y II, J. Van Dyk et al., Medical Physics Publishing, 2005.
- "A practical guide to Intensity-Modulated Radiation Therapy", C. Ling et al., Medical Physics Publishing, 2003.
- R. Palta, T. Rockwell, "Intensity Modulated Radiation Therapy - The State of the Art", Medical Physics Publishing, 2003.
- Otto, Karl, "Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc", Medical Physics, vol. 35, pp. 310-317, 2008.

### **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**