

# Máster Universitario en Física y Tecnologías Físicas

Universidad de Zaragoza



**Modificación de la memoria de verificación**

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO

### 1.1 Datos básicos

**Denominación del título:** Máster Universitario en Física y Tecnologías Física por la Universidad de Zaragoza

**Rama de conocimiento:** Ciencias

**Códigos ISCED:** 44 Ciencias Físicas

### 1.2 Distribución de Créditos en el Título

**Números de créditos del título:** 60 ECTS

**Créditos obligatorios:** 10 ECTS

**Créditos optativos:** 30 ECTS

**Trabajo fin de máster:** 20 ECTS

### 1.3 Datos asociados al Centro

**Tipo de enseñanza:** Presencial

**Plazas de nuevo ingreso ofertadas:** 30

**Lenguas utilizadas:** Español e Inglés

### Normativa de matrícula

La normativa de matrícula está de acuerdo con lo dispuesto en el *Reglamento de permanencia en títulos oficiales adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior en la Universidad de Zaragoza aprobado por el Consejo Social, de 8 de julio de 2010*, ([http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-10\\_001.pdf](http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-10_001.pdf)). Los artículos más importantes relacionados con la titulación propuesta son los siguientes:

#### *Artículo 3. Modalidades en la condición de estudiante*

- 1. Atendiendo a la dedicación que un estudiante pueda tener en el progreso y desarrollo de la titulación en la que se matricule, será considerado como estudiante a tiempo completo o a tiempo parcial.*
- 2. La condición de estudiante a tiempo parcial se adquiere, previa solicitud del interesado al Decano o Director del centro, mediante reconocimiento por parte de una comisión formada por el Decano o Director del centro, o persona en quien delegue, el coordinador de la titulación en la que se matricule el estudiante y el delegado de los estudiantes del centro, que estudiará la documentación presentada y resolverá motivadamente. En dicho reconocimiento se atenderán circunstancias de carácter laboral, familiar y personal.*

#### *Artículo 4. Estudiante a tiempo completo*

- 1. El estudiante a tiempo completo deberá matricularse de sesenta créditos la primera vez que lo haga en una titulación. En los siguientes cursos se deberá matricular de al menos cuarenta y dos créditos.*
- 2. En los estudios que ofrezcan una estructura diferente a la anual se aplicará la proporción correspondiente.*
- 3. El mínimo anterior no será exigible cuando el número de créditos necesarios para finalizar sus estudios sea inferior a cuarenta y dos.*

#### *Artículo 5. Estudiante a tiempo parcial*

- 1. El estudiante a tiempo parcial deberá matricularse en no menos de treinta créditos la primera vez que lo haga en una titulación.*

2. *El estudiante a tiempo parcial no podrá matricularse en más de cuarenta y dos créditos por curso académico.*

#### Artículo 6. Cambio en la modalidad de matrícula

1. *El cambio de la condición a tiempo completo o tiempo parcial deberá solicitarse en el momento de realizar la matrícula.*
2. *Con carácter excepcional el Decano o Director del Centro podrá autorizar el cambio durante el curso académico, fuera del período de matrícula.*

#### Artículo 7. Matrícula máxima

1. *La matrícula máxima podrá variar de acuerdo con las previsiones de cada titulación en sus Memorias, pero no superará los noventa créditos ECTS. Se exceptúan los estudiantes que simultaneen estudios o que demuestren su especial rendimiento a juicio de la Comisión de Permanencia.*
2. *El límite será de sesenta créditos para aquellos casos en los que el alumno se matricule en treinta créditos o más en segunda o sucesivas matrículas.*

### Normativa de permanencia

La normativa de permanencia está de acuerdo con lo dispuesto en el *Reglamento de permanencia en títulos oficiales adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior en la Universidad de Zaragoza aprobado por el Consejo Social, de 8 de julio de 2010*, ([http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-10\\_001.pdf](http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-10_001.pdf)). Los artículos más importantes relacionados con la titulación propuesta son los siguientes:

#### Artículo 8. Evaluación continua y convocatorias

1. *En el marco del Espacio Europeo de Educación Superior, la Universidad de Zaragoza apoya el establecimiento de sistemas de evaluación continua, entendida como un conjunto de pruebas, informes, trabajos o controles sistemáticos realizados durante el periodo de docencia, utilizados parcial o totalmente para la evaluación del alumno.*
2. *Con independencia de los procedimientos de evaluación continua utilizados en las diferentes asignaturas, la Universidad garantizará al estudiante un mínimo de dos convocatorias para la calificación de una determinada asignatura por cada curso académico. La Universidad establecerá las fechas en las que se calificarán ambas convocatorias que, en todo caso, deberán establecerse al final del semestre en el que se haya impartido la asignatura correspondiente y antes del comienzo del siguiente semestre.*
3. *El estudiante dispondrá de un máximo de seis convocatorias para la evaluación final de cada asignatura. A estos efectos, se contabilizarán todas las convocatorias en las que se matricule el estudiante, aunque no se someta a los procedimientos de evaluación continua establecidos; en el primer curso solo contará una convocatoria, salvo que se haya presentado a las dos.*

#### Artículo 9. Permanencia en el primer y segundo cursos

1. *Los estudiantes matriculados por primera vez en cualquier titulación deberán superar como mínimo nueve créditos para tener derecho a continuar cursándola en esta Universidad.*
2. *En el caso de no superar ese mínimo, y siempre que el estudiante acredite la existencia de causa justificada, podrá matricularse una sola vez más en el mismo centro y titulación, previa autorización de la Comisión de Permanencia.*
3. *Para poder continuar estudios en un grado los estudiantes tendrán que superar un mínimo de treinta créditos en los dos primeros cursos académicos.*

#### Artículo 12. Matrícula de continuación de los estudiantes de máster a tiempo completo

1. *Los estudiantes de máster a tiempo completo deberán superar un mínimo de dieciocho créditos en cada curso académico. Este mínimo no será exigible a los estudiantes a los que les queden menos de dieciocho créditos para terminar sus estudios.*
2. *En los estudios de máster, el estudiante dispondrá para desarrollarlos del doble del número de cursos que tenga la titulación. En caso de interrupción de estudios, el tiempo en que no haya estado matriculado no se contará estos efectos.*

#### Artículo 13. Matrícula de continuación de los estudiantes de máster a tiempo parcial

1. Los estudiantes de máster a tiempo parcial deberán superar un mínimo de seis créditos en cada curso académico. Este mínimo no será exigible a los estudiantes a los que les queden menos de seis créditos para terminar sus estudios.
2. En los estudios de máster, el estudiante a tiempo parcial dispondrá para desarrollarlos del triple del número de cursos que tenga la titulación. En caso de interrupción de estudios, el tiempo en que no haya estado matriculado no se contará a estos efectos.

#### Artículo 14. Incumplimiento de las normas de permanencia

1. El incumplimiento de los requisitos indicados en los apartados anteriores impedirá al estudiante continuar en esa titulación en la Universidad de Zaragoza.
2. Si con posterioridad iniciara estudios en otra titulación de la Universidad de Zaragoza, serán de aplicación las mismas normas de permanencia sin que se tengan en cuenta las posibles convalidaciones o reconocimientos a estos efectos.
3. Se exceptúan del cumplimiento de las normas anteriores a aquellos estudiantes que se encuentran en situaciones excepcionales debidamente acreditadas, durante el tiempo que duren las mismas y siempre que puedan ser valoradas con objetividad. A estos efectos el interesado elevará su petición al responsable institucional de la titulación quien decidirá por resolución motivada que comunicará a la Comisión de Permanencia.
4. Así mismo, se exceptúan del cumplimiento de las normas anteriores a aquellos estudiantes a los cuales les falte el quince por ciento o menos de créditos para obtener la titulación.
5. En casos excepcionales, el Rector, a propuesta del Decano o Director del Centro, y con el informe de la Comisión de Permanencia podrá conceder, por una sola vez, dos convocatorias a los estudiantes que no hayan cumplido las normas de permanencia anteriores, permitiendo su matrícula siempre y cuando demuestren que han concurrido circunstancias especiales que les hayan impedido la dedicación suficiente a los estudios. En dicha concesión se podrá exigir al estudiante su inclusión en un régimen de dedicación a tiempo parcial.

#### Artículo 15. Cómputo de convocatorias vinculado a la tasa de éxito académico

1. A los efectos del cómputo de permanencia en la Universidad, no se contabilizarán las convocatorias en aquellas asignaturas cuyo porcentaje de éxito en los tres últimos años sea inferior al cuarenta por ciento o el cuarenta y cinco por ciento en el curso anterior. La tasa de éxito se define como la relación porcentual entre el número total de créditos superados por los alumnos en un estudio y el número total de créditos presentados a examen.
2. Aquellas asignaturas que se encuentren en la situación recogida en el párrafo anterior, serán objeto de revisión por la Comisión de Garantía de Calidad de la Titulación.

#### Artículo 16. Estudiantes con discapacidad

La Universidad promoverá la efectiva adecuación de las normas de permanencia a las necesidades de los estudiantes con discapacidad, mediante la valoración de cada caso concreto.

#### Artículo 17. Incorporación de estudiantes de otras Universidades

1. Los estudiantes obligados a abandonar los estudios en otras Universidades por aplicación de su respectivo régimen de permanencia, no podrán iniciar ni proseguir estudios que conduzcan a las mismas competencias profesionales en la Universidad de Zaragoza.
2. Los estudiantes que procedan de otras Universidades serán sometidos al reglamento de permanencia vigente en la Universidad de Zaragoza, computándose por equivalencia su historial académico universitario previo, siempre que los estudios conduzcan a las mismas competencias, a efectos de permanencia en esta Universidad.

#### Artículo 18. Anulación de matrícula

1. La Universidad procederá a anular la matrícula en todas las asignaturas de un mismo estudio si se advirtiera que no se han satisfecho la totalidad de los precios públicos en el plazo establecido. Asimismo, procederá a anular total o parcialmente la matrícula de los estudiantes que no cumplan los requisitos establecidos. En todo caso se concederá al interesado un plazo de diez días hábiles para que pueda subsanar las faltas advertidas.
2. Se podrá solicitar la anulación total de matrícula mediante petición razonada dirigida al Decano o Director del centro correspondiente. La solicitud deberá realizarse en los siguientes plazos:
  - a) Antes del 20 de diciembre, si todas las asignaturas, anuales o semestrales y de la misma titulación, tienen su primera convocatoria en el mes de junio.
  - b) Antes del 15 de noviembre, si alguna de las asignaturas tiene la primera convocatoria en el mes de febrero.La resolución de la petición de anulación de matrícula corresponde al Decano o Directo del Centro, y podrá ser recurrida ante el Rector.  
La anulación supondrá la pérdida de los efectos académicos de la matrícula inicial. Para el caso de estudiantes de nuevo ingreso a la Universidad de Zaragoza la anulación total de la matrícula originará que no proceda la reserva de plaza para años posteriores.

*Los precios públicos correspondientes a la matrícula anulada se devolverán únicamente cuando la solicitud de anulación proceda de alguna causa ajena a la voluntad del estudiante o cuando la solicitud de anulación se realice dentro del mes siguiente a la matriculación. No se devolverá el importe correspondiente a gastos fijos, apertura de expediente y seguro escolar, excepto al estudiante que solicite la anulación de matrícula en una enseñanza por haber sido admitido en otro estudio universitario de la Universidad de Zaragoza.*

#### Artículo 19. Comisión de Permanencia. Composición

*Se creará una Comisión de Permanencia de la Universidad de Zaragoza cuya composición será la siguiente:*

- a) Rector o vicerrector en quien delegue, que actuará como presidente.*
- b) Presidente del Consejo Social o persona en quien delegue.*
- c) Un estudiante representante del Consejo de Gobierno en el Consejo Social o estudiante del Consejo de Gobierno en quien delegue.*
- d) Vicegerente de asuntos académicos que actuará como secretario.*

#### Artículo 20. Competencias de la Comisión de Permanencia

*Serán competencias de la Comisión de Permanencia:*

- a) Resolver las reclamaciones de solicitudes de continuación de estudios y las de reingreso en una titulación, que no hayan sido satisfechas en primera instancia en su centro correspondiente.*
- b) Confeccionar anualmente el informe de seguimiento de la aplicación del presente reglamento para su presentación ante el Consejo de Gobierno y el Consejo Social.*
- c) Resolver las cuestiones de interpretación que los órganos decisores planteen sobre el presente reglamento en su aplicación al caso concreto.*
- d) Cualquier otra que le sea encomendada por el Consejo de Gobierno o por el Consejo Social.*

#### Artículo 21. Recursos

*Contra las resoluciones de la Comisión de Permanencia, el estudiante implicado podrá interponer recurso de alzada ante el Rector de la Universidad, en el plazo de un mes contado a partir del día siguiente al de la recepción de la notificación.*

## 2. JUSTIFICACIÓN

Como consecuencia del Acuerdo de 13 de diciembre de 2012, del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza, de reordenación de la oferta de másteres de la Universidad de Zaragoza es necesario realizar la tramitación de modificación de las memorias de másteres indicados en el artículo 3 de dicho acuerdo. El Máster Universitario en Física y Tecnologías Físicas de la Universidad de Zaragoza se encuentra entre ellos.

<http://www.unizar.es/sg/doc/5.3.AcuerdomasteresCG1.pdf>

Por lo que esta memoria presenta la **propuesta de modificación del Máster Universitario en Física y Tecnologías Físicas de la Universidad de Zaragoza** para ser adaptado a las directrices recogidas en el Acuerdo de 14 de junio de 2011, del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza, por el que se aprueban los criterios generales y el procedimiento para la reordenación de los títulos de máster universitario, [http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ07-11\\_001.pdf](http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ07-11_001.pdf). Estas directrices están motivadas en parte para guiar la adaptación de los másteres universitarios al nuevo perfil de alumnos que en su mayoría serán egresados de titulaciones de grado en lugar de proceder de titulaciones de licenciatura.

Para poder realizar estas modificaciones, la Comisión de Estudios Oficiales de Postgrado de la Universidad de Zaragoza recomienda partir de la memoria verificada elaborando una nueva versión indicando las modificaciones de una manera clara (con control de cambios o similar) siguiendo las indicaciones de la "Guía de apoyo para la elaboración de verificación de títulos universitarios" elaborada por la ANECA.

Dado que sólo se dispone de la memoria verificada del máster por el procedimiento abreviado y teniendo en cuenta que la modificación afecta sustancialmente a la planificación de las enseñanzas (estructura y distribución de créditos), se ha optado por redactar íntegramente la memoria de verificación sin indicar los cambios sobre el texto. No obstante, se incluye un anexo donde se resumen las principales modificaciones con respecto al vigente Máster Universitario de Física y Tecnologías Físicas.

## 2.1 Justificación, adecuación de la propuesta y procedimientos

La Física es una rama fundamental de la Ciencia que desempeña un papel imprescindible para la comprensión de los fenómenos naturales y el desarrollo de la tecnología. El Máster en Física y Tecnologías Físicas pretende proporcionar una formación tanto académica como profesional avanzada y rigurosa, que se adapte a las necesidades de la sociedad en diversos ámbitos de las Ciencias y de las Tecnologías Físicas.

Sus objetivos fundamentales son dos:

1. Formar investigadores con capacidad para incorporarse a equipos de investigación competitivos, desarrollar su propia actividad investigadora, e impartir docencia superior.
2. Formar profesionales con alto grado de formación científica y técnica, capaces de contribuir a las aplicaciones de la Física en la industria, la tecnología y otras ciencias, y con posibilidades de incorporarse en empresas de innovación tecnológica.

El Máster en Física y Tecnologías Físicas pretende aportar a los estudiantes la capacidad de resolver problemas en entornos nuevos, integrar conocimientos, formular teorías a partir de enunciados observacionales y ser capaz de trabajar tanto de forma autónoma como colaborativa. En este máster se adquirirá el dominio de las habilidades y destrezas de investigación propias del campo de la Física elegido por el alumno, la capacidad de concebir, diseñar y llevar a cabo un proceso de investigación y, por último, comunicar dichos conocimientos a la comunidad científica y la sociedad en general.

El máster está dirigido no sólo a aquellos graduados o licenciados que quieren especializarse en una determinada área de la Física, sino también, y muy especialmente, a los profesionales en ejercicio que requieran una actualización o complemento de su formación.

### *Orientación del máster*

El máster es de carácter **académico**, lo que capacitará a los alumnos que lo deseen para proseguir con su formación de doctorado, en el programa de Doctorado en Física. El estudiante podrá orientar su formación hacia diferentes ámbitos de la física y de las tecnologías físicas aplicadas, especializarse en alguna de las ramas de mayor impacto económico de la física industrial, o dedicarse a la investigación en física y sus tecnologías asociadas.

Se pretende conjugar la necesidad de formar tanto futuros investigadores como tecnólogos en estos ámbitos. Para ello se ha propuesto un módulo de obligatoriedad que cubre aspectos comunes de la Física, ya sea ésta industrial o científica (10 ECTS). Se ha diseñado un optatividad modular que satisface la demanda formativa de unos y otros con una oferta racional y sostenible de asignaturas optativas (15 asignaturas de 5 ECTS cada una). Se ofrece la posibilidad de realizar prácticas externas y reconocer créditos optativos por ellas, lo cual supone un complemento formativo de extraordinario valor, especialmente para los tecnólogos.

En cuanto al Trabajo fin de máster (TFM), éste supone un 30% de la dedicación del alumno al máster, lo que le permitirá adquirir una alta especialización en alguna de las líneas de trabajo relacionadas con los ámbitos anteriores, gracias a la supervisión de profesores integrantes de los grupos de investigación participantes en el plan de estudios.

### *Antecedentes históricos*

Los departamentos de Física de la Facultad de Ciencias han ofrecido desde su constitución y de manera ininterrumpida un programa de Doctorado en Física. Desde el curso 2006-07 se viene impartiendo el Máster en Física y Tecnologías Físicas integrado inicialmente en el Programa Oficial de Posgrado en Física. Este programa de doctorado ha obtenido la Mención de Calidad del MEC por su excelencia en la formación de investigadores desde que se creó esta acreditación, es decir, durante los cursos 2003-04, 2004-05 y 2005-06 (MCD2003-00463), y 2006-07, 2007-08 y 2008-09 (MCD 2006/00384) y hasta su extinción en 2010. En la primera convocatoria para programas de doctorado de año 2011 ha obtenido la Mención hacia la Excelencia (MEE2011-0126). Este reconocimiento ha producido un incremento de estudiantes extranjeros y de otras universidades españolas, atraídos por la posibilidad de conseguir becas de Personal Investigador en Formación en las que la Mención de Calidad es un mérito.

### ***Relación de la propuesta con el entorno***

Las habilidades que se pretende adquiriera el alumno, descritas anteriormente, se corresponden con los objetivos para la armonización del Espacio Europeo de Educación Superior, con lo que nuestra propuesta de titulación se encuadra plenamente en el contexto internacional. El programa de formación cubre aspectos importantes de las diversas líneas estratégicas (nanociencia y nanotecnología, tecnologías electrónicas y de las comunicaciones, fotónica, nuevos materiales, física de partículas, energías renovables, etc.) contempladas por el vigente Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016 y el Programa Marco Europeo Horizonte 2020.

Este máster se inscribe dentro del Objetivo 5 del Plan Estratégico de la Universidad: “Adecuar la oferta de las acciones formativas a las necesidades del entorno”, y más concretamente en la estrategia 5.2 y línea 5.2.6: “Armonizar la oferta académica de acuerdo a la política europea de educación superior.” Además permite la formación de investigadores de calidad y por su carácter mixto da la posibilidad de orientar la formación del alumno a los aspectos de tipo profesional, completando de este modo la formación obtenida en el grado o licenciatura.

Una revisión de la oferta de títulos de másteres universitarios en Física (<http://srv.aneca.es/ListadoTitulos/>) ofertados actualmente en España permite extraer como primera conclusión que la inmensa mayoría son de perfil académico. Hemos extraído algunos másteres especializados cuyas temáticas pueden tener puntos en común con el propuesto, aunque en algunos casos sea sólo testimonial, y los hemos agrupado siguiendo un criterio de afinidad y sin pretensión de ser exhaustivos:

- 2 x Biofísica (UB) (UAM)
- 5 x Astrofísica y Cosmología (UAM) (ULL) (USAL) (UB) (UAB)
- 7 x Física de los Materiales y Nanotecnología (ULL) (UAM) (UM) (UO) (UAB) (URV) (UPC)
- 5 x Física Médica (UMA) (US) (UNED) (UAB) (UV)
- 3 x Física de Sistemas Complejos (UNED) (UPM) (UR)
- 4 x Métodos y Técnicas Avanzadas en Física (UG) (US) (UVA) (UC)
- 2 x Ingeniería Física y Profesional (UB) (UAB)

En todo caso queremos insistir en que el mapa nacional de titulaciones de máster es actualmente muy dinámico y sería arriesgado extraer una conclusión acerca del carácter diferenciador del máster propuesto.

Entre las universidades españolas que ofertan un máster con contenidos, objetivos y competencias similares al propuesto, podemos citar, a modo de ejemplo, el Máster en Física Fundamental (UCM), el Máster en Física Aplicada (UCM) y el Máster en Física Avanzada (UV) (UAB).

### ***Carácter interdepartamental e interdisciplinar***

Promovido por la Facultad de Ciencias, el Máster en Física y Tecnologías Físicas está organizado y coordinado por los tres departamentos de la sección de Física de la Universidad de Zaragoza (Departamentos de Física Aplicada, Física de la Materia Condensada y Física Teórica, comprendiendo un total de 8 áreas de conocimiento distintas) y los profesores del Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica (Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos) y del Área de Electrónica del Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Es pues, iniciativa del personal docente e investigador de 10 áreas de conocimiento pertenecientes a 5 departamentos de la Universidad. Es, por otra parte, el único máster propuesto por toda la Sección de Físicas de la Facultad de Ciencias.

Además, participan en él investigadores de cuatro Institutos Universitarios: Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos, Instituto de Nanociencia de Aragón, Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón e Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (centro mixto CSIC-Universidad de Zaragoza); así como profesores e investigadores vinculados a otras Universidades y centros de investigación. El máster es por tanto fruto de un importante esfuerzo integrador y tiene un marcado carácter interdepartamental e interdisciplinar.

### ***Transversalidad y originalidad del máster en el contexto científico-académico español/internacional***

En nuestro país, los másteres profesionales han estado tradicionalmente ligados a la existencia de un colegio profesional y unas atribuciones profesionales. El resto de la oferta habitualmente se encuadra dentro del marco de los másteres de carácter académico, orientados a la formación de investigadores y como paso previo hacia estudios de doctorado. Sin embargo, no es conveniente hacer una distinción tan clara entre los ámbitos profesional e investigador cuando el objetivo es potenciar que personal altamente cualificado en tareas de I+D+i se incorpore al mercado laboral. Los títulos de grado no permiten cubrir las competencias correspondientes a las labores de I+D+i en la empresa o el sector público y se requiere, por lo tanto, ofertar títulos de máster especializados pero de ámbito multidisciplinar.

El máster propuesto pretende la formación de investigadores, y por lo tanto tiene marcado carácter científico, pero no necesariamente se circunscribe a un entorno exclusivamente académico y un doctorado como fin último, lo cual sería muy restrictivo. El Máster en Física y Tecnologías Físicas se oferta a los graduados en ciencias e ingenierías que reclaman complementos formativos para poder acceder a sectores del mercado laboral donde se puedan aplicar los métodos y técnicas propias de la física y sus tecnologías. Esta clase de propuesta coincide con la tendencia en países del entorno anglosajón, donde existen másteres de tipo profesional en diversas disciplinas de la Física.

La estructura del máster tiene una elevada componente de transversalidad, especialmente gracias al diseño de las asignaturas del módulo obligatorio: Temas Avanzados en Física y Metodología de la Investigación en Física. El estudiante adquirirá competencias transversales y metodológicas en los ámbitos de la Física teórica y experimental, y también en tecnologías asociadas. Además, las destrezas obtenidas en estas disciplinas transversales le servirán en su posterior incorporación en equipos de trabajo multidisciplinares.

Como se ha comentado al inicio de esta apartado el máster está dirigido no sólo a aquellos graduados o licenciados que quieren especializarse en una de las áreas de la Física citadas anteriormente, sino también, y especialmente, a los profesionales en ejercicio que busquen una formación complementaria y actualizada. En estos casos, donde la flexibilidad horaria es importante, y aunque el máster se impartirá en modalidad presencial, se dispondrán de los recursos telemáticos necesarios para posibilitar al alumno el seguimiento de las clases teóricas, la realización de pruebas, asistencia a tutorías, etc. Desde la experiencia docente en estudios de máster anteriores consideramos que ésta es una iniciativa necesaria para ampliar el número de matriculados. Téngase en cuenta que de este modo no sólo se facilitará el seguimiento del curso a las personas que no dispongan de un horario laboral flexible, sino también a aquellos estudiantes extranjeros que no dispongan de financiación para estancias prolongadas en nuestro país. En este mismo sentido de atraer estudiantes extranjeros la **docencia será bilingüe inglés-español**, de manera que todo el material autoeditado estará redactado en inglés, y la impartición de las clases teóricas y otras actividades formativas (conferencias, trabajo fin de máster, etc.) podrá ser en inglés.

### ***Demanda potencial del título***

La Física y las Tecnologías Físicas son un conjunto de disciplinas con una creciente demanda de profesionales capaces de desarrollar tareas de I+D+i. La incorporación de profesionales de este tipo en los equipos de I+D+i del ámbito científico y tecnológico, está suponiendo un valor en alza para las empresas, como lo ha venido siendo en los centros de investigación nacionales e internacionales.

Los graduados en Física de la Universidad de Zaragoza podrán acceder a este máster como continuación de su formación académica. El atractivo de esta titulación para estos alumnos es el acercamiento a las tareas de investigación de los centros asociados de I+D+i y la oportunidad de incorporarse al mercado laboral en unas condiciones ventajosas frente a los graduados que sólo han recibido una formación básica y de tipo generalista.

Por otra parte, alumnos procedentes de otros grados de ciencias e ingenierías encontrarán en este máster la oportunidad de profundizar y complementar su formación en Física y Tecnologías Físicas aplicadas las ciencias experimentales y a la ingeniería.

Al mismo tiempo, dará respuesta a la creciente demanda formativa de un importante número de profesionales en ejercicio, físicos e ingenieros, en los sectores de: la enseñanza, la industria, las nuevas tecnologías, los servicios de salud, etc., que precisan de una formación especializada para su promoción profesional.

A este hecho, debemos sumar la constatación de que los estudios de grado, y las licenciaturas antes, presentan un déficit importante en competencias relacionadas con el trabajo experimental. Los principales motivos podrían ser la reducción a cuatro años de los estudios de grado y la limitación presupuestaria.

La titulación propuesta pretende dar respuesta a este déficit en la formación de tipo práctico y aplicado que presentan los estudiantes de grado. Para ello se ha diseñado un máster con competencias esencialmente orientadas a cubrir estas lagunas formativas.

Por ello consideramos que este máster será muy apropiado para alumnos interesados en adquirir competencias en ámbitos especializados de la Física y de las Tecnologías Físicas, aplicadas tanto a la investigación como al sector productivo.

En los últimos siete cursos el número de estudiantes que se matricularon en el Máster Universitario de Física y Tecnologías Físicas era en promedio **superior a 23 alumnos por año**. Teniendo en cuenta la introducción de los nuevos grados se espera un incremento de la matrícula.

Queremos insistir en que otro factor de atracción es la posibilidad de incorporación de los alumnos a centros de investigación en calidad de personal investigador en formación. La incorporación de alumnos de otras comunidades autónomas al programa de Doctorado en Física a través de contratos de investigación financiados con proyectos de investigación ha supuesto un porcentaje muy elevado de los alumnos del Máster de Física y Tecnologías Físicas. Es de esperar, por tanto, que esta tendencia continúe.

El programa de movilidad Americampus (UZ), concertado con Instituciones de Educación Superior Latinoamericanas, ha sido capaz de atraer a un importante número de alumnos procedentes de estos países para cursar el Máster de Física y Tecnologías Físicas y se espera que esta tendencia continúe y se incremente en el futuro. Actualmente el máster cuenta con la presencia de una media de 4 a 5 alumnos extranjeros. Las becas del Banco Santander y de la AECI han permitido atraer alumnos latinoamericanos. Es de esperar por ello que se mantenga e incluso incremente su participación

Por otra parte, los programas de la Unión Europea han mostrado que la UZ resulta atractiva para los alumnos europeos. Desde el máster se intenta potenciar esta vía a través de la impartición de las materias en inglés.

Por último la posibilidad de obtener una doble titulación en este máster y en el máster de la Universidad de Cergy Pontoise, en el que varios alumnos y profesores han participado con programas de intercambio, será sin duda una fuente de atracción de nuevos estudiantes al máster propuesto.

Para estimar el número de alumnos del máster propuesto hemos tenido en cuenta el histórico de matriculación en los últimos cursos (desde el curso 2006-07) según figura en la base de datos de la Universidad de Zaragoza. Los alumnos matriculados y su tasa de abandono se recogen en la tabla siguiente:

Año académico	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13
Alumnos matriculados	32	23	23	29	26	15	14

Por todo lo anterior se considera una demanda potencial del máster superior a **15 alumnos** por curso académico.

## 2.2 Descripción de los procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del plan de estudios

### *Procedimientos de consulta internos*

La elaboración de plan de estudios **modificado** ha recaído fundamentalmente en la Comisión de Garantía de la Calidad del Máster de Física y Tecnologías Físicas nombrada en marzo de 2013 como órgano de dirección y gestión del actual máster (que se viene impartiendo desde el curso 2006-07). Esta Comisión está formada por siete profesores participantes en el máster, con la siguiente distribución: dos profesores del Departamento de Física Aplicada, un profesor del Departamento de Física de la Materia Condensada, dos profesores del Departamento de Física Teórica, un profesor del Área de Electrónica y un profesor del Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica. Esta Comisión tiene como misión ejercer de forma efectiva la responsabilidad de la calidad de la titulación en sus todos sus aspectos de planificación, organización, docencia y evaluación, así como de la garantía de la adecuación de las acciones de su coordinador o coordinadores y de la aprobación de las propuestas de modificación y mejora.

Actualmente tiene la siguiente composición:

Presidente:

- Celma Pueyo, Santiago (Área de Electrónica, Depto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones)

Secretaria:

- Luzón Marco, Gloria (Área de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Dpto. Física Teórica)

Personal Docente e Investigador:

- Andrés Gimeno, Nieves (Área de Física Aplicada, Dpto. de Física Aplicada)
- Peñaranda Rivas, Siannah (Área de Física Teórica, Dpto. Física Teórica)
- Luis Vitalla, Fernando (Área de Física de la Materia Condensada, Dpto. Física de la Materia Condensada)
- Díez Moñux, Juan Carlos (Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Dpto. de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos)

- Vallés Brau, Juan Antonio (Área de Óptica, Dpto. de Física Aplicada)

Personal de Administración y Servicios:

- Gavín Arazo, María Pilar (Secretaría, Dpto. de Física Aplicada)

Alumnos del máster:

- Jorge Alberto Jover Galtier
- Héctor Mirallas Sánchez

También han asistido a las reuniones y participado activamente en la propuesta los profesores:

Coordinadora actual del máster:

- Palero Díaz, Virginia Raquel (Área de Física Aplicada, Depto. de Física Aplicada)

Coordinador del máster durante el periodo 2005 – 2008

- Mazo Torres, Juan José (Área de Física de la Materia Condensada, Depto. Física de la Materia Condensada)

El coordinador del máster viene siendo el responsable de la gestión, coordinación y mejora de las enseñanzas del título, con el fin de asegurar la aplicación más adecuada de lo dispuesto en el Proyecto de Titulación y el garante de la ejecución de los procesos de evaluación y mejora continua previstos en su Sistema Interno de Gestión de Calidad

En el procedimiento de consulta interno para la elaboración del plan de estudios de la titulación se han tenido en cuenta los informes emitidos por la Comisión de Evaluación de la Calidad de la Titulación y por La Comisión de Estudios de Postgrado de la Universidad.

La Comisión de Evaluación de la Calidad de la Titulación es la instancia que tiene como objeto realizar la evaluación anual de la titulación para su consideración por el Coordinador y por la Comisión de Garantía de la Calidad a efectos de las correspondientes propuestas de modificación y mejora.

La Comisión de Estudios de Postgrado de la Universidad es el órgano garante de la calidad general de las titulaciones de máster de la Universidad de Zaragoza y de la supervisión del cumplimiento de lo dispuesto en su Sistema de Gestión de Calidad.

Para la elaboración del plan de estudios la Comisión de Garantía de la Calidad ha seguido los siguientes procedimientos para recabar información:

Reuniones de miembros de la comisión con los alumnos al final del primer cuatrimestre y al final de curso. Dichas reuniones no sólo han servido para mejorar el funcionamiento del actual máster sino para recabar información para la preparación de las modificaciones que aquí presentamos. En ellas se han abordado aspectos que hayan podido fallar para intentar subsanarlos en lo posible, se han hecho valoraciones sobre el grado de satisfacción con el máster en general y con cada una de las asignaturas cursadas, se les ha preguntado por sus intereses profesionales y expectativas, y se han recibido sugerencias.

Se ha entregado a los alumnos un breve cuestionario para valorar todos esos aspectos también desde el anonimato.

Reuniones cada semestre con los coordinadores de las asignaturas del máster. Estas reuniones han sido muy útiles para mejorar notablemente la coordinación entre las distintas asignaturas (dando una mayor cohesión al máster) y establecer unas pautas de coordinación entre profesores de la misma asignatura (en aquellas asignaturas inter-departamentales y con muchos profesores). A lo largo del curso se ha mantenido un contacto fluido con los coordinadores mediante correo electrónico.

Se ha concurrido a convocatoria del Plan de Mejora Académica y Docente de la UZ, donde se plantea una serie de iniciativas y un plan de actuación que incluye análisis de necesidades y estrategias; reuniones con los coordinadores de asignaturas al principio y final de cada semestre; reuniones con los alumnos al principio y final de cada semestre; elaboración de un breve cuestionario para profesores y alumnos; y evaluación del plan de trabajo propuesto.

En la página web del máster se ha habilitado un buzón de consultas y sugerencias.

Desde enero de 2013 la Comisión de Garantía de la Calidad ha estado receptiva a las sugerencias de remodelación de

asignaturas existentes, fusión o desglose de asignaturas, incorporación de nuevas asignaturas. Todos los profesores participantes en el actual máster han podido hacer llegar sus sugerencias al respecto.

Todos estos aspectos han sido recogidos y discutidos en las reuniones que la Comisión de Garantía de la Calidad ha mantenido con una frecuencia aproximada de una reunión quincenal. Con todo ello se ha elaborado esta modificación del plan de estudios que se ajusta las nuevas directrices de racionalización de la oferta de optatividad impuestas por la UZ.

### ***Procedimientos de consulta externos***

A la hora de plantear las competencias asociadas al máster se han tenido en cuenta las funciones vinculadas a la profesión regulada de Físico, de acuerdo con los estatutos del COFIS, tal y como recoge su artículo 21, recientemente modificado.

Artículo 21. Funciones de la profesión de Físico.

1. De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 36 de la Constitución, la Ley regulará el ejercicio de la profesión de Físico.
2. Sin perjuicio de lo dispuesto en el número anterior y de las funciones y atribuciones de otras profesiones, el Colegio Oficial de Físicos considera que la profesión de Físico puede realizar las que, a título meramente enunciativo, a continuación se relacionan:
  - a) Enseñanza y divulgación de la Física en sus aspectos tanto científicos como técnicos sobre temas relacionados con la misma.
  - b) Asesoramiento sobre temas relacionados con la Física.
  - c) Investigación, desarrollo e innovación en Ciencias y Tecnologías Físicas.
  - d) Herramientas para la generación de conocimiento y elaboración de políticas estratégicas. Prospectiva y Vigilancia.
  - e) Medio ambiente. Estudios y proyectos técnicos sobre contaminación atmosférica, lumínica, acústica, ahorro y eficiencia energética, agua y residuos.
  - f) Evaluaciones de Impacto Ambiental y desarrollo de Sistemas de Gestión Medio ambiental.
  - g) Producción de tecnologías para la generación de electricidad frío y calor.
  - h) Diseño y gestión de instalaciones de energías renovables como eólicas, solares térmicas, solares fotovoltaicas y otras.
  - i) Transporte y distribución de electricidad.
  - j) Sistemas de almacenamiento de energía.
  - k) Portadores energéticos.
  - l) Las relacionadas con el área de la protección radiológica, vigilancia y control de las radiaciones ionizantes y electromagnéticas.
  - m) Electromedicina y diagnóstico por imagen.
  - n) Física médica.
  - o) Tecnologías de gestión de la información. Programación, diseño y gestión de sistemas informáticos y de telecomunicaciones. Sistemas de control, diagnóstico y simulación de procesos en sus distintas aplicaciones. Tecnologías de búsqueda, recuperación y análisis de información. Sistemas de gestión del conocimiento.
  - p) Tecnología espacial y aeronáutica. Estudios de telemetría y teledetección, sistemas de información geográfica, diseño de sistemas de comunicaciones vía satélite.
  - q) Producción de sistemas de armamento y defensa.
  - r) Meteorología, modelos de difusión atmosférica y climatología.
  - s) Diseño y producción de instrumentación científico-técnica.
  - t) Organización y gerencia de laboratorios de ensayos y calibración. Estudios metrologógicos en todos sus ámbitos.
  - u) Geodesia y prospección. Planificación de sondeos y prospecciones geológicas. Estudios sismológicos.
  - v) Diseño, Desarrollo y Ejecución de Tecnologías Ópticas, Óptico-Electrónicas y Fotónicas.
  - w) Elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas de alta, media y baja tensión; de calefacción, climatización y A.C.S.; de fluidos (agua, gas y otros combustibles); y de telecomunicaciones.
  - x) Elaboración de proyectos para la obtención de licencias de implantación de actividad.
  - y) Sistemas de prevención de riesgos laborales en todas las áreas indicadas en este artículo.
  - z) Todas aquellas actividades que guarden relación con la Física.

En este sentido, el máster cuenta con el apoyo del Colegio Oficial de Físicos, que refrenda que su plan de estudios cubre las áreas específicas en las que los físicos, ya sean tecnólogos o investigadores, desarrollan su labor profesional y el propio colegio colaborará en el proceso de buscar prácticas en empresas interesantes para los estudiantes del máster.

### ***Procedimiento de aprobación de la memoria***

La memoria de verificación se somete a información pública por un periodo mínimo de 10 días hábiles, a través de la publicación de dicha memoria en la página web de la Universidad de Zaragoza. Durante este plazo se pueden presentar alegaciones en el modo en que se indique.

El rector valorará, oído el Consejo de Dirección, la viabilidad de la memoria económica, pudiendo solicitar a tales efectos las aclaraciones o modificaciones que estime oportunas a la comisión y al centro responsable del título. En este caso la Comisión de Garantía de la Calidad del Máster y la Facultad de Ciencias, respectivamente. En caso de no darse una valoración positiva de dicha viabilidad, no se continúa con la tramitación de la memoria de verificación hasta que no se subsanen las cuestiones que hubieran motivado tal valoración.

Concluido el plazo de recepción de alegaciones, la Comisión de Garantía de la Calidad cuenta con un máximo de siete días hábiles para estudiar e incorporar, en su caso, las alegaciones que considere pertinentes así como las observaciones que se desprendan del informe de la Junta de Facultad, elaborando, en su caso, un nuevo documento. Igualmente deberá dar respuesta por escrito a dichas alegaciones, explicando su apreciación o no. De todo ello se dará publicidad en la Web de la Universidad.

Tras el proceso de resolución de alegaciones por parte de la Comisión de Garantía de la Calidad, la memoria de verificación final y la memoria económica se someten a consideración de la Junta de Facultad, que emitirá informe favorable o desfavorable. Previa a su aprobación, la Junta de Facultad podrá introducir modificaciones en la memoria, basándose en el informe previo y en las alegaciones presentadas.

La memoria de verificación se somete al dictamen de la Comisión de Estudios de Postgrado de la Universidad, que comprueba la adecuación de la memoria presentada a los criterios aprobados por la Universidad, a las exigencias del proceso de verificación, evalúa la memoria económica e informa razonadamente la propuesta.

Corresponde al Consejo de Gobierno, a propuesta del Consejo de Dirección, aprobar la propuesta definitiva de memoria de verificación, debiendo ser informado, para su conocimiento, de la memoria económica. La memoria de verificación aprobada por el Consejo de Gobierno se someterá para su valoración al Consejo Social, así como al Gobierno de Aragón para la autorización de su implantación junto con la memoria económica y al Consejo de Universidades para su verificación y finalmente su inscripción en el Registro de Universidades, Centros y Títulos.

Una vez que el Gobierno haya aprobado el carácter oficial de un título de máster, el rector publicará el plan de estudios en los boletines oficiales del Estado y de Aragón. Los contenidos relevantes de la memoria de verificación se publicarán en el Boletín Oficial de la Universidad de Zaragoza.

En cuanto a la realización de modificaciones de las memorias de verificación se atiende, además de a las normativas de carácter estatal o autonómico que le sean de aplicación, a lo dispuesto en el procedimiento de aprobación de modificaciones, directrices y planes de innovación y mejora de las titulaciones vigentes en la Universidad de Zaragoza.

### **2.3 Diferenciación de títulos dentro de la misma Universidad**

El título propuesto es único respecto de los estudios de máster ofertados actualmente en la UZ. Además, se ha tenido especial cuidado en evitar cualquier solapamiento de contenidos con materias que se imparten en los grados y másteres vigentes de la UZ.

La propuesta aprovecha las sinergias existentes entre todas las Áreas de Conocimiento de la Sección de Física y el Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica de la Universidad de Zaragoza para realizar una propuesta única en el contexto nacional. Además, el máster es la apuesta formativa en el ámbito de la Física y las Tecnologías Físicas de cuatro Institutos de Investigación de la Universidad de Zaragoza (ICMA, INA, BIFI, I3A) y 20 grupos de investigación reconocidos como grupos consolidados de investigación y grupos de investigación aplicada según criterio establecido por el Gobierno de Aragón. De esta manera, tanto desde el punto de vista de las áreas de conocimiento que participan como de las líneas de investigación que se desarrollan (Física a todas las escalas), el máster tiene una oferta diferenciadora respecto a otros similares en el contexto nacional e incluso internacional. Esto nos sitúa en una posición óptima para impartir un máster multidisciplinar en el que se integren aspectos de todas esas ramas del conocimiento, diferenciándonos claramente de las posibilidades de otros centros nacionales e incluso internacionales.

Otro hecho a destacar es que el máster tendrá carácter bilingüe, impartándose la mayoría de las asignaturas en inglés, lo que constituye otro elemento diferenciador y pone de manifiesto su vocación de máster internacional.

Por todo lo anterior, se cumple sobradamente el criterio establecido por la ANECA en cuanto a la diferenciación entre competencias y contenidos de másteres ofertados dentro de la misma universidad.

### 3. COMPETENCIAS

El objetivo fundamental del Máster en Física y Tecnologías Físicas es preparar al estudiante para el ejercicio profesional especializado tanto en investigación (ya sea básica o aplicada) como en docencia superior. Para ello oferta una formación que cubre los aspectos científicos y tecnológicos de prácticamente todas las ramas fundamentales de la Física.

En este sentido se establecen competencias instrumentales, en las que se incluyen habilidades cognitivas, capacidades metodológicas, destrezas tecnológicas y destrezas lingüísticas; competencias personales, referidas a las capacidades individuales y las destrezas sociales; y competencias sistémicas, destrezas y habilidades del individuo relativas a la comprensión de sistemas complejos.

#### *Competencias generales y transversales*

CG1- Adquirir una formación sólida avanzada en alguna especialidad que le capacite para la comprensión de informes y artículos científicos, la valoración de la relevancia científica o tecnológica de los mismos, el análisis de problemas y la síntesis de contenidos.

CG2- Desarrollar la capacidad de trabajar en equipo: esto incluye planificar el trabajo, repartir las tareas, tomar iniciativas, participar en debates y discusiones críticas y, en su caso, asumir responsabilidades de liderazgo y tomar decisiones.

CG3- Comprender y expresar con claridad ideas, problemas y soluciones.

CG4- Ser capaces de presentar y defender con rigor un trabajo tanto de forma oral como escrita y tanto en ámbitos especializados como en ámbitos de carácter divulgativo.

CG5- Comunicarse fluidamente en inglés en el ámbito científico (comprensión de textos científicos, redacción de informes, charlas, coloquios, exposiciones, etc.).

CG6- Desarrollar la creatividad y el rigor en el planteamiento y resolución de problemas complejos y aplicarlo en entornos nuevos o más amplios.

CG7- Desarrollar habilidades en la búsqueda y gestión de información: utilización correcta de la bibliografía, publicaciones y bases de datos, uso adecuado de nuevas tecnologías, etc.

CG8- Desarrollar la capacidad de organización y planificación del trabajo de forma autónoma.

CG9- Tener capacidad para incorporarse a equipos de investigación competitivos y desarrollar su propia actividad investigadora, incluyendo la gestión de proyectos.

CG10- Conseguir un alto grado de formación científica y técnica que les permita contribuir a las aplicaciones de la Física en la industria, la tecnología y otras ciencias, y con posibilidades de incorporarse a empresas de innovación tecnológica.

CG11- Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinares e internacionales.

CG12- Adquirir habilidades de auto-aprendizaje para el desarrollo de la formación permanente como investigador o tecnólogo.

CG13- Ser capaces de desarrollar su actividad profesional con responsabilidad social e integridad científica, siguiendo principios de carácter universal que se basan en el valor de la persona y se dirigen a su pleno desarrollo.

CG14- Ser capaces adoptar una posición crítica en los debates científicos que se desarrollen a nivel internacional en su ámbito de conocimiento.

CG15- Usar las técnicas de Información y Comunicaciones (TICs) como herramienta para la expresión, comunicación y difusión de ideas y resultados.

CG16- Respetar los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres, los Derechos Humanos, los valores de una cultura de paz y democráticos, los principios medioambientales y de cooperación al desarrollo que promuevan un compromiso ético en una sociedad global, intercultural, libre y justa.

### **Competencias específicas**

CE1- Capacitación académica para el inicio de un proyecto de tesis doctoral en Física u otras ciencias experimentales o ingenierías.

CE2- Competencia para integrarse como investigador o técnico cualificado en grupos de investigación en distintas áreas de Física u otras ciencias experimentales o ingenierías.

CE3- Consolidar los conocimientos básicos y la interrelación entre los diversos campos de la Física.

CE4- Manejar con soltura el vocabulario y terminología actual de la Física y de las Tecnologías Físicas.

CE5- Integrar conocimientos, enfrentarse a la complejidad y formular juicios con información limitada en el ámbito de la Física y de sus Tecnologías.

CE6- Profundizar en el análisis, tratamiento e interpretación de datos experimentales.

CE7- Conocer el grado de importancia de las investigaciones y las aplicaciones industriales de la Física y sus Tecnologías, así como sus implicaciones sociales, económicas, y legales.

CE8- Profundizar en un tema de investigación y conocer los avances más recientes y las actuales líneas de investigación en dicho campo.

Las competencias generales, transversales y específicas del Máster en Física y Tecnologías Físicas han sido definidas acorde a los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres (*Ley 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres*), con los principios de igualdad de oportunidades y accesibilidad de las personas con discapacidad (*Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad*) y con los valores propios de una cultura y de valores democráticos (*Ley 27/2005, de 30 de noviembre, de fomento de la educación y la cultura de la paz*).

La formulación de las competencias está basada también en el documento *Competencias genéricas y transversales de los titulados universitarios, ICE de la Universidad de Zaragoza, 2008*

(<http://www.unizar.es/ice/images/stories/publicacionesICE/Col.%20Documentos%2008.pdf>) y en el documento *Subject Benchmark Statements de la QAA* (<http://www.qaa.ac.uk/academicinfrastructure/benchmark/default.asp>), especialmente los apartados relativos a Física e Ingeniería.

## **4. ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES**

### **4.1 Sistemas de Información previa a la Matriculación**

La principal fuente de información previa a la matriculación es la página web del actual Máster en Física y Tecnologías Físicas: <http://titulaciones.unizar.es/fisica-tec-fis/>. Dicha página contiene información detallada tanto para estudiantes potenciales como para los estudiantes ya matriculados en el máster e incluye información que puede resultar interesante a egresados, profesores, personal de administración y servicios, y profesionales en el ámbito de la Física, así como profesores de enseñanzas medias. Entre otras contiene la siguiente información relativa al máster:

- Características generales
- Objetivos
- Duración y estructura
- Asignaturas con sus objetivos, competencias a adquirir, contenidos, metodología, tipo de evaluación y, en algunas de ellas, material didáctico
- Calendario académico y horarios de las asignaturas
- Listado de profesores participantes

- Perfil de ingreso y criterios de admisión
- Procedimiento de admisión y matriculación
- Procedimiento para consultas, sugerencias y reclamaciones
- Órgano responsable

Al inicio del curso se organiza una reunión de miembros de la Comisión de Garantía de la Calidad del Máster y los estudiantes del último curso de grados (anteriormente licenciaturas) científicos. En esta reunión inicial se les informa detalladamente sobre el máster (mecanismos para presentar dudas, sugerencias o quejas, utilidad y claridad de la página web, contenidos de las asignaturas, calendario, órgano responsable, etc.) Estas reuniones se repiten al final de los semestres.

Todos los cursos se elaboran y reparten en otras universidades (fundamentalmente españolas y sudamericanas) y otros centros el tríptico y el cartel anunciador del máster.

## 4.2 Requisitos de Acceso y Criterios de Admisión

No se contemplan pruebas de acceso especiales. La admisión al máster de los estudiantes será competencia de la Comisión de Garantía de la Calidad del Máster. Se admitirán aquellos alumnos que cumplan lo establecido en el artículo 16 del Real Decreto 1393/2007 y que posean un grado en ciencias experimentales o ingenierías, o que acrediten haber superado al menos 180 créditos correspondientes a las enseñanzas de primer ciclo, siempre y cuando entre estos esté comprendida la totalidad de los contenidos formativos comunes de alguno de esos títulos de Grado. También se admitirán alumnos con las titulaciones en vías de extinción de licenciado en ciencias experimentales o de ingeniería superior. La admisión de alumnos con titulaciones extranjeras, que cumplan los requisitos generales de acceso, se realizará de forma individualizada por la Comisión de Garantía de la Calidad. Los criterios de selección de los alumnos se fundamentarán en la valoración del expediente académico y, en su caso, de una entrevista personal.

## 4.3 Apoyo y Orientación a estudiantes, una vez matriculados

La Comisión de Garantía de la Calidad del Máster en Física y Tecnologías Físicas asigna a cada estudiante admitido un tutor entre los profesores participantes en el mismo. Con ello se pretende ayudar al estudiante a diseñar su plan curricular (en función de sus intereses y capacidades), hacer un seguimiento de su progreso, detectar y tratar de resolver posibles problemas académicos, estimular al estudiante y acercarle a la realidad del trabajo académico y científico reforzando la relación personal profesor-estudiante. El tutor también supervisará el Trabajo de fin de máster del estudiante.

Los estudiantes tienen a su disposición a los miembros de la Comisión de Garantía de la Calidad del Máster para cualquier sugerencia, consulta o reclamación que deseen hacer o para plantearles cualquier problema que pueda surgir.

Toda la información relevante para los estudiantes se publica en un tablón específico dedicado al máster y se incorpora de inmediato a la página web del mismo.

Asimismo, la Facultad de Ciencias organiza anualmente unas Jornadas de Acogida destinadas a los estudiantes de nuevo ingreso, que se realizan en septiembre, unos días antes del comienzo del curso. El programa de estas jornadas incluye:

- Entrega de documentación (programa, folletos informativos de las distintas actividades de la Facultad y de la Universidad, Erasmus, etc.).
- Charlas variadas sobre la Universidad y la Facultad, estructura general de las titulaciones, programas de intercambio, sobre movilidad y prácticas en empresas, orientación para el empleo, relación profesor-estudiante (tutorías personalizadas y académicas), seguridad, representación estudiantil en los órganos de gobierno y asociaciones estudiantiles (impartida por los propios estudiantes), etc.
- Coloquios con profesores de primer curso, estudiantes de distintos cursos y con licenciados y diplomados recientes.
- Visita guiada a la Biblioteca y a la Facultad.

La Universidad de Zaragoza imparte cursos de español para estudiantes extranjeros. En particular, ofrece cursos intensivos de lengua española de 45 horas lectivas, donde se introducen conceptos de gramática, uso lingüístico y prácticas de conversación, con un nivel de dificultad adaptado al nivel de acceso.

La Biblioteca de la Facultad de Ciencias imparte un "Curso básico de utilización de recursos bibliográficos" de 2 horas de duración, destinado a los estudiantes.

El Servicio de Orientación Psicológica para Estudiantes del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) ofrece asesoría psicológica y de estudio a los alumnos de la Universidad.

La Universidad de Zaragoza dispone de un Servicio de Asesorías para Jóvenes (gratuito, anónimo y personalizado), que incluye Asesoría Jurídica, Asesoría de Estudios, Asesoría Psicológica y Asesoría Sexológica.

La Universidad de Zaragoza organiza anualmente una Feria de Empleo (EMPZAR), que permite ofrecer una amplia visión sobre la oferta de puestos de trabajo del mercado laboral.

#### 4.4 Sistema de transferencia y reconocimiento de créditos

El sistema de transferencia y reconocimiento de créditos en las titulaciones de grado y de máster de la Universidad de Zaragoza cumple el reglamento establecido en el *Acuerdo de 9 de julio de 2009, del Consejo de Gobierno de la Universidad, por el que se aprueba el Reglamento sobre reconocimiento y transferencia de créditos en la Universidad de Zaragoza*. [http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-09\\_008.pdf](http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-09_008.pdf)

Los artículos más importantes relacionados con la titulación de máster son los siguientes:

*Art. 4. Reconocimiento de créditos en las enseñanzas oficiales de Máster Universitario.*

- 1. El reconocimiento de créditos por estudios cursados en títulos oficiales de Máster Universitario de cualquier universidad se hará por materias o asignaturas en función de la adecuación entre los conocimientos y competencias adquiridas y los previstos en el título de Máster Universitario para el que se solicita el reconocimiento.*
- 2. En títulos oficiales de Máster que habiliten para el ejercicio de profesiones reguladas por la legislación vigente se reconocerán, además, los créditos de los módulos, materias o asignaturas en los términos que defina la correspondiente norma reguladora. En caso de no haberse superado íntegramente un determinado módulo, el reconocimiento se llevará a cabo por materias o asignaturas en función de los conocimientos y competencias asociados a las mismas.*
- 3. El trabajo fin de Máster no será objeto de reconocimiento, al estar orientado a la evaluación de competencias asociadas al título.*

*Art. 5. Reconocimiento de créditos en enseñanzas oficiales de Máster provenientes de enseñanzas conforme a sistemas anteriores*

*Los órganos competentes de los centros, previo informe de la Comisión de Garantía de la Calidad del Máster y teniendo en cuenta la adecuación entre los conocimientos y competencias derivados de las enseñanzas de origen y los contemplados en las enseñanzas de llegada, podrán reconocer créditos en los siguientes supuestos:*

- 1. A quienes estando en posesión de un título oficial de Licenciado, Arquitecto o Ingeniero pretendan acceder a las enseñanzas oficiales de Máster previo pago de lo establecido en el Decreto de Precios Públicos correspondiente. Este reconocimiento no podrá superar el 50 % de los créditos totales, excluyendo el trabajo fin de máster.*
- 2. Por créditos obtenidos en otros estudios oficiales de Máster Universitario previo pago de lo establecido en el Decreto de Precios Públicos correspondiente.*
- 3. Por créditos obtenidos en enseñanzas oficiales de doctorado acogidas al Real Decreto 778/1998 o normas anteriores, y para estudios conducentes al título oficial de Máster Universitario, habrá que tener en cuenta dos supuestos:*
  - a) Si las enseñanzas previas de doctorado son el origen del Máster, se podrán reconocer créditos y se dispensará del abono de tasas.*
  - b) Si las enseñanzas previas de doctorado no son el origen del Máster, se podrán reconocer de la misma forma que en el caso anterior, pero conllevarán el abono de tasas.*

*Art. 6. Reconocimiento de créditos en programas de movilidad.*

- 1. Las actividades realizadas en el marco de programas de movilidad nacionales e internacionales podrán ser reconocidas académicamente en las enseñanzas oficiales de Grado y de Máster. Este reconocimiento se plasmará en un contrato de estudios entre el estudiante, el coordinador académico y el centro responsable de las enseñanzas que será previo a la estancia y que recogerá las materias a cursar en la universidad de destino, su correspondencia en contenido y duración con las de su plan de estudios y la equivalencia de las calificaciones. El cumplimiento del contrato de estudios por el estudiante implica su reconocimiento académico.*

2. *Cuando el sistema de calificaciones de la universidad de destino sea diferente al de la Universidad de Zaragoza, los órganos competentes del centro deberán informar al estudiante de la equivalencia de calificaciones con anterioridad a la firma del contrato.*
3. *Para el reconocimiento de conocimientos y competencias se atenderá al valor formativo conjunto de las actividades académicas desarrolladas y a las competencias adquiridas, todas ellas debidamente certificadas, y no a la identidad o afinidad entre asignaturas y programas.*
4. *Los resultados académicos y las actividades de los programas de movilidad que no formen parte del contrato de estudios y sean acreditados por la universidad de destino serán incluidos en el Suplemento Europeo al Título.*
5. *El reconocimiento de créditos por actividades realizadas en programas de intercambio nacionales o internacionales se regirá por su propio reglamento.*

*Art. 14. Reconocimiento de créditos por conocimientos y capacidades previos.*

1. *Se podrán reconocer créditos por la experiencia laboral acreditada o por su formación previa en estudios oficiales universitarios y no universitarios: enseñanzas artísticas superiores, formación profesional de grado superior, enseñanzas profesionales de artes plásticas y diseño de grado superior y enseñanzas deportivas de grado superior.*
2. *Para obtener reconocimiento de créditos por experiencia laboral será necesaria su acreditación por la autoridad competente, con mención especial de las competencias adquiridas.*
3. *El reconocimiento de créditos por estudios universitarios oficiales realizados en universidades españolas o extranjeras, sin equivalencia en los nuevos títulos de Grado o Máster, se hará en función de la adecuación entre los conocimientos y competencias adquiridas y los de la enseñanza de llegada.*
4. *El reconocimiento de créditos por estudios oficiales no universitarios se hará cuando y en los casos que establezca la legislación vigente, y siempre en función de la adecuación entre los conocimientos y competencias adquiridas y los de las enseñanzas de llegada.*

## 5. PLANIFICACIÓN DE ENSEÑANZAS

### 5.1 Descripción general del plan de estudios

El Máster en Física y Tecnologías Físicas que se propone se estructura en 10 ECTS de carácter obligatorio, 30 ECTS optativos y un trabajo de fin de máster de 20 ECTS. Las asignaturas propuestas tienen carácter semestral o anual y su duración en ECTS sigue las directrices establecidas por Universidad de Zaragoza que aconseja que *se evite una atomización de la oferta de asignaturas a cursar*.

En la tabla siguiente se muestra la distribución de asignaturas propuesta en el plan de estudios:

Asignatura	Inglés	ECTS	Periodo	Carácter
Metodología de la investigación en física	Sí	4	S1	Obligatorio
Temas avanzados de física	Sí	6	S2	Obligatorio
Trabajo fin de máster	Sí	20	Anual	Obligatorio
<b>Optativas</b>				
Aplicaciones de la óptica en el entorno industrial	No	5	Indistinto	Optativo
Astrofísica relativista, astropartículas y cosmología	Sí	5	Indistinto	Optativo
Ciencia de materiales	Sí	5	Indistinto	Optativo
Física de bajas temperaturas y tecnologías cuánticas	Sí	5	Indistinto	Optativo
Física de las comunicaciones	Sí	5	Indistinto	Optativo
Física de materiales magnéticos	Sí	5	Indistinto	Optativo
Física de partículas	Sí	5	Indistinto	Optativo
Física estadística de fenómenos críticos y sistemas complejos	Sí	5	Indistinto	Optativo
Instrumentación inteligente	Sí	5	Indistinto	Optativo
Interacción de radiación y materia	Sí	5	Indistinto	Optativo
Nanociencia y nanotecnología	Sí	5	Indistinto	Optativo
Seguridad y procesos industriales con láser	No	5	Indistinto	Optativo
Sistemas de detección de radiación	Sí	5	Indistinto	Optativo
Técnicas de imagen y radiofísica	No	5	Indistinto	Optativo
Teoría cuántica de la materia condensada	Sí	5	Indistinto	Optativo
<b>Prácticas externas</b>				
Prácticas externas		5	Indistinto	Optativo
<b>Optativas de reserva</b>				
Aceleración de partículas e identificación	Sí	5	Indistinto	Optativo
Cuestiones modernas en la física de la materia condensada	Sí	5	Indistinto	Optativo
Física de la Tierra	No	5	Indistinto	Optativo
Fotónica avanzada y biofotónica	No	5	Indistinto	Optativo
Sistemas ciber-físicos	Sí	5	Indistinto	Optativo

Se proponen dos asignaturas obligatorias:

1. Temas avanzados de física de 6 ECTS, 2º semestre
2. Metodología de la investigación en física 4 ECTS, 1º semestre

Ambas son de carácter transversal aunque de naturaleza distinta y complementaria.

La asignatura Temas avanzados de física está compuesta de una serie de temas o seminarios que presentan interés para la formación general de un estudiante del máster. La Comisión de Garantía de la Calidad seleccionará cada año seis temas con una dedicación de un ECTS cada uno en ámbitos tales como interacciones fundamentales y últimos avances en física de partículas; física de biosistemas; técnicas de medida y manipulación en sistemas biológicos; física de nuevos materiales; física en grandes instalaciones; física de las energías renovables, supercomputación, computación bioinspirada, redes en física, etc.

La asignatura Metodología de la investigación en física tiene como objetivo principal dotar a los estudiantes del máster de herramientas transversales que les sean útiles para el desempeño del ejercicio profesional como tecnólogos y como investigadores. Se contempla impartir bloques temáticos relacionados con los procesos de la investigación científica; aspectos éticos del trabajo científico; introducción a la política científica; y técnicas de comunicación.

Las competencias, resultados de aprendizaje y actividades de evaluación son necesariamente distintos como se puede comprobar en sus correspondientes fichas.

El Trabajo fin de máster (TFM) desarrolla competencias transversales e integra conocimientos y habilidades adquiridas a lo largo de toda la titulación. Por ello sólo podrá ser presentado cuando se hayan superado todos los créditos contemplados en el plan de estudios (*Acuerdo de 7 de abril de 2011, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los trabajos de fin de grado y de fin de máster en la Universidad de Zaragoza*). Respecto a la gestión de estos trabajos, la Comisión de Garantía de la Calidad de la titulación será la encargada de asegurar la oferta, cada curso, de un número suficiente de trabajos para que los alumnos puedan, aunque de forma limitada, elegir entre varias opciones, así como de distribuir la carga de tutela de forma adecuada entre el profesorado con docencia en el máster. El TFM deberá contar con un director o directores, que tutelen y supervisen la labor del estudiante. Preferentemente, el director deberá estar incluido entre el personal docente e investigador de la Universidad y se asignará en el periodo inmediatamente siguiente a la matrícula. También podrán dirigir trabajos personal ajeno a la Universidad, siempre que el trabajo cuente con el aval de un profesor de la Universidad de Zaragoza, que actuará como ponente.

La evaluación de los TFM la llevará a cabo un comité evaluador constituido al menos por tres miembros y que será nombrado según el procedimiento que el centro determine. El tutor del trabajo preparará un informe detallado con su valoración del trabajo realizado por el estudiante, incluyendo como aspectos a ser valorados: actitud, metodología, dedicación en ECTS, continuidad del esfuerzo, resultados intermedios y resultados finales. La evaluación del TFM tendrá dos partes claramente diferenciadas. La primera se ajusta al procedimiento denominado portfolio y está íntimamente ligado a este nuevo modelo de aprendizaje basado en las competencias. Constituye la máxima expresión instrumental de la recogida de información variada e incluye todo el trabajo llevado a cabo en el periodo de realización del TFM. La selección del material es propuesta por el alumno, pero ajustándose a los objetivos del TFM. Implícitamente, quedan incluidos procedimientos de evaluación básicos e irrenunciables, al haber tenido que superar el alumno problemas y aplicaciones en el desarrollo del proyecto. Por último, se debe exponer el proyecto elaborado en cada uno de los trabajos ante un tribunal del cuerpo docente del máster, y el acto tendrá carácter público.

El módulo de optativas específicas del plan de estudios consiste en 30 ECTS a cursar por el alumno, repartidos en 6 asignaturas de 5 ECTS. No se han establecido requisitos especiales para cursar las materias optativas ni itinerarios formativos favoreciendo al alumno la elección de las asignaturas para una óptima adecuación a su perfil. La oferta de optatividad del título se ha diseñado atendiendo a una serie de criterios de valoración:

- Fomento del carácter interdisciplinar.
- Valoración de la experiencia de la oferta de optatividad actual, en términos del éxito o fracaso de las optativas.
- Adaptación a los temas más actuales en los ámbitos académicos y productivos.
- Compromiso, como mínimo por parte de algún departamento, de impartir la asignatura.

Las asignaturas optativas se ofertarán anualmente de entre las que aparecen en la tabla anterior, de acuerdo con la normativa vigente en la Universidad de Zaragoza y dentro de la ratio entre créditos optativos ofertados y créditos optativos a cursar que ésta establezca (actualmente, entre 2 y 2,5 créditos ofertados por cada crédito que el estudiante debe superar para obtener el título), según el *Acuerdo de Reglamento de la Organización y Gestión de Calidad de los estudios de Grado y Master (aprobado en Consejo de Gobierno de 15 de mayo de 2009)*.

[http://www.unizar.es/sg/doc/11.reglamentocalidad\\_001.pdf](http://www.unizar.es/sg/doc/11.reglamentocalidad_001.pdf)

Las asignaturas optativas son de carácter semestral y no precisan ser impartidas a priori en un semestre predeterminado. La Comisión de Garantía de la Calidad será la encargada de asignar el semestre de impartición en cada curso académico, en función de cómo evolucione el mapa de optatividad y la disponibilidad docente del profesorado.

La comisión ha considerado oportuno añadir otras cinco asignaturas optativas que dada la limitación en la oferta fijada por la normativa de la Universidad de Zaragoza no serán impartidas en un primer momento. Se propone en esta memoria una serie de optativas de reserva (ver tabla) que sólo se ofertarán en caso de imposibilidad de impartición de asignaturas optativas de la lista principal.

Será la Comisión de Garantía de la Calidad la que establecerá los mecanismos necesarios para adaptar la oferta a la limitación anteriormente recogida, garantizando la adecuación de la oferta a la demanda de los estudiantes y a los objetivos del título.

Por último, indicar que el estudiante podrá obtener hasta un máximo de 5 créditos ECTS optativos por la realización de prácticas externas, de acuerdo con el Artículo 12.6 del R.D. 1393/2007 y las Directrices de la Universidad de Zaragoza. Las prácticas estarán coordinadas y supervisadas por el coordinador del máster y se valorarán en función de dos informes escritos: el presentado por el estudiante y el que presentará el tutor asignado en la empresa basado en el trabajo allí desarrollado. A la vista de estos dos informes el coordinador del máster propondrá la calificación de la práctica. Está previsto imbricar la realización de prácticas externas con los programas de movilidad internacional, en

particular el programa ERASMUS-Prácticas, aunque se buscará potenciar otras posibilidades de movilidad en esta línea. Será un objetivo del máster incentivar que los alumnos matriculados realicen prácticas externas.

La Comisión de Garantía de la Calidad del Máster ofertará un programa de prácticas externas adecuado y atractivo para los diferentes perfiles de alumnado. Ello será posible estableciendo los preceptivos convenios de colaboración con empresas, centros de salud y organismo públicos o privados.

## 5.2 Planificación y gestión de la movilidad de estudiantes propios y de acogida

La movilidad de estudiantes se regirá por lo dispuesto en el *Acuerdo de 14 de junio de 2011, del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza, por el que se aprueban los criterios generales y el procedimiento para la reordenación de los títulos de Máster Universitario*,

*Art. 37 Normas de gestión másteres conjuntos o convenios que conlleven movilidad de estudiantes y profesores,*

1. *La participación de los estudiantes de máster universitario en programas o convenios que conlleven movilidad quedará reflejada en sus expedientes académicos.*
2. *Tanto los estudiantes que se vayan como los que reciba la Universidad deberán estar matriculados, lo que permitirá que puedan disfrutar de los derechos y servicios que les correspondan.*
3. *Con anterioridad al inicio del curso académico se establecerá la capacidad de la Universidad para acoger a los estudiantes procedentes de un intercambio en las distintas asignaturas de un máster y en ningún caso podrá superarse la capacidad ofertada.*
4. *En el caso del profesorado que, en el marco de un máster, deba llevar a cabo determinadas actividades en otra universidad, éstas quedarán reflejadas en su actividad docente en la Universidad de Zaragoza, siempre y cuando así lo contemple el convenio regulador del máster conjunto.*

El Vicerrectorado de Relaciones Internacionales de la Universidad de Zaragoza coordina todas las iniciativas de cooperación y colaboración internacional en el ámbito de la educación y la formación. Igualmente centraliza todas las iniciativas relativas al establecimiento de relaciones de la Universidad de Zaragoza con otras instituciones extranjeras de docencia e investigación. La Facultad de Ciencias dispone de una Oficina de Relaciones Internacionales (ORI) con un puesto de personal administrativo específico donde se asesora y orienta a los estudiantes en todo lo que necesiten. Esta oficina es la que se encarga de tramitar los aspectos administrativos de los acuerdos y también de proporcionar información y asesorar a los coordinadores y a los profesores que estén interesados en participar. En todos los programas de movilidad gestionados, antes de que el estudiante vaya a la universidad de destino tiene que tener un contrato de estudios firmado por los coordinadores del centro de destino y del centro de origen. En este contrato ya se indican las asignaturas que va a cursar en el destino y por las que se le van a convalidar a su regreso.

Actualmente los estudiantes del máster pueden participar en los siguientes programas de movilidad: programa Sócrates-Erasmus, programa SICUE-SENECA, programa AMERICAMPUS y el programa de becas BANCAJA/UZ. En todos ellos el número de convenios y acuerdos académicos es razonable y la participación de los estudiantes es elevada. En cualquier caso, la Comisión de Garantía de la Calidad del Máster impulsará el establecimiento de convenios de movilidad adicionales a los ya existentes, poniendo el énfasis en los convenios internacionales, e impulsará la adaptación de los existentes a la titulación modificada que se propone en esta memoria. Para ello se contará con la ayuda del Vicedecanato de Relaciones con Empresas y Relaciones Internacionales y la Oficina de Relaciones Internacionales de la Facultad de Ciencias.

El programa Sócrates-Erasmus es un programa de formación de la Unión Europea para la cooperación en el ámbito de la educación cuyo objetivo prioritario es fomentar la movilidad de estudiantes y profesores, alimentando y promoviendo así la cooperación entre los países participantes en materia de educación superior. En la Facultad de Ciencias el coordinador general de este programa es la Vicedecana de de Relaciones con Empresas y Relaciones Internacionales. Para los intercambios con cada universidad existe un coordinador particular, que establece el plan de reconocimiento de créditos de las asignaturas cursadas por asignaturas de la Universidad de Zaragoza, con la aprobación de la Comisión de Garantía de la Calidad.

El Sistema de Intercambio entre Centros Universitarios Españoles (Programa SICUE) pretende mejorar la formación del estudiante facilitando su movilidad a nivel nacional. Para ello potencia la diversidad de la oferta educativa universitaria, contribuyendo a que una parte de los estudios pueda realizarse en universidades distintas a la que el alumno está matriculado. Este sistema tiene en cuenta el valor formativo del intercambio, al hacer posible que el estudiante experimente otros sistemas docentes y diferentes aspectos sociales y culturales de otras autonomías. Este programa se coordina también desde el Vicedecanato de Relaciones con Empresas y Relaciones Internacionales. El programa de intercambio SICUE está apoyado económicamente por las Becas Séneca.

Con el fin de dar difusión a los programas de movilidad, se organiza anualmente a nivel de Facultad una reunión informativa para los estudiantes, previa a los periodos de solicitud de participación en los mismos. En dicha reunión se presentan los objetivos y las características de ambos programas, las condiciones para participar, las universidades con las que se tienen acuerdos, los coordinadores, el número de plazas en cada caso, la duración de las estancias, etc. También se orienta al alumno sobre cómo proceder para elaborar la solicitud y a quien deben dirigirse en caso de tener cualquier duda.

Toda la información actualizada sobre los programas de movilidad nacional e internacional está a disposición del alumno a través de la página web: <http://ciencias.unizar.es/web/relacionesInternacionales.do>. La Facultad, además, ha elaborado una Guía informativa del Programa Sócrates-Erasmus, y se dispone también de un folleto editado por el Vicerrectorado de Relaciones Internacionales, que se distribuyen en la reunión antes citada y a todos los estudiantes que acudan a la ORI en busca de información.

### 5.3 Procedimientos de coordinación docente horizontal y vertical del plan de estudios

La Universidad de Zaragoza ha aprobado con fecha de 15 de mayo de 2009 la normativa propia sobre Organización y Gestión de la Calidad de los estudios de Grado y Máster ([http://www.unizar.es/sg/doc/11.reglamentocalidad\\_001.pdf](http://www.unizar.es/sg/doc/11.reglamentocalidad_001.pdf)), que en particular regula los mecanismos de coordinación de las nuevas titulaciones de máster en los términos que se recogen en el apartado 9 de esta memoria de verificación.

Los agentes del sistema interno de gestión de la calidad de la titulación de Máster en Física y Tecnologías Físicas y sus funciones son:

- a) La Comisión de Garantía de la Calidad del Máster. Esta Comisión tiene como misión ejercer de forma efectiva la responsabilidad de la calidad de la titulación en todos sus aspectos de planificación, organización, docencia y evaluación, así como de la garantía de la adecuación de las acciones de su coordinador o coordinadores y de la aprobación de las propuestas de modificación y mejora.
- b) Coordinador del Máster. Es el responsable de la gestión, coordinación y mejora de las enseñanzas del título, con el fin de asegurar la aplicación más adecuada de lo dispuesto en el Proyecto de Titulación y el garante de la ejecución de los procesos de evaluación y mejora continua previstos en su Sistema Interno de Gestión de Calidad.
- c) La Comisión de Evaluación de la Calidad del Máster. Su función es realizar la evaluación anual de la titulación para su consideración por el Coordinador y por la Comisión de Garantía de la Calidad a efectos de las correspondientes propuestas de modificación y mejora.

Adaptándose, en cualquier caso, al marco normativo vigente, se proponen mecanismos adicionales internos de coordinación, especialmente importantes en algunas de las asignaturas. En cada una de ellas los profesores participantes elegirán un coordinador quien será responsable de convocar reuniones periódicas de los profesores, identificar problemas internos de la asignatura y plantear posibles soluciones. Todos los coordinadores de asignaturas darán apoyo al coordinador de la titulación, quien podrá convocar reuniones periódicas con ellos, identificará problemas y planteará posibles actuaciones.

### 5.4 Estructura del plan de estudios

#### *Asignaturas obligatorias*

<b>Asignatura</b>	Research Methodology in Physics / Metodología de la Investigación en Física		
<b>Créditos ECTS</b>	4	<b>Carácter</b>	Obligatorio
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	S1
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE4, CE7</li> <li>✓ Entender el proceso y las características de la actividad científica.</li> <li>✓ Disponer de una actitud crítica y pragmática de las teorías sobre el conocimiento científico.</li> <li>✓ Reconocer y valorar actitudes éticas en el quehacer científico.</li> </ul>			

- ✓ Conocer las ideas fundamentales de la política científica
- ✓ Conocer los diferentes procesos de revisión de publicaciones científicas.
- ✓ Manejar las principales técnicas de comunicación científica, oralmente y por escrito.

### Resultados de aprendizaje

- ✓ Describir el proceso de la investigación científica en el ámbito de la Física y las Tecnologías Físicas.
- ✓ Valorar los aspectos éticos del trabajo científico mediante la revisión de casos históricos y contemporáneos.
- ✓ Localizar convocatorias de ayudas de interés para el estudiante y redactar adecuadamente las propuestas.
- ✓ Redactar un trabajo en formato de publicación científica en inglés.
- ✓ Presentar y defender oralmente en inglés un trabajo del ámbito de la investigación en Física.

### Contenidos

- Procesos de investigación científica: el método científico, diseño de la investigación, estructura y funcionamiento de los equipos de investigación; la explicación científica y criterios de demarcación, características de las ciencias fácticas, el método científico aplicado a la física, estructura de las teorías físicas, epistemología científica, la tecnología como saber transformador, relaciones entre ciencia y tecnología, el investigador y la estructura de los equipos de investigación.
- Aspectos éticos del trabajo científico: ética científica, axiología y valores de la ciencia, ética del investigador, código personal, ética de la investigación, código interno, directrices de conducta ética, normas éticas de publicación, fraude científico y mala praxis; estudio de casos históricos y actuales.
- Introducción a la política científica: tipología de los proyectos de investigación, planes estratégicos y programas de actuación, productos de la investigación: publicaciones abiertas, patentes, modelos de utilidad, secreto industrial, etc.; formación de investigadores, elaboración de proyectos de investigación, procesos de evaluación y seguimiento de la investigación.
- Técnicas de comunicación: difusión de resultados de la investigación, documentos científico-técnicos, características e índices de calidad de las publicaciones, la estructura de los artículos científicos, redacción de textos (artículos, memorias), técnicas de presentación y defensa de trabajos de investigación, otras modalidades (posters, presentaciones flash, etc.), comunicación en la red, procedimientos de evaluación.

### ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	2/50	40
2. Análisis de casos, puesta en común y debate sobre los contenidos de la asignatura	0,6/15	40
3. Redacción y presentación oral en público de trabajos científicos.	1,4/35	40

### Metodologías Docentes

#### Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en casos.
- Tutorías.

#### Actividad formativa 2:

- Aprendizaje basado en casos.
- Trabajo en pequeños grupos.
- Exposición y debate en clase.

#### Actividad formativa 3:

- Tutorías.
- Elaboración de documentos científicos.
- Presentación pública del trabajo.

<b>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</b>		
<b>Sistema de evaluación</b>	<b>Ponderación mínima</b>	<b>Ponderación máxima</b>
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante el análisis de casos, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	50%
Evaluación de la elaboración de un documento científico-técnico y su exposición y defensa públicas.	50%	70%

<b>Asignatura</b>			
<b>Advanced Topics in Physics / Temas Avanzados de Física</b>			
<b>Créditos ECTS</b>	6	<b>Carácter</b>	Obligatorio
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	S2
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1,CE2, CE3, CE5, CE7</li> <li>✓ Comprender aspectos teórico-prácticos de la física industrial y científica actuales.</li> <li>✓ Conocer la metodología y el diseño de la investigación en física.</li> <li>✓ Conocer técnicas de investigación y desarrollo habituales en ámbitos de la física.</li> <li>✓ Conocer técnicas y materias interdisciplinarias relacionadas con la física.</li> <li>✓ Adquirir conocimiento sobre el funcionamiento de instalaciones científicas relevantes</li> <li>✓ Adquirir conocimiento en diferentes ámbitos de actualidad de la física</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Describir los fundamentos físicos y últimos avances en física de partículas.</li> <li>✓ Analizar la física de los sistemas biológicos: modelos teóricos y técnicas de medida y manipulación en sistemas biológicos</li> <li>✓ Analizar los avances recientes en ciencia de materiales: sus características y sus más importantes aplicaciones</li> <li>✓ Obtener información del funcionamiento de las grandes instalaciones en el campo de la Física.</li> <li>✓ Comparar los sistemas de generación de energía renovable y analizar balances energéticos globales.</li> <li>✓ Analizar y comparar técnicas de biocomputación, supercomputación y redes..</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundamentos de física de partículas y tecnologías asociadas.</li> <li>- Física de biosistemas: descripción de los modelos teóricos y de las técnicas de medida y manipulación en sistemas biológicos.</li> <li>- Propiedades de los nuevos materiales.</li> <li>- Grandes instalaciones en el campo de la física.</li> <li>- Sistemas de generación de energía renovable y análisis de los balances energéticos globales.</li> <li>- Computación, redes y física.</li> </ul>			
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>			
<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>	
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	80	
2. Profundización en un tema de física relacionado con los seminarios	3/75	0	
<b>Metodologías Docentes</b>			
Actividad formativa 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales participativas.</li> <li>• Aprendizaje basado en casos.</li> </ul> Actividad formativa 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo y estudio personal.</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificación y seguimiento por parte del profesor del trabajo del alumno</li> </ul>		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN		
Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas y cuestiones	50%	100%
Elaboración informes	0%	50%
Presentación oral de los resultados del aprendizaje	0%	50%

Asignatura	Master Thesis / Trabajo Fin de Máster		
Créditos ECTS	20	Carácter	Obligatorio
Anual/Semestral	Anual	Semestre	
Lenguas de impartición			
Inglés/Español			
Competencias que el estudiante adquiere			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Competencias específicas de la titulación: CE1, CE4, CE6, CE8</li> </ul> <p>En el trabajo fin de máster se desarrollan competencias generales-transversales que integran conocimientos y habilidades adquiridas a lo largo de toda la titulación. En particular destacan como competencias a consolidar durante la realización y defensa de dicho trabajo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer y aplicar de modo práctico los principios y metodologías de la Física y las Tecnologías Físicas, en cualquiera de sus áreas.</li> <li>Aplicar los conocimientos teóricos a la interpretación y crítica de los resultados experimentales.</li> <li>Desarrollar habilidades para el trabajo independiente y el auto-aprendizaje en el desempeño de la actividad investigadora o profesional.</li> <li>Adquirir destrezas de comunicación oral y escrita incluyendo el desarrollo del sentido crítico y la discusión de resultados.</li> </ul>			
Resultados de aprendizaje			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de un trabajo de investigación con un grado significativo de independencia y originalidad.</li> <li>Redacción y defensa pública de un trabajo de investigación.</li> </ul>			
Contenidos			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realización de un trabajo individual y original seleccionado por el estudiante o asignado de entre los propuestos cada curso por la Comisión de Garantía de la Calidad del máster.</li> </ul>			
ACTIVIDADES FORMATIVAS			
Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad	
<p>El trabajo será dirigido por doctores con amplia experiencia en la dirección de tesis doctorales y proyectos. Las actividades formativas se adecuarán a cada trabajo particular pero en todo caso incluirán:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Planificación del trabajo</li> <li>Adquisición de conocimientos científicos y técnicos necesarios para el desarrollo del trabajo</li> <li>Según cada caso, realización de ensayos, medidas experimentales,</li> </ol>	20/500	En función del trabajo a realizar.	

simulaciones, cálculos, tratamiento de datos... objetivos del trabajo fin de máster.		
4. Elaboración de una memoria y defensa pública del trabajo realizado.		
<b>Metodologías Docentes</b>		
La metodología se adecuará a la temática de cada trabajo en concreto pero potenciará en todo caso el trabajo autónomo y significativo del estudiante. El director de cada trabajo se reunirá periódicamente con el alumno para permitir un adecuado control y seguimiento del trabajo realizado, para orientar al alumno en las distintas etapas del trabajo y resolver sus dudas o cuestiones académicas al respecto.		
<b>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</b>		
<b>Sistema de evaluación</b>	<b>Ponderación mínima</b>	<b>Ponderación máxima</b>
Un tribunal nombrado cada curso valorará los trabajos de fin de máster. Dicha valoración se realizará en un periodo señalado con suficiente antelación y tras haber finalizado las evaluaciones del resto de las asignaturas. Los Centros establecerán los procedimientos para la formación de los tribunales y traslado a éstos de los trabajos presentados en cada periodo establecido para ello. Los tribunales evaluadores estarán constituidos al menos por tres miembros y serán nombrados según el procedimiento que el centro determine. El alumno tendrá un tutor que realizará un seguimiento del desarrollo de su trabajo y emitirá un informe detallado sobre el mismo (que incluirá su valoración del trabajo realizado por el estudiante, incluyendo como aspectos a valorar: actitud, metodología, dedicación en ECTS, continuidad del esfuerzo, resultados intermedios y resultados finales). Este informe será tenido en cuenta por el comité evaluador a la hora de calificar el trabajo. El alumno presentará un resumen de su trabajo por escrito en el plazo que establezca la comisión evaluadora. Se valorará la claridad en la exposición de objetivos, metodología, resultados y conclusiones, así como la adecuación de la metodología seguida a los objetivos pretendidos y el alcance de los resultados conseguidos. Además se deberá realizar una defensa oral del trabajo ante la comisión evaluadora en la que ésta podrá plantear al alumno todas aquellas cuestiones que considere pertinentes. La calificación del trabajo se realizará con el mismo baremo que el resto de las asignaturas de titulaciones oficiales. En caso de evaluación negativa, el tribunal decidirá si procede una segunda defensa con las correspondientes modificaciones o la realización de un nuevo trabajo.	100%	100%

### Asignaturas optativas

<b>Asignatura</b>	<b>Aplicaciones de la Óptica en el Entorno Industrial</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiriere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3, CE5, CE7</li> <li>✓ Visión global del papel que la Física, y en particular la Óptica, ha adquirido en los últimos años en el sector empresarial e industrial de nuestro entorno.</li> <li>✓ Implementación de medidas físicas en la industria en relación con la Óptica.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aplicar técnicas físicas en el desarrollo de multicapas para vidrio arquitectónico.</li> <li>✓ Aplicar técnicas físicas en la industria termo-solar y fotovoltaica.</li> <li>✓ Aplicar técnicas en instrumentación y medida en el entorno industrial relacionado con recubrimientos.</li> </ul>			

<b>Contenidos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deposición física en vacío. Ámbitos de aplicación.</li> <li>- Recubrimientos ópticos en arquitectura.</li> <li>- La física en la industria termo-solar y fotovoltaica.</li> <li>- Instrumentación óptica y medida industrial. Normativas.</li> </ul>		
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>		
<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>
1. Adquisición de conocimientos y análisis de casos prácticos	4/100	40
2. Seminarios dedicados a distintas actividades industriales	1/25	40
<b>Metodologías Docentes</b>		
Actividad formativa 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales participativas.</li> <li>• Aprendizaje basado en casos.</li> </ul> Actividad formativa 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminarios participativos.</li> <li>• Charlas con invitados al curso.</li> </ul>		
<b>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</b>		
<b>Sistema de evaluación</b>	<b>Ponderación mínima</b>	<b>Ponderación máxima</b>
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	70%
Realización de al menos una prueba teórico-práctica a lo largo del curso	30%	70%

<b>Asignatura</b>	<b>Relativistic Astrophysics, Astroparticles and Cosmology / Astrofísica Relativista, Astropartículas y Cosmología</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3, CE5</li> <li>✓ Reconocer la naturaleza de los rayos cósmicos, su naturaleza y métodos de detección.</li> <li>✓ Comprender la relevancia del neutrino en la física solar y en cosmología.</li> <li>✓ Estudiar en profundidad la naturaleza del modelo standard de cosmología, su evidencia observacional y descripción teórica.</li> <li>✓ Tener un conocimiento de las propiedades de la materia oscura, candidatos y técnicas observacionales.</li> <li>✓ Comprender la aceleración del universo, el papel de la energía oscura y las observaciones de supernovas asociadas</li> <li>✓ Entender la naturaleza del universo evolutivo y de las distintas eras gobernadas por las propiedades de las partículas elementales que lo constituyen.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Describir la geometría del universo y la métrica de Schwarzschild como soluciones de las ecuaciones de Einstein.</li> <li>✓ Habilidad para reconocer los diferentes candidatos para la materia oscura.</li> <li>✓ Comparar las diferentes teorías para la naturaleza de la energía oscura y analizar los esfuerzos experimentales..</li> <li>✓ Descripción de la radiación cósmica de fondo de microondas y análisis del espectro de anisotropías.</li> </ul>			

- ✓ Describir el espectro de rayos cósmicos y calcular sus flujos a nivel del mar y bajo tierra.
- ✓ Estimación de los ritmos de detección para los neutrinos de diferentes fuentes y para los candidatos a materia oscura.

### Contenidos

- Introducción a la Relatividad General. Cosmología observacional.
- Modelo standard de la cosmología moderna: Principio cosmológico. La métrica de Robertson-Walker. Las ecuaciones de Friedman-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW). Estructura causal.
- Inflación: Problemas del modelo standard. Paradigma inflacionario. La constante cosmológica.
- Cronología del universo: Gran Explosión. Nucleosíntesis. Radiación gravitatoria de fondo. Radiación de fondo de microondas. Formación de estructuras. Reionización. Formación de galaxias. Futuro del universe.
- Rayos cósmicos. Historia. Rango de energías. Fuentes y tipos de rayos cósmicos. Producción y métodos de detección. Rayos cósmicos de energía extrema. Detección de antimateria.
- Neutrinos de alta energía y telescopios de neutrinos.
- Materia oscura: Teorías. Candidatos a materia oscura. Búsqueda directa.
- Energía oscura: Ecuación de Friedman y parámetro de aceleración. Estudios y experimentos recientes.

### ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	40
2. Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	40
3. Elaboración y exposición trabajo final	1/25	40

### Metodologías Docentes

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en casos.

Actividad formativa 2:

- Clases magistrales en grupo reducido.
- Resolución de problemas en grupos reducidos.

Actividad formativa 3:

- Tutorías.
- Exposición oral en clase de los trabajos .
- Elaboración de informes.

### SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	20%	30%
Realización de un trabajo final sobre uno de los temas tratados en la asignatura y defensa oral final	70%	80%

<b>Asignatura</b>	Material Science / Ciencia de Materiales		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE7</li> <li>✓ Comprender los fundamentos físicos de las propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, ópticas y magnéticas observadas en los materiales sólidos reales.</li> <li>✓ Conocer materiales metálicos, cerámicos y poliméricos de acuerdo con su estructura atómica y cristalina, características microestructurales y propiedades macroscópicas.</li> <li>✓ Comprender e interpretar la influencia del procesado en las características finales que presenta una determinada pieza de un material.</li> <li>✓ Saber cómo seleccionar materiales y rutas de procesado adecuados para distintas aplicaciones estructurales y funcionales.</li> <li>✓ Saber aplicar técnicas básicas de procesado digital de señales para la recuperación de medidas.</li> <li>✓ Conocer técnicas básicas de control automático.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comparar los principales materiales de uso estructural y funcional</li> <li>✓ Modificar la microestructura de un material.</li> <li>✓ Caracterizar la microestructura de un material.</li> <li>✓ Relacionar las propiedades de un material con su microestructura.</li> <li>✓ Caracterizar materiales de acuerdo a sus propiedades estructurales y funcionales.</li> <li>✓ Seleccionar materiales para aplicaciones estructurales y funcionales.</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Introducción “del sólido ideal al material real”</u>: defectos en sólidos, microestructura, clasificación de materiales</li> <li>- <u>Difusión en sólidos</u></li> <li>- <u>Control microestructural</u>: diagramas de fase y transformaciones de fase</li> <li>- <u>Metales</u>: características generales, mecanismos de endurecimiento y tratamientos térmicos, principales familias de aleaciones, propiedades mecánicas generales, fractura y comportamiento en servicio, propiedades funcionales, aplicaciones.</li> <li>- <u>Cerámicas</u>: características generales, técnicas de preparación y sinterizado, microestructura característica de cerámicas tradicionales y avanzadas, cerámicas estructurales, cerámicas funcionales, principales aplicaciones de las cerámicas avanzadas.</li> <li>- <u>Polímeros</u>: monómeros, arquitectura molecular, organización molecular en el estado sólido, relación entre estructura y propiedades, familias de polímeros, principales polímeros y sus aplicaciones.</li> <li>- <u>Materiales compuestos</u>: sinergia, materiales compuestos reforzados con partículas y con fibras, tipos de matrices y de refuerzos, principales aplicaciones.</li> </ul>			
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>			
	<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>
1.	Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	40
2.	Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	40
3.	Prácticas de laboratorio relacionadas con la asignatura	1/25	40
<b>Metodologías Docentes</b>			

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en casos.

Actividad formativa 2:

- Clases magistrales en grupo reducido.
- Resolución de problemas en grupos reducidos.

Actividad formativa 3:

- Prácticas o demostraciones de laboratorio.
- Clases magistrales en grupos reducidos.
- Elaboración de informes.

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN**

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	70%
Realización de al menos una prueba teórico-práctica a lo largo del curso	30%	70%

<b>Asignatura</b>	Low Temperature Physics and Quantum Technologies / Física de Bajas Temperaturas y Tecnologías Cuánticas		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Curso/semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1,CE2, CE6</li> <li>✓ Comprensión de conceptos básicos necesarios para la investigación en campos como la física de bajas temperaturas, la superconductividad, etc.</li> <li>✓ Comprensión de conceptos básicos relacionados con la teoría cuántica de la información, su implementación en sistemas físicos y el campo de las tecnologías cuánticas.</li> <li>✓ Entender las propiedades físicas y la respuesta de materiales y líquidos criogénicos a bajas temperaturas.</li> <li>✓ Saber cómo manejar de líquidos criogénicos y técnicas experimentales auxiliares, como equipos de vacío, detección de fugas, etc.</li> <li>✓ Conocer cómo realizar medidas físicas en la región de bajas y muy bajas temperaturas.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Describir los fundamentos de fenómenos físicos y las propiedades de materiales característicos de la región de bajas temperaturas</li> <li>✓ Describir los fundamentos físicos de tecnologías cuánticas.</li> <li>✓ Resolver problemas concretos relacionados con estos fenómenos</li> <li>✓ Diseñar y llevar a cabo experimentos para medir las propiedades físicas (eléctricas y magnéticas) de materiales a bajas y muy bajas temperaturas, interpretar y presentar los resultados.</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Métodos criogénicos.</u> Introducción. Evolución de la física de bajas temperaturas y de sus métodos. Propiedades de la materia a bajas temperaturas. Contacto y aislamiento térmico. Técnicas de refrigeración Termometría</li> <li>- <u>Condensación de Bose-Einstein y superfluidez.</u></li> <li>- <u>Superconductividad</u> Nociones generales y modelos teóricos. Efecto Josephson y circuitos superconductores</li> </ul>			

basados en unions Josephson. Computación cuántica y circuitos Josephson para computación cuántica. Aplicaciones de la superconductividad.

- Magnetismo cuántico Qubits de espín. Transiciones de fase cuánticas.
- Puzzles y tecnologías cuánticas Decoherencia y la transición entre los mundos cuántico y clásico. Tecnologías cuánticas: metrología y computación cuánticas. Simulando física con física. Implementaciones

#### ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	4/100	40
2. Adquisición de destrezas en técnicas experimentales de baja temperatura	0,6/15	40
3. Adquisición de destreza en la resolución de problemas concretos relacionados con la asignatura	0,4/10	40

#### Metodologías Docentes

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales
- Tutorías
- Estudio personal

Actividad formativa 2:

- Prácticas en laboratorio
- Trabajo en equipo
- Realización y defensa de informes

Actividad formativa 3:

- Enseñanza por pares mediante debate.
- Trabajo individual
- Realización y defensa de informes

#### SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua de los contenidos de la asignatura: la evaluación tendrá en cuenta el grado de trabajo personal del alumno durante todo el curso, reflejado en la resolución de cuestionarios de problemas, realización de tests y otras actividades propuestas por el profesorado	70 %	85 %
Evaluación continua de la adquisición de competencias en técnicas de laboratorio mediante elaboración de informes	15 %	30 %

<b>Asignatura</b>	Communication Physics / Física de la Comunicaciones		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE7</li> <li>✓ Aplicar los fundamentos físicos de los fenómenos de propagación y radiación electromagnética a sistemas de comunicaciones.</li> <li>✓ Caracterizar la degradación de señales digitales en propagación guiada.</li> <li>✓ Comprender el funcionamiento de antenas específicas y sus aplicaciones.</li> <li>✓ Conocer las características de las principales arquitecturas de transceptores.</li> <li>✓ Comprender y aplicar los fundamentos matemáticos de las técnicas de modulación y codificación más usuales.</li> <li>✓ Aplicar la metodología de análisis, diseño y caracterización experimental de circuitos electrónicos específicos de los subsistemas analógicos de los transceptores.</li> <li>✓ Describir y modelar los subsistemas digitales de los transceptores.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinar la evolución de los parámetros característicos de una señal electromagnética en función del canal de propagación.</li> <li>✓ Estimar la deformación de una señal electromagnética en su propagación.</li> <li>✓ Seleccionar el tipo de antena más adecuado según sus propiedades emisoras y receptoras.</li> <li>✓ Distinguir la idoneidad de las arquitecturas transceptoras en función del contexto canal-síñal.</li> <li>✓ Modelar un sistema simplificado de comunicación serie de alta velocidad y extraer la tasa de error a partir de la relación señal-ruido.</li> <li>✓ Calcular los parámetros fundamentales de un receptor analógico a partir del análisis y simulación de su estructura.</li> <li>✓ Interpretar las especificaciones de un sistema completo de comunicación.</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propagación de la señal electromagnética, tratamiento avanzado.</li> <li>- Antenas específicas: <i>arrays</i> de antenas, antenas fractales.</li> <li>- Teoría de las comunicaciones.</li> <li>- Bloques analógicos en transceptores.</li> <li>- Bloques digitales en transceptores.</li> <li>- Aplicaciones a laboratorios remotos.</li> </ul>			
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>			
	<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>
1.	Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	40
2.	Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	40
3.	Diseño, caracterización y medidas experimentales de transceptores de información.	1/25	40
<b>Metodologías Docentes</b>			

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en casos.

Actividad formativa 2:

- Clases magistrales en grupo reducido.
- Resolución de problemas en grupos reducidos.

Actividad formativa 3:

- Prácticas o demostraciones de laboratorio.
- Clases magistrales en grupos reducidos.
- Elaboración de informes.

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN**

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	70%
Evaluación continua por realización de trabajos temáticos teórico-prácticos a lo largo del curso.	30%	70%

<b>Asignatura</b>	<b>Physics of Magnetic Materials / Física de Materiales Magnéticos</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Curso/semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés / Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3, CE6</li> <li>✓ Comprender la descripción cuántica del magnetismo: gas de electrones y momento atómico del átomo.</li> <li>✓ Entender las diferentes interacciones magnéticas en los sólidos y la aparición del orden magnético cooperativo.</li> <li>✓ Conocer los diferentes tipos de ordenamiento en sólidos: ferro, ferri y antiferromagnetismo.</li> <li>✓ Entender el concepto y origen de la anisotropía magnética.</li> <li>✓ Entender aspectos dinámicos del magnetismo.</li> <li>✓ Conocer las principales técnicas experimentales en magnetismo, las principales familias de materiales magnéticos y sus aplicaciones.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Calcular la susceptibilidad magnética del gas de electrones libres (paramagnetismo de Pauli y diamagnetismo de Landau).</li> <li>✓ Calcular la susceptibilidad magnética de un sistema de momentos localizados (Brillouin).</li> <li>✓ Obtener el Hamiltoniano de un ion localizado en un entorno cristalino y determinar el esquema de niveles de campo cristalino.</li> <li>✓ Derivar los Hamiltonianos de las interacciones de canje más habituales (Heisenberg, RKKY, supercanje, Hubbard).</li> <li>✓ Desarrollar diversos modelos de ferromagnetismo. Calcular el espectro de ondas de espín (magnones).</li> <li>✓ Calcular el tamaño típico de los dominios magnéticos y de la pared de dominio.</li> <li>✓ Determinar en el laboratorio diversas magnitudes magnéticas mediante técnicas macroscópicas (p.ej. VSM) y microscópicas (p.ej. MFM, Lorentz).</li> <li>✓ Aplicar todos los conocimientos a racionalizar y clasificar los materiales magnéticos más conocidos por la fenomenología que presentan y sus aplicaciones tecnológicas.</li> </ul>			

<b>Contenidos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Magnetismo de electrones.</li> <li>- Magnetismo de momentos localizados.</li> <li>- Iones en sólidos: campo cristalino.</li> <li>- Interacciones de intercambio.</li> <li>- Ferromagnetismo.</li> <li>- Antiferromagnetismo y otros ordenamientos.</li> <li>- Anisotropía magnética. Dominios magnéticos.</li> <li>- Técnicas experimentales en magnetismo.</li> <li>- Resonancia magnética.</li> <li>- Materiales magnéticos.</li> <li>- Aplicaciones de los materiales magnéticos.</li> </ul>		
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>		
<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Nº Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de las asignatura	4/125	40
2. Prácticas de laboratorio	1/25	40
<b>Metodologías Docentes</b>		
Actividad formativa 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales participativas.</li> <li>• Aprendizaje basado en casos .</li> </ul> Actividad formativa 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas o demostraciones de laboratorio.</li> <li>• Elaboración de informes.</li> </ul>		
<b>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</b>		
<b>Sistema de evaluación</b>	<b>Ponderación mínima</b>	<b>Ponderación máxima</b>
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la realización de tests periódicos, cuestiones o temas complementarios y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30 %	70 %
Informes de las prácticas de laboratorio	30 %	70 %

<b>Asignatura</b>	<b>Particle Physics / Física de Partículas</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3, CE4</li> <li>✓ Conocer en profundidad la formulación actual y confirmación experimental del Modelo Estándar de Física de Partículas y sus interacciones.</li> <li>✓ Estudiar los avances que han tenido lugar en Física de Partículas como resultado del conocimiento previo y de las observaciones experimentales hechas en aceleradores.</li> <li>✓ Entender y manejar las técnicas teóricas y matemáticas necesarias para formalizar las competencias anteriores.</li> <li>✓ Adquirir conocimientos acerca de las teorías más allá del Modelo Estándar y los esfuerzos experimentales actuales para su comprobación.</li> </ul>			

<b>Resultados de aprendizaje</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manejar la técnica de diagramas de Feynman y estimar secciones eficaces y anchuras de desintegración para procesos relevantes en el formalismo del Modelo Estándar y sus extensiones.</li> <li>✓ Analizar la deducción del Modelo Estándar de Física de Partículas a partir de los datos experimentales.</li> <li>✓ Describir a nivel fenomenológico la situación actual de la Física de Partículas Elementales y su futuro próximo.</li> <li>✓ Analizar los resultados recientes de aceleradores (principalmente de LHC) y otros experimentos (por ejemplo, desintegración doble beta) y obtener estimaciones sobre posibles nuevos descubrimientos.</li> <li>✓ Ser capaz de explorar posibles extensiones del Modelo Estándar y analizar los esfuerzos experimentales en esa dirección.</li> </ul>		
<b>Contenidos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Reglas de Feynman</u>. Secciones eficaces. Anchuras de desintegración y tiempos de vida.</li> <li>- <u>Teoría electrodébil</u>: Interacciones. El origen de las masas de las partículas. Ruptura espontánea de simetría en física.</li> <li>- <u>Física del sabor</u>: Simetría de sabor y números cuánticos. Leyes de conservación. Corrientes neutras cambiando sabor. Mecanismo GIM. Matriz de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM).</li> <li>- <u>Física de neutrinos</u>: masas, mezcla y oscilaciones. Fermiones de Dirac y Majorana. Mecanismo “seesaw”. Oscilaciones de neutrinos. Violación de la conservación del número leptónico. Desintegración beta y doble beta.</li> <li>- <u>Física de partículas en aceleradores</u>: El gran colisionador hadrónico (LHC): Descubrimiento del Higgs. Presente y futuro. Fenomenología del Higgs. Colisiones de iones pesados. Violación de CP. Experimentos en Física de Partículas y aplicaciones.</li> <li>- <u>Física más allá del Modelo Estándar</u>.</li> </ul>		
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>		
Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	40
2. Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	20
3. Redacción de un trabajo y preparación de una presentación sobre uno de los temas tratados a lo largo del curso.	1/25	10
<b>Metodologías Docentes</b>		
<p>Actividad formativa 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales participativas.</li> <li>• Aprendizaje basado en casos.</li> </ul> <p>Actividad formativa 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales en grupo reducido.</li> <li>• Resolución de problemas en grupos reducidos.</li> </ul> <p>Actividad formativa 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tutorías.</li> <li>• Trabajo en grupo.</li> <li>• Consulta bibliográfica.</li> <li>• Elaboración de un trabajo y/o informe.</li> <li>• Preparación de una presentación oral.</li> </ul>		
<b>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</b>		
Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante su participación en clases magistrales, la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la	10%	30%

asignatura.		
Realización de un trabajo sobre uno de los temas tratados en el curso y defensa oral del mismo.	70%	90%

<b>Asignatura</b>	Statistical Physics of Critical Phenomena and Complex Systems / Física Estadística de Fenómenos Críticos y Sistemas Complejos		
<b>Créditos ECTS</b>	5.0	<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Curso/semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés / Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas: CE1,CE2,CE3, CE5</li> <li>✓ Capacidad de trabajo y comunicación en un campo interdisciplinar.</li> <li>✓ Comprender la fenomenología general de los fenómenos críticos.</li> <li>✓ Comprender el fenómeno de universalidad y su aplicación en el razonamiento físico.</li> <li>✓ Conocer las aproximaciones adecuadas en el análisis de fenómenos críticos.</li> <li>✓ Entender el concepto de invariancia de escala y su aplicación en la teoría de fenómenos críticos.</li> <li>✓ Comprender la extensión de los conceptos de universalidad y escalado a distintas ciencias.</li> <li>✓ Reconocer el carácter común subyacente a diversos campos del conocimiento, de diversos conceptos, modelos y técnicas de la Física Estadística.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Plantear y resolver energías libres de campo medio (Landau).</li> <li>✓ Calcular los exponentes críticos en la aproximación de campo medio.</li> <li>✓ Calcular funciones de partición con el método de matriz de transferencia</li> <li>✓ Calcular transformaciones de grupo de renormalización en modelos sencillos (percolación, Ising, etc.)</li> <li>✓ Analizar diagramas de flujo y cálculo de exponentes críticos en GR.</li> <li>✓ Construir modelos de diversos fenómenos fuera del dominio tradicional de la Física.</li> <li>✓ Analizar modelos de diversos fenómenos con los procedimientos y técnicas de la Física Estadística.</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Fenomenología de Transiciones de fase.</u> Modelos. Teorías de campo medio. Fluctuaciones. Resultados exactos y métodos aproximados.</li> <li>- <u>Scaling y Universalidad.</u> Percolación (1D, red de Bethe, 2D numérico). Modelo de Ising. Grupo de renormalización en el espacio real. Teoría del grupo de renormalización.</li> <li>- <u>Modelos dinámicos en fenómenos críticos.</u> Criticalidad en estados estacionarios de no-equilibrio: criticalidad auto-organizada y aplicaciones en Ciencias Naturales (sandpiles, terremotos, procesos de fractura en sólidos).</li> <li>- <u>Estructura y Dinámica de sistemas complejos.</u> Ejemplos de dinámicas en sistemas naturales, biológicos, tecnológicos y socioeconómicos (fenómenos de reacción- difusión, propagación de información, sincronización de osciladores no lineales, dinámica evolutiva de juegos, dinámicas de aprendizaje social, fenómenos sociales colectivos).</li> </ul>			
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>			
	<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>
1.	Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	48
2.	Resolución de problemas relacionados con los contenidos	1,2/30	47
3.	Realización de trabajo de curso	0,8/20	0
<b>Metodologías Docentes</b>			

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas
- Seminarios interdisciplinarios sobre conceptos básicos de otras Ciencias (Ecología, Teoría Evolutiva, Sismología, Teoría de Juegos, Análisis Económico y Teoría de la Decisión)

Actividad formativa 2:

- Clases magistrales en grupo reducido.
- Resolución de problemas en grupos reducidos

Actividad formativa 3:

- Búsqueda y síntesis bibliográfica.
- Desarrollos analíticos y computacionales.
- Interpretación de resultados.

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN**

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua de los contenidos de la asignatura: la evaluación tendrá en cuenta el grado de trabajo personal del alumno durante todo el curso, reflejado en la resolución de cuestionarios de problemas	30%	50%
Realización de una prueba teórico-práctico a lo largo del curso	20%	50%
Evaluación continua de la adquisición de competencias en desarrollos analíticos y técnicas computacionales mediante elaboración de un trabajo de curso.	20%	50%

<b>Asignatura</b>	<b>Intelligent Instrumentation / Instrumentación Inteligente</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE7</li> <li>✓ Comprender el funcionamiento de los principales sistemas de instrumentación electrónica utilizados en un laboratorio de física.</li> <li>✓ Aplicar las técnicas básicas de procesamiento analógico al tratamiento de la medida.</li> <li>✓ Analizar y diseñar circuitos electrónicos específicos para diferentes contextos de medida.</li> <li>✓ Conocer los diferentes entornos de programación y control usados en sistemas de instrumentación inteligentes.</li> <li>✓ Aplicar técnicas básicas de procesamiento digital de señales para la recuperación de medidas.</li> <li>✓ Conocer técnicas básicas de control automático.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Analizar interfaces electrónicos específicos de precisión (bajo ruido, alta sensibilidad, etc.).</li> <li>✓ Aplicar técnicas de procesamiento analógico de señales al diseño de interfaces de transductores físicos.</li> <li>✓ Diseñar un circuito analógico de acondicionamiento de señal para unas especificaciones determinadas.</li> <li>✓ Programar un entorno multi-instrumento de adquisición de medidas.</li> <li>✓ Seleccionar el algoritmo digital más adecuado eliminar el ruido eléctrico de las señales.</li> <li>✓ Diseñar un sistema automático de control sencillo.</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelado eléctrico de sensores físicos.</li> <li>- Interfaces electrónicos especializados: baja corriente, alta resistencia, carga, etc.</li> <li>- Procesado analógico de la señal (lineal y no lineal)</li> </ul>			

- Técnicas de conversión digitales (muestreo Nyquist, sobremuestreo, muestreo en tiempo equivalente) y cuasi-digitales.
- Procesado digitales de señales.
- Instrumentación electrónica de altas prestaciones (nanovoltímetros, picoamperímetros,...).
- Buses estándares de instrumentación (características, protocolos,...).
- Calibración de instrumentos.
- Fundamentos de control automático de procesos y laboratorios remotos.

#### ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	40
2. Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	40
3. Diseño y caracterización de un sistema completo de adquisición de medida y control de la instrumentación	1/25	40

#### Metodologías Docentes

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en casos.

Actividad formativa 2:

- Clases magistrales en grupo reducido.
- Resolución de problemas en grupos reducidos.

Actividad formativa 3:

- Prácticas o demostraciones de laboratorio.
- Clases magistrales en grupos reducidos.
- Elaboración de informes.

#### SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura.	30%	70%
Evaluación continua por realización de trabajos temáticos teórico-prácticos a lo largo del curso.	30%	70%

<b>Asignatura</b>	<b>Interaction of Radiation and Matter / Interacción de Radiación y Materia</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3</li> <li>✓ Comprender los principios básicos de la radiación electromagnética y su interacción con la materia.</li> <li>✓ Saber aplicar las propiedades de la radiación a distintos fenómenos físicos.</li> <li>✓ Conocimiento muy amplio sobre los efectos de la radiación en la materia.</li> <li>✓ Entender cómo se aplica la teoría a los nuevos materiales.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			

- ✓ Descubrir las consecuencias prácticas de los aspectos relativistas de la radiación
- ✓ Analizar los distintos fenómenos físicos que involucran emisión o absorción de radiación electromagnética.
- ✓ Dominio de las técnicas de detección de la radiación.
- ✓ Dominio de las reglas básicas de la interacción de la luz con la materia.
- ✓ Familiarización con el uso del inglés en el ámbito científico.

#### Contenidos

- Electrodinámica Relativista.
- Simetría Lorentz y espín.
- Teoría de la Radiación. Radiación Sincrotrón.
- Radiación a través de materia. Efecto Cerenkov.
- Mecánica Cuántica Relativista: Ecuaciones de Klein-Gordon y Dirac.
- Invariancia Gauge.
- Simetrías de la ecuación de Dirac. Paridad, inversión temporal y conjugación de carga. Antipartículas.
- Ecuación de Dirac y Grafeno. Efecto Hall Cuántico.
- Espectro de Átomos Relativistas.
- Amplitudes de Scattering en Teoría de Perturbaciones.
- Regla de oro de Fermi. Efecto Compton.
- Interacción de radiación con materia no relativista.
- Efectos Rayleigh y Fotoeléctrico

#### ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Aprendizaje de conocimientos básicos	3/75	40
2. Resolución de problemas	1/25	40
3. Realización de un trabajo	1/25	40

#### Metodologías Docentes

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en problemas.

Actividad formativa 2:

- Clases magistrales en grupo reducido.
- Resolución de problemas en grupos reducidos.

Actividad formativa 3:

- Elaboración de informes

#### SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	70%
Realización de al menos una prueba teórico-práctica a lo largo del curso	30%	70%

<b>Asignatura</b>	Nanoscience and Nanotechnology / Nanociencia y Nanotecnología		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE6, CE7</li> <li>✓ Usar el lenguaje adecuado en el campo de la Nanociencia y la Nanotecnología</li> <li>✓ Adquisición de la realidad del impacto tecnológico de la Nanociencia y la Nanotecnología</li> <li>✓ Identificar los temas científicos de alto interés actualmente en Nanociencia y Nanotecnología</li> <li>✓ Conocimiento de los métodos de crecimiento de objetos nanométricos</li> <li>✓ Conocer los diferentes métodos litográficos y sus aplicaciones</li> <li>✓ Aprender las herramientas de caracterización de nanosistemas y la información que se obtiene de ellos</li> <li>✓ Entender las diferencias entre los distintos métodos 'top-down' de crear nanosistemas y sus aplicaciones</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Madurez para distinguir entre las diferentes aproximaciones, herramientas y técnicas utilizadas en Nanociencia y Nanotecnología</li> <li>✓ Describir varias aplicaciones en cada uno de los diferentes campos de la Nanotecnología</li> <li>✓ Diferenciar entre los distintos métodos de crecimiento, fabricación y caracterización de nanosistemas</li> <li>✓ Nombrar las temáticas más importantes de investigación en Nanociencia</li> <li>✓ Explicar los diferentes pasos que se requieren en cada aplicación para realizarla en términos de preparación y fabricación de los nanosistemas así como su caracterización.</li> <li>✓ Calcular la interacción entre una punta de AFM y una superficie</li> <li>✓ Evaluar la reflectividad de rayos X de una película en función de su espesor y rugosidad</li> <li>✓ Calcular la corriente túnel entre una punta de STM y una superficie</li> <li>✓ Estimar el ritmo de crecimiento de un material en la técnica FEBID</li> <li>✓ Calcular la respuesta de un biosensor magnético</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Preparación de Nanoestructuras</u>: Tecnologías de vacío, tecnologías de crecimiento de películas delgadas, ablación láser, epitaxia de haces moleculares, pulverización catódica, evaporación. Litografía óptica, litografía electrónica, litografía de iones, litografía de sonda local, nano-impresión. Auto-ensamblaje y auto-organización. Nanopartículas. Funcionalización de nanopartículas y superficies.</li> <li>- <u>Técnicas de caracterización en Nanociencia</u>: Microscopías de sonda local: AFM, STM, MFM. Microscopía electrónica de barrido (SEM) y de transmisión (TEM). Técnicas de caracterización de superficies: XPS, Auger, RBS, RHEED, BET. Técnicas de rayos X, neutrónicas y de radiación sincrotrón para películas delgadas y nanoestructuras.: XRD, XRR, PNR, SANS, GISANS.</li> <li>- <u>Aplicaciones: Nanotecnología</u>: Miniaturización, almacenamiento y procesado de la información, sensores, telecomunicaciones, sistemas nano/micro-electromecánicos (NEMS/MEMS), biosensores, biochips, agentes de contraste para MRI, liberación de fármacos, hipertermia magnética.</li> </ul>			
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>			
<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>	
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3,5/87,5	40	
2. Realización de prácticas de laboratorio	1,5/37,5	40	
<b>Metodologías Docentes</b>			

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en casos.

Actividad formativa 2:

- Prácticas o demostraciones de laboratorio.
- Elaboración de informes.

#### SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la realización de tests al finalizar cada bloque temático	30%	70%
Evaluación de los informes de prácticas que los alumnos deberán completar tras su realización	30%	70%

<b>Asignatura</b>	<b>Seguridad y Procesos Industriales con Láser</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE5</li> <li>✓ Analizar textos científicos y/o comerciales sobre láser y aplicaciones del láser en cualquier ámbito científico.</li> <li>✓ Aprender a seleccionar un tipo de láser adecuado para una aplicación concreta.</li> <li>✓ Valorar previamente a su adquisición si un láser resultará adecuado para la finalidad deseada, en función de modelos teóricos estándar y de los parámetros del láser proporcionados por los fabricantes.</li> <li>✓ Modificar las características ópticas de un haz láser para adaptarlo a una aplicación específica.</li> <li>✓ Saber cómo diseñar medidas de seguridad en instalaciones que empleen algún láser.</li> <li>✓ Saber identificar el sistema láser adecuado para diferentes aplicaciones de procesamiento de materiales.</li> <li>✓ Conocer los parámetros más importantes en cada tipo de procesamiento y su efecto.</li> <li>✓ Relacionar condiciones de procesamiento, cambios microestructurales y propiedades.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Buscar y analizar información científica y/o comercial sobre láseres, discriminar la información superflua y relacionar la información relevante con las posibles aplicaciones de dichos láseres.</li> <li>✓ Decidir y planificar medidas de seguridad adecuadas para una instalación experimental que contenga algún láser.</li> <li>✓ Seleccionar el tipo de sistema láser necesario para llevar a cabo diferentes procesos de tratamientos sobre distintos tipos de materiales: calentamiento, fusión, vaporización.</li> <li>✓ Entender, analizar y presentar en un informe los resultados relevantes en un experimento de procesamiento de materiales (tal como la fabricación de un vidrio o cristal, soldadura, corte, mecanizado por ablación, modificación superficial, etc.).</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			

- Descripción de láser. Especificaciones técnicas.
- Características ópticas y transformación del haz láser.
- Principales tipos de láser (descripción, características, aplicaciones).
- Práctica: Propagación y transformación de un haz láser respetando las normas de seguridad.
- Interacción de la radiación con la materia.
- Sistemas láser en procesos industriales.
- Seguridad en entornos láser.
- Procesos industriales.
- Práctica: Procesos de fusión y ablación asistida por láser aplicados al procesado de materiales.

**ACTIVIDADES FORMATIVAS**

Actividad formativa	Nº Horas	% Presencialidad
1. Clases de teoría y resolución de problemas.	4 /100	40%
2. Prácticas y demostraciones de laboratorio.	1 /25	40 %

**Metodologías Docentes**

- Clases magistrales participativas.
- Casos y aprendizaje basado en problemas.
- Prácticas y demostraciones de laboratorio.

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN**

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Realización y exposición de un informe sobre una aplicación real del láser, aconsejando un modelo de láser comercial para dicha aplicación.	60 %	80 %
Realización de un informe sobre cada una de las prácticas de laboratorio realizadas.	20 %	40 %

<b>Asignatura</b>	<b>Radiation Detection Systems / Sistemas de Detección de Radiación</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3, CE7</li> <li>✓ Conocer las fuentes de radiación.</li> <li>✓ Entender los principios físicos de los dispositivos de detección y su dominio de aplicación.</li> <li>✓ Conocer y comprender la estructura y funcionamiento de los principales elementos que integran los sistemas de detección y medida de la radiación.</li> <li>✓ Conocer las técnicas matemáticas de conformación de pulsos y procesado de la señal.</li> <li>✓ Aprender la metodología de análisis, diseño y caracterización experimental de circuitos electrónicos específicos de sistemas de detección.</li> <li>✓ Conocer los efectos de la radiación en los dispositivos y circuitos electrónicos.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			

- ✓ Describir el espectro de energía de diferentes fuentes de radiación.
- ✓ Distinguir las señales que deja la interacción de la radiación en los materiales usados comúnmente como detectores.
- ✓ Identificar el detector más adecuado para cada tipo de radiación, rango de energía o propósito.
- ✓ Analizar cómo carga eléctrica, calor o luz ocasionados en el detector por las interacciones se convierten en pulso eléctrico.
- ✓ Calcular el efecto del ruido electrónico sobre las medidas de tiempo y amplitud.
- ✓ Analizar y diseñar un circuito electrónico analógico de conformación de pulsos para mediciones de amplitud y tiempo. Diseñar sistemas de digitalización de pulsos.
- ✓ Configurar un sistema completo de medida de radiación ionizante.
- ✓ Calcular los efectos de la radiación en dispositivos semiconductores.
- ✓ Utilizar diferentes equipos de detección en el laboratorio e interpretar los resultados.

### Contenidos

- Fuentes de radiación e interacciones.
- Propiedades generales de los detectores de radiación y fundamentos físicos de la detección.
- Detectores de gas. Cámaras de deriva, multiusos y TPC. Nuevos detectores de gas (MPGD).
- Detectores de centelleo y fotodetectores (Fotomultiplicadores, fotodiodos ...). Electrominiscencia.
- Detectores semiconductores. Espectrometría gamma de alta resolución.
- Detectores bolométricos. Detectores híbridos.
- Aplicaciones de detectores: Física de partículas, industria, medicina.
- Amplificadores de bajo ruido.
- Ecuilibradores de pulsos.
- Procesadores analógicos de señal.
- Efectos de la radiación en circuitos.
- Sistemas de detección y medida.

### ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	40
2. Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	40
3. Observación, caracterización y medida experimental con detectores de radiación.	1/25	40

### Metodologías Docentes

- Actividad formativa 1:
- Clases magistrales participativas.
  - Aprendizaje basado en casos.
- Actividad formativa 2:
- Clases magistrales en grupo reducido.
  - Resolución de problemas en grupos reducidos.
- Actividad formativa 3:
- Prácticas o demostraciones de laboratorio.
  - Clases magistrales en grupos reducidos.
  - Elaboración de informes.

### SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	70%

Evaluación continua por realización de trabajos temáticos teórico-prácticos a lo largo del curso.	30%	70%
---	-----	-----

<b>Asignatura</b>	<b>Técnicas de Imagen y Radiofísica</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE6, CE7</li> <li>✓ Entender las técnicas de procesado digital de imagen y su fundamento científico.</li> <li>✓ Manejar herramientas informáticas de procesado digital de imágenes.</li> <li>✓ Conocer las aplicaciones científicas, industriales y biomédicas del procesado digital de imagen</li> <li>✓ Adquirir conocimientos básicos de radioterapia y de la tecnología implicada en la producción y posterior aplicación de las radiaciones ionizantes.</li> <li>✓ Conocer los tipos de radiodiagnóstico y los principales métodos de obtención de imágenes en el diagnóstico médico: radiografía, radiología digital, Tomografías, ecografías, RNM, ....</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aplicar técnicas del procesado digital de imágenes para su mejora, restauración o análisis.</li> <li>✓ Describir los fundamentos físicos de la radioterapia.</li> <li>✓ Identificar la tecnología implicada en el tratamiento por radioterapia.</li> <li>✓ Calcular dosis mediante modelos físicos.</li> <li>✓ Distinguir y describir las diferentes pruebas de evaluación y radiodiagnóstico: rayos X, ecografías, Tomografías, Mamografías, PET ...</li> <li>✓ Evaluar dosis para radiodiagnósticos según periodo físico y biológico.</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Introducción al procesado digital de imagen</u></li> <li>- <u>Mejora de la imagen.</u> Técnicas en el dominio espacial y de la frecuencia. Procesamiento de imágenes en color.</li> <li>- <u>Restauración de imágenes.</u> Segmentación y detección de líneas y bordes. Representación, descripción y morfología</li> <li>- <u>Reconocimiento e interpretación.</u></li> <li>- <u>Aplicaciones científicas e industriales.</u></li> <li>- <u>Imagen en medicina:</u> rayos X, TACs, Medicina Nuclear, ultrasonidos, RMN, termografías.</li> <li>- <u>Técnicas de Radioterapia:</u> producción de haces de radiación, haces de fotones, terapia con haces de electrones, radioterapia conforme, radioterapia guiada por la imagen, radioterapia con protones, neutrones e iones pesados.</li> </ul>			
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>			
	<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>
1.	Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	2,5/62,5	40
2.	Prácticas de procesado digital de imágenes	1/25	40
3.	Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	40
4.	Observación, caracterización y medida experimental con detectores de radiación.	0,5/12,5	40
<b>Metodologías Docentes</b>			

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en casos.

Actividad formativa 2:

- Prácticas o demostraciones en aula de informática.
- Elaboración de informes o trabajos.

Actividad formativa 3:

- Clases magistrales en grupo reducido.
- Resolución de problemas en grupos reducidos.

Actividad formativa 4:

- Prácticas o demostraciones de laboratorio.
- Clases magistrales en grupos reducidos.
- Elaboración de informes.

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN**

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones, informes, trabajos y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	80%
Trabajo práctico en el laboratorio y/o aula de informática	20%	30%
Realización de al menos una prueba teórico-práctica a lo largo del curso	0%	50%

<b>Asignatura</b>	Quantum Theory of Condensed matter /Teoría Cuántica de la Materia Condensada		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3</li> <li>✓ Comprender algunos de los modelos fundamentales de la materia a nivel microscópico.</li> <li>✓ Conocer las técnicas numéricas fundamentales aplicadas para el estudio de la estructura cuántica de la materia.</li> <li>✓ Estudiar diversos modelos cuánticos de la materia.</li> <li>✓ Competencia para enfrentarse a las situaciones experimentales típicas de la materia condensada y de la Nanociencia tanto desde el punto de vista teórico como computacional.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Analizar y comparar diversos modelos cuánticos de la materia.</li> <li>✓ Describir las propiedades vibracionales de moléculas y sólidos.</li> <li>✓ Estimar propiedades electrónicas de moléculas y sólidos.</li> <li>✓ Calcular estructuras electrónicas de moléculas.</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas y cuasipartículas</li> <li>- Segunda cuantización. Teorías de campos: fotones y fonones,</li> <li>- Modelos fundamentales en problemas de muchos cuerpos</li> <li>- Teoría de perturbaciones (líquido de Fermi, etc.) y teoría de la respuesta lineal.</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Superconductividad</li> <li>- Teoría y aplicaciones del funcional densidad independiente del tiempo (DFT) y dependiente del tiempo (TDDFT)</li> </ul>
--

#### ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	40
2. Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	40
3. Conocimiento y manejo de herramientas computacionales en el ámbito de la asignatura.	1/25	40

#### Metodologías Docentes

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en casos.

Actividad formativa 2:

- Clases magistrales en grupo reducido.
- Resolución de problemas en grupos reducidos.

Actividad formativa 3:

- Prácticas o demostraciones de laboratorio computacional
- Clases magistrales en grupos reducidos.
- Elaboración de informes.

#### SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	50%	90%
Realización de al menos una prueba teórico-práctica a lo largo del curso	10%	50%

#### Observaciones

Se recomienda una formación básica en Materia Condensada, Mecánica Cuántica y en Técnicas Computacionales

Asignatura	Prácticas Externas		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<p>Las prácticas tuteladas pretenden desarrollar competencias transversales e integrar conocimientos y habilidades adquiridas a lo largo del máster. En particular destacan como competencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE2, CE7, CE8</li> <li>✓ Aplicar en un entorno no académico los conocimientos adquiridos.</li> <li>✓ Fomentar la colaboración con otros profesionales y desarrollar el trabajo en equipo.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consecución de objetivos parciales fijados por parte del tutor para cada trabajo concreto.</li> <li>✓ Adaptación al cronograma y plan de trabajo propuesto.</li> <li>✓ Conocimiento del entorno en el que se ha realizado la práctica.</li> <li>✓ Elaboración de informes técnicos.</li> </ul>		
<b>Contenidos</b>		
- Realización de actividades individuales pautadas por el tutor de las prácticas externas.		
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>		
<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>
El alumno tendrá asignados dos tutores (uno en la Universidad y otro en la empresa, entidad o institución) con los que deberá reunirse periódicamente. Estos tutores serán los encargados de supervisar el trabajo desarrollado y valorar su aprendizaje.	5/125	0
<b>Metodologías Docentes</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El alumno elaborará un <i>portfolio</i> de las tareas y actividades en las que participe.</li> </ul>		
<b>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</b>		
<b>Sistema de evaluación</b>	<b>Ponderación mínima</b>	<b>Ponderación máxima</b>
El alumno deberá elaborar un informe-resumen de las prácticas realizadas, así como presentar un <i>portfolio</i> que recoja todas las actividades desarrolladas.  El reconocimiento de los créditos y la calificación será responsabilidad de la Comisión de Garantía de la Calidad del máster, a la vista de la documentación aportada por el alumno y de los informes preceptivos de sus tutores.	100%	100%

### Optativas de reserva

<b>Asignatura</b>	<b>Particle Acceleration and Identification / Aceleración de Partículas e Identificación</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3, CE4, CE6</li> <li>✓ Conocimientos básicos sobre técnicas de aceleración y funcionamiento de los aceleradores.</li> <li>✓ Entender los principios básicos utilizados en la creación, detección, medida e identificación de partículas de alta energía.</li> <li>✓ Familiarizarse con los aspectos más importantes de tratamientos de datos en grandes experimentos.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Describir la física y la tecnología implicadas en los aceleradores de partículas.</li> <li>✓ Analizar resultados recientes de experimentos en colisionadores.</li> <li>✓ Hacer estimaciones sobre ritmos y posibles descubrimientos.</li> <li>✓ Estudiar comparativamente futuras propuestas.</li> </ul>			

✓ Usar software de simulación y análisis para hacer estimaciones y tratar los datos.		
<b>Contenidos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceleradores: historia de los aceleradores de partículas.</li> <li>- Tecnología de aceleradores: centrado del haz, aceleración y refrigeración.</li> <li>- Producción de partículas: choques ep, pp, ión-ión, ...</li> <li>- Principios de detección: interacciones de partículas cargadas y neutras, rastreo de partículas</li> <li>- El modelo de capas de los detectores de partículas modernos.</li> <li>- Herramientas de simulación y análisis.</li> <li>- Reconstrucción de sucesos</li> </ul>		
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>		
<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	40
2. Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	40
3. Utilización de software especializado	1/25	40
<b>Metodologías Docentes</b>		
<p>Actividad formativa 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales participativas.</li> <li>• Aprendizaje basado en casos.</li> </ul> <p>Actividad formativa 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales en grupo reducido.</li> <li>• Resolución de problemas en grupos reducidos.</li> </ul> <p>Actividad formativa 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo de simulación y análisis de datos.</li> <li>• Clases magistrales en grupos reducidos.</li> <li>• Elaboración de informes.</li> </ul>		
<b>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</b>		
<b>Sistema de evaluación</b>	<b>Ponderación mínima</b>	<b>Ponderación máxima</b>
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	70%	80%
Realización de trabajo práctico en aula de informática	20%	30%

<b>Asignatura</b>	<b>Modern Problems in Condensed Matter Physics/Cuestiones Modernas en la Física de la Materia Condensada</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Curso/semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Inglés/Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE6, CE7</li> <li>✓ Comprensión de conceptos básicos relacionados con la física de superficies y de sistemas de baja dimensionalidad</li> <li>✓ Comprensión de conceptos básicos relacionados con nuevas fases de la materia condensada</li> </ul>			

- ✓ Comprensión de conceptos básicos relacionados con la materia blanda
- ✓ Cálculo de propiedades físicas de superficies, sistemas de baja dimensionalidad, nuevas fases de la materia y materia blanda

#### Resultados de aprendizaje

- ✓ Describir los fundamentos de fenómenos físicos característicos de superficies y sistemas de baja dimensionalidad
- ✓ Describir propiedades físicas de nuevas fases de la materia condensada
- ✓ Describir los fundamentos de la física de materia blanda
- ✓ Resolver problemas concretos relacionados con estos fenómenos

#### Contenidos

- Introducción.
- Física de superficies
- Sistemas físicos de baja dimensionalidad
  - o Estructura electrónica en dos dimensiones y una dimensión
  - o Física del grafeno
  - o Transporte electrónico en constricciones y sistemas 1D. Efectos cuánticos
  - o Superconductividad en sistemas de una y dos dimensiones
- Nuevas fases de la materia
- Física de materia blanda

#### ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividad formativa	ECTS / Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	4/100	40
2. Adquisición de destrezas en técnicas experimentales de estudio de superficies y sistemas físicos de baja dimensionalidad	0,4/10	40
3. Adquisición de destreza en la resolución de problemas concretos relacionados con la asignatura	0,6/15	40

#### Metodologías Docentes

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales
- Tutorías
- Estudio Personal

Actividad formativa 2:

- Prácticas en laboratorio
- Trabajo en equipo
- Realización y defensa de informes

Actividad formativa 3:

- Clases magistrales en grupos reducidos
- Resolución de problemas en grupos reducidos
- Trabajo individual

#### SISTEMAS DE EVALUACION

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua de los contenidos de la asignatura: la evaluación tendrá en cuenta el grado de trabajo personal del alumno durante todo el curso, reflejado en la resolución de cuestionarios de problemas	70 %	85 %
Evaluación continua de la adquisición de competencias en técnicas de laboratorio mediante elaboración de informes	15 %	30 %

<b>Asignatura</b>	<b>Física de la Tierra</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3.</li> <li>✓ Conocer y tratar los problemas medioambientales desde el punto de vista de la física.</li> <li>✓ Enfrentarse a problemas del medio ambiente.</li> <li>✓ Tratar la evolución de contaminantes en la atmósfera y su deposición en la superficie.</li> <li>✓ Abordar análisis de riesgos y saber cómo actuar frente a ellos.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Adquirir unos conocimientos básicos sobre el clima y el medio ambiente.</li> <li>✓ Familiarización con las ecuaciones que describen la difusión molecular y turbulenta.</li> <li>✓ Analizar y tratar el transporte de contaminantes bajo determinadas condiciones.</li> <li>✓ Adquirir unos conocimientos básicos sobre riesgos naturales, en particular sobre escenarios de impacto sísmico, y conocer protocolos de actuación.</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La atmósfera: características y composición. Concepto de contaminación de la atmósfera. Clasificación de los principales contaminantes.</li> <li>- Definición de Calidad Ambiental: contaminación y polución.</li> <li>- Evaluación de la contaminación ambiental: Evaluación del riesgo y Gestión del riesgo.</li> <li>- Ecuación de difusión y sus soluciones básicas. Dispersión en medios estacionarios. Coeficientes turbulentos en la atmósfera.</li> <li>- Variabilidad climática pasada y el cambio climático.</li> <li>- Detección y observación del cambio climático y sus impactos.</li> <li>- Respuestas sociales ante el cambio climático.</li> </ul>			
<b>ACTIVIDADES FORMATIVAS</b>			
	<b>Actividad formativa</b>	<b>ECTS/Horas</b>	<b>% Presencialidad</b>
1.	Aprendizaje de conocimientos básicos	3/75	40
2.	Resolución de problemas	1/25	40
3.	Realización de un trabajo escrito	1/25	40
<b>Metodologías Docentes</b>			
<p>Actividad formativa 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales participativas.</li> <li>• Aprendizaje basado en problemas.</li> </ul> <p>Actividad formativa 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales en grupo reducido.</li> <li>• Resolución de problemas o casos prácticos simples en grupos reducidos.</li> </ul> <p>Actividad formativa 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo individual.</li> <li>• Elaboración de informes.</li> </ul>			

<b>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</b>		
<b>Sistema de evaluación</b>	<b>Ponderación mínima</b>	<b>Ponderación máxima</b>
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	70%
Realización de al menos una prueba teórico-práctica a lo largo del curso	30%	70%

<b>Asignatura</b>	<b>Fotónica Avanzada y Biofotónica</b>		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Anual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
<b>Lenguas de impartición</b>			
Español			
<b>Competencias que el estudiante adquiere</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3, CE5, CE7</li> <li>✓ Conocer los fundamentos y las características de materiales avanzados de interés en fotónica.</li> <li>✓ Conocer los principales tipos de fibra óptica de propósito específico y sus principales aplicaciones.</li> <li>✓ Conocer el fundamento de los principales dispositivos basados en fibra óptica y, en particular, de sensores de diferentes magnitudes.</li> <li>✓ Conocer los fundamentos, características y aplicaciones de dispositivos ópticos integrados avanzados.</li> <li>✓ Determinar la técnica biofotónica más adecuada para aplicaciones reales en Biología y Medicina.</li> <li>✓ Seleccionar el material necesario para implementar técnicas biofotónicas en función de sus especificaciones técnicas.</li> </ul>			
<b>Resultados de aprendizaje</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Distinguir las características y aplicaciones de materiales avanzados de interés en fotónica.</li> <li>✓ Determinar el tipo de fibra óptica más adecuado para cada aplicación.</li> <li>✓ Determinar para qué aplicaciones de sensado puede resultar ventajoso emplear un sensor de fibra.</li> <li>✓ Determinar las características idóneas de un dispositivo óptico integrado para cada aplicación.</li> <li>✓ Buscar y analizar información científica y/o comercial sobre dispositivos empleados en Biofotónica, discriminar la información superflua y relacionar la información relevante con las posibles aplicaciones en Biología y Medicina</li> </ul>			
<b>Contenidos</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales avanzados de interés en fotónica: cristales fotónicos, plasmónica, metamateriales.</li> <li>- Fibras ópticas pasivas de propósito específico (polarización mantenida, fibras de cristal fotónico, fibras de plástico...)</li> <li>- Fibras activas.</li> <li>- Dispositivos basados en fibras ópticas.</li> <li>- Fundamentos de óptica integrada</li> <li>- Óptica integrada activa: amplificadores y láseres</li> <li>- Características y aplicaciones de sensores basados en guías de onda integradas.</li> <li>- Fuentes de luz e interacción luz-materia</li> <li>- Biología básica</li> <li>- Fotobiología</li> <li>- Microscopía óptica (de transmisión, de reflexión, de campo oscuro, de polarización, de contraste de fase, de fluorescencia).</li> <li>- Microscopía óptica avanzada (confocal, de campo cercano, de excitación multifotónica, Raman, mediante generación de segundo armónico)</li> <li>- Técnicas basadas en interferometría y sus aplicaciones en Óptica Visual</li> <li>- Citometría de flujo</li> <li>- Atrapamiento óptico: pinzas y tijeras ópticas</li> <li>- Detección de moléculas individuales y bionanofotónica</li> </ul>			

ACTIVIDADES FORMATIVAS		
Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	4/100	40
2. Prácticas de laboratorio	1/25	40
Metodologías Docentes		
Actividad formativa 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases magistrales participativas.</li> <li>• Aprendizaje basado en casos.</li> </ul> Actividad formativa 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas o demostraciones de laboratorio.</li> <li>• Clases magistrales en grupos reducidos.</li> <li>• Elaboración de informes.</li> </ul>		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN		
Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones, informes y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	70%
Realización de un informe sobre alguna aplicación relacionada con los contenidos de la asignatura.	15%	30%
Exposición de un informe sobre alguna aplicación relacionada con los contenidos de la asignatura.	15%	30%

<b>Asignatura</b>	Cyber-Physical Systems / Sistemas Ciber-Físicos		
<b>Créditos ECTS</b>	5	<b>Carácter</b>	Optativo
<b>Annual/Semestral</b>	Semestral	<b>Semestre</b>	Indistinto
Lenguas de impartición			
Inglés/Español			
Competencias que el estudiante adquiere			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Competencias específicas de la titulación: CE1, CE2, CE3, CE5, CE7</li> <li>✓ Conocer las características propias de un sistema ciber-físico.</li> <li>✓ Conocer diferentes tecnologías de transmisión de datos propias de un sistema ciber-físico.</li> <li>✓ Analizar y diseñar circuitos electrónicos con las especificaciones requeridas en un sistema ciber-físico.</li> <li>✓ Desarrollar una arquitectura de adquisición y acondicionamiento multisensor para una aplicación.</li> <li>✓ Desarrollar un sistema electrónico de actuación para un sistema ciber-físico.</li> <li>✓ Conocer técnicas de fusión de sensores.</li> </ul>			
Resultados de aprendizaje			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Analizar algunos interfaces electrónicos específicos (bajo consumo, baja tensión de alimentación, programabilidad, etc.).</li> <li>✓ Diseñar etapas de tratamiento de señales de bajo nivel y alto ruido.</li> <li>✓ Aplicar la metodología adecuada para la compensación de sensores ante dependencias no deseadas (derivadas, envejecimiento, etc.).</li> <li>✓ Diseñar una etapa de actuación para señales de baja potencia.</li> <li>✓ Analizar un sistema empujado HW y SW de fusión sensorial.</li> </ul>			
Contenidos			
– Conceptos básicos de los sistemas ciber-físicos.			

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protocolos de comunicación. Bloques básicos, tipos de nodos sensores.</li> <li>- Interfaces electrónicos de bajo consumo y baja tensión.</li> <li>- Programabilidad, compensación y calibración.</li> <li>- Señales de baja relación señal-ruido. Características básicas, procesado.</li> <li>- Fusión sensorial. Conceptos básicos, ejemplos de aplicación.</li> <li>- Actuadores en sistemas ciber-físicos.</li> <li>- Representación y monitorización de un sistema ciber-físico.</li> </ul>
---

#### ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividad formativa	ECTS/Horas	% Presencialidad
1. Adquisición de conocimientos sobre los contenidos de la asignatura	3/75	40
2. Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura	1/25	40
3. Diseño y caracterización experimental de un sistema ciber-físico multi-sensor.	1/25	40

#### Metodologías Docentes

Actividad formativa 1:

- Clases magistrales participativas.
- Aprendizaje basado en casos.

Actividad formativa 2:

- Clases magistrales en grupo reducido.
- Resolución de problemas en grupos reducidos.

Actividad formativa 3:

- Prácticas o demostraciones de laboratorio.
- Clases magistrales en grupos reducidos.
- Elaboración de informes.

#### SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Sistema de evaluación	Ponderación mínima	Ponderación máxima
Evaluación continua del aprendizaje del alumno mediante la resolución de problemas, cuestiones y otras actividades propuestas por el profesorado de la asignatura	30%	70%
Evaluación continua por realización de trabajos temáticos teórico-prácticos a lo largo del curso.	30%	70%

### 5.5 Sistema de evaluación

El sistema de evaluación diseñado para todas las asignaturas se corresponde con procedimientos de evaluación continua. No obstante, en cada una de las asignaturas existirá una prueba global de evaluación a la que tendrán derecho todos los estudiantes, y que quedará fijada en el calendario académico.

La normativa en relación con la evaluación continua y la evaluación global está recogida en el *Acuerdo de 22 de diciembre de 2010, del Consejo de Gobierno de la Universidad, por el que se aprueba el Reglamento de Normas de Evaluación del Aprendizaje*, [http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ01-11\\_000.pdf](http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ01-11_000.pdf); de donde podemos extraer los puntos más importantes en relación a la evaluación global, no mencionada en las fichas por tener un carácter general:

**Art. 9. Diseño de las pruebas para la primera convocatoria de cada curso académico.**

1. En cada asignatura existirá obligatoriamente una prueba global de evaluación, a la que tendrán derecho todos los estudiantes, y que quedará fijada en el calendario académico.
2. En cada asignatura se podrá diseñar un sistema de evaluación continua, sin perjuicio de lo indicado en las memorias de verificación de la titulación, y que estará recogida en la guía docente. Cuando la calificación

*obtenida por este procedimiento se refiera al total de la asignatura, deberá dar la posibilidad al estudiante de superar la asignatura con la máxima calificación.*

3. *El estudiante que no opte por la evaluación continua o que no supere la asignatura por este procedimiento o que quisiera mejorar su calificación, tendrá derecho a presentarse a la prueba global, prevaleciendo, en cualquier caso, la mejor de las calificaciones obtenidas.*

**Art. 10. Pruebas para la segunda convocatoria de cada curso académico.**

*La segunda convocatoria de evaluación, a la que tendrán derecho todos los estudiantes que no hayan superado la asignatura, se llevará a cabo mediante una prueba global realizada en el periodo establecido al efecto por el Consejo de Gobierno en el calendario académico.*

## 6. PERSONAL ACADÉMICO

### 6.1 Profesorado

El Máster Universitario en Física y Tecnologías Físicas está promovido por los departamentos e institutos de investigación en áreas de la física, las tecnologías físicas y la ciencia de materiales, de la Universidad de Zaragoza:

- Departamento de Física Aplicada (Áreas de Electromagnetismo, Física Aplicada y Óptica)
- Departamento de Física de la Materia Condensada (Área de Física de la Materia Condensada)
- Departamento de Física Teórica (Áreas de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Física Teórica, Astronomía y Astrofísica y Física de la Tierra)
- Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones (Área de Electrónica)
- Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos (Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica)
- Instituto Universitario de Investigación en Nanociencia de Aragón (INA)
- Instituto Universitario de Investigación de Biocomputación y Física de los Sistemas Complejos (BIFI)
- Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
- Instituto Universitario de Investigación Mixto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA) [CSIC-Universidad de Zaragoza]
- Instalación Científico-Técnica Singular del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)
- Zaragoza Scientific Center for Advanced Modelling (ZCAM)

Por ello dispone de recursos humanos suficientes para la impartición del mismo. Contamos en el momento actual con un total de 122 efectivos disponibles entre profesores e investigadores, todos ellos doctores, que pueden desglosarse según las siguientes categorías:

- 19 Catedráticos de Universidad (CU)
- 50 Profesores Titulares de Universidad (TU)
- 6 Profesores Contratados Doctores (CDOC)
- 2 Profesores Ayudantes Doctores (AYDT)
- 1 Profesor Asociado (ASOC)
- 1 Profesor Colaborador (PCOL)
- 7 Investigadores Ramón y Cajal (RyC)
- 3 Investigadores de la Fundación ARAID
- 13 Profesores de Investigación del CSIC (PI)
- 6 Investigadores Científicos del CSIC (IC)
- 14 Científicos Titulares del CSIC (CT)

Todos los profesores e investigadores están contratados a tiempo completo. La mayoría comparten su participación en el máster con la docencia en licenciaturas o grados de ciencias experimentales o ingenierías u otros títulos de máster. La participación del profesorado implica en muchos casos, clases muy especializadas. Por ello estimamos que el número de profesores que participarán de manera efectiva en la impartición de las distintas asignaturas obligatorias y optativas del máster (85 ECTS de oferta total) será cercano a 50, lo que supone un promedio de unas 17 horas lectivas por profesor involucrado. En el caso de los profesores de universidad estimamos que los profesores participantes dedicarán en torno a un 10% de su capacidad docente completa a las asignaturas del máster. Son los distintos departamentos los

que cada año diseñan su plan de ordenación docente donde se reparte de manera adecuada la docencia asignada entre los profesores disponibles.

Los profesores e investigadores disponibles tienen una amplia experiencia docente. El 35% de ellos tiene más de 20 años de experiencia en titulaciones de ciencias experimentales o ingenierías, el 35% tiene más de 10 años de experiencia en titulaciones de ciencias experimentales o ingenierías, el 25% entre 5 y 10 años y sólo el 5% tiene menos de 5 años de experiencia.

Es de señalar que los 33 miembros del CSIC contabilizados pertenecen al ICMA, centro mixto CSIC-Universidad de Zaragoza desde su creación en 1985. Desde entonces los miembros del Instituto han colaborado activamente en la docencia a nivel de posgrado en nuestra Universidad (cursos de doctorado, estudios propios, másteres oficiales,...), por lo que también disponen de una experiencia docente acreditada a lo largo de los años, aunque lógicamente con menor dedicación que los profesores de Universidad.

La experiencia investigadora queda reflejada en los sexenios reconocidos: el 12% tiene 6 sexenios, el 11% tiene 5 sexenios, el 7% tiene 4 sexenios, el 20% tiene 3 sexenios, el 25% tiene 2 sexenios, el 10% tiene 1 sexenio y sólo el 15% no tiene sexenios reconocidos, pero en su defecto la práctica totalidad de estos profesores tienen reconocidos tramos de investigación autonómicos.

La experiencia investigadora de los profesores del máster es muy adecuada a los ámbitos de conocimiento del mismo lo que además permite ofertar trabajos fin de máster en una amplia gama de líneas de investigación. Prueba de ello es que contamos con profesores que forman parte de 20 grupos de investigación experimentales y tecnológicos reconocidos por el Gobierno de Aragón:

- Grupo de cristales líquidos y polímeros (E04)
- Grupo de física nuclear y de astropartículas (E08)
- Grupo de preparación y estudio de materiales magnéticos multifuncionales de carácter molecular (E16)
- Grupo de física estadística y no lineal (E19)
- Grupo de física matemática y teoría de campos (E24/1)
- Grupo teórico de altas energías (E24/2)
- Grupo de biocomputación y física de sistemas complejos (E24/3)
- Grupo de magnetismo en nanoestructuras y sus aplicaciones (E26)
- Grupo de imanes macroscópicos y nanoestructurados (E34)
- Grupo de magnetismo de sólidos y microscopías de sonda local (E81)
- Grupo de new tools for addressing the size-scale change in magnetic materials (E94)
- Grupo de chips moleculares (E98)
- Grupo de propiedades térmicas de materiales (E100)
- Grupo de superconductividad aplicada (T12)
- Grupo de tecnologías fotónicas (T25)
- Grupo de biomateriales (T40)
- Grupo de diseño electrónico (T51)
- Grupo de materiales procesados por láser: preparación y caracterización (T74)
- Grupo de tecnología óptica láser (T76)
- Laboratorio de aplicaciones del láser (T87)

Por último, cabe señalar que este máster no tiene prevista la contratación de profesorado o personal de apoyo. El personal disponible es más que suficiente para la impartición del mismo.

Incluimos la siguiente tabla resumen

<b>Categoría (total 122)</b>	<b>Total %</b>	<b>Doctores %</b>
19 Catedráticos de Universidad (CU)	16	100
50 Profesores Titulares de Universidad (TU)	40	100
6 Profesores Contratados Doctores (CDOC)	5	100
2 Profesores Ayudantes Doctores (AYDT)	2	100
1 Profesor Asociado (ASOC)	1	100
1 Profesor Colaborador (PCOL)	1	100
7 Investigadores Ramón y Cajal (RyC)	6	100
3 Investigadores de la Fundación ARAID	2	100
13 Profesores de Investigación del CSIC (PI)	11	100
6 Investigadores Científicos del CSIC (IC)	5	100
14 Científicos Titulares del CSIC (CT)	11	100

## 6.2 Otros Recursos Humanos

El Personal de Administración y Servicios involucrado pertenece a la Facultad de Ciencias, ya esté adscrito a los servicios centrales de la Facultad o a los departamentos y a los institutos universitarios de investigación participantes.

Toda la gestión relacionada con el máster (preinscripción, matrícula, gestión de los expedientes, gestión del presupuesto del máster, convocatorias y ayudas, etc.) se realiza de manera centralizada desde el centro responsable: la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, centro del que depende estructuralmente el máster. Todo el personal que desarrolla tareas técnicas de apoyo y de administración pertenece a la Universidad de Zaragoza, con amplia experiencia en la gestión de distintos programas de grado y posgrado. Además, los profesores del máster cuentan con el apoyo del personal de administración y servicios de los distintos departamentos involucrados.

Cabe destacar la presencia de 12 técnicos especializados que en su caso apoyarán la docencia de las distintas asignaturas prácticas del mismo. Dichos técnicos pertenecen a las plantillas de los departamentos (5 personas), o de los institutos de investigación involucrados (4 personas) o de los servicios de apoyo a la investigación (3 personas) de la Universidad.

Teniendo en cuenta la duración del máster (1 curso académico) y el número de estudiantes previsto (no superior a 30 por curso), se estima que el profesorado y otros recursos humanos necesarios para implantar el título son suficientes y adecuados.

## 6.3 Mecanismos para asegurar la igualdad entre hombres y mujeres y la no discriminación de personas con discapacidad

La Universidad de Zaragoza, tal como se recoge en sus Estatutos (*Capítulo I, Art. 3): h) facilitará la integración en la comunidad universitaria de las personas con discapacidades; i) asegurará el pleno respeto a los principios de libertad, igualdad y no discriminación, y fomentará valores como la paz, la tolerancia y la convivencia entre grupos y personas, así como la integración social.*

Estos principios, ya contemplados en normativas de rango superior (*Artículos 9.2, 10, 14 y 49 de la Constitución española; ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo para la igualdad efectiva de mujeres y hombres; ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad; Ley 7/2007 de 12 de Abril, del Estatuto básico del Empleado Público; Ley 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades (BOE 24/12/2001), modificada por la Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril, (BOE 13/04/2007), son de aplicación efectiva en los procesos de contratación del profesorado y del personal de apoyo, existiendo en la Universidad de Zaragoza órganos que velan por su cumplimiento y atienden las reclamaciones al respecto (Comisión de Garantías, Comisiones de Contratación, Tribunales de Selección, Defensor Universitario).*

### ***Medidas para asegurar la igualdad entre hombres y mujeres***

En relación con los mecanismos de que se dispone para asegurar la igualdad entre hombre y mujeres, en la Universidad de Zaragoza se ha creado el Observatorio de Igualdad de Género, dependiendo del Vicerrectorado de Relaciones Institucionales y Comunicación, que tiene como objetivo prioritario la promoción de la igualdad de oportunidades de todas las personas que forman la comunidad universitaria. Su función es garantizar la igualdad real, fundamentalmente en los distintos ámbitos que competen a la Universidad.

Entre otras, tiene la tarea de garantizar la promoción equitativa de mujeres y hombres en las carreras profesionales tanto de personal docente e investigador como de personal de administración y servicios. Asimismo, tiene encomendada la tarea de elaborar un plan de igualdad de oportunidades específico para la Universidad de Zaragoza.

### ***Medidas para asegurar la no discriminación acceso al empleo público de personas con discapacidad***

El *Artículo 59.1 de la Ley 7/2007 de 12 de abril, del Estatuto Básico del Empleado Público*, establece que las Administraciones en sus ofertas de empleo público, reservarán un cupo no inferior al 5% de las vacantes para ser cubiertas entre personas con discapacidad.

En cumplimiento de esta norma, el *Pacto del Personal Funcionario de la UZ en su Artículo 25.2* establece la reserva de un 5% en los procesos de selección del Personal de Administración y Servicios. Para el PDI no hay normativas equivalentes, pero los órganos encargados de la selección velan por el cumplimiento de los principios de igualdad y accesibilidad, que en algunos casos se van incluyendo ya explícitamente en las disposiciones normativas al respecto.

Asimismo, el *Artículo 59.2* de dicho *Estatuto Básico del Empleado Público* establece que cada Administración Pública adoptará las medidas precisas para establecer las adaptaciones y ajustes razonables de tiempos y medios en el proceso selectivo y, una vez superado dicho proceso, las adaptaciones en el puesto de trabajo. A este respecto, la Universidad de Zaragoza tiene establecido un procedimiento a través de su Unidad de Prevención de Riesgos Laborales, para que los Órganos de Selección realicen tanto las adaptaciones como los ajustes que se estimen necesarios. Además, se faculta a dichos Órganos para que puedan recabar informes y, en su caso, colaboración de los órganos técnicos de la Administración Laboral, Sanitaria o de los órganos competentes del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales o de la Comunidad Autónoma.

## 7. RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

El máster cuenta con espacios y recursos materiales propios de la Facultad de Ciencias y de los departamentos de la Sección de Físicas, así como con aquellos derivados de la colaboración de los siguientes institutos de investigación universitarios y centros de investigación ligados a la Universidad de Zaragoza:

- Instituto Universitario de Investigación de Ciencias de Materiales de Aragón (ICMA)
- Instituto Universitario de Investigación en Nanociencia de Aragón (INA)
- Instituto Universitario de Investigación de Biocomputación y Física de sistemas complejos (BIFI)
- Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
- Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)
- Zaragoza Scientific Center for Advanced Modeling (ZCAM)

y de los diversos grupos de investigación que se han involucrado en su impartición, listados en la sección 6.1.

Además existen distintas colaboraciones a nivel nacional e internacional que merece la pena destacar:

- Colaboración con el CERN
- Universidad de Cergy-Pontoise (Francia). Convenio de cooperación para impartir de forma coordinada el Máster en Física y Tecnologías Físicas de la Universidad de Zaragoza y el MSc Theoretical Physics and Applications/TASM de la Universidad de Cergy-Pontoise
- Colaboración con el I.L.L. (Institut Laue-Langevin) de Grenoble (Francia)
- Colaboración con el ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) de Grenoble (Francia)
- Colaboración con el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) de Puebla (México)
- Colaboración con el Centro Nacional de Microelectrónica
- Colaboración con el Centro de Estudios de la Física del Cosmos de Aragón
- Colaboración con numerosas empresas de nuestro entorno

### 7.1 Justificación de la adecuación de los medios materiales y servicios disponibles

#### *Clases presenciales: teoría y resolución de problemas*

Las clases magistrales se desarrollarán en las siguientes aulas de la Facultad de Ciencias:

- Seminario del Departamento de Física Teórica
- Seminario del Departamento de Física Nuclear
- Seminario de Tercer Ciclo del Departamento de Física Aplicada
- Seminario del Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones

en las que se ha venido impartiendo con normalidad el máster en cursos precedentes. Estas aulas disponen de espacio suficiente para el número previsto de alumnos que cursarán el máster. Asimismo, cuentan con ordenador, proyector y acceso a la red inalámbrica de la Universidad de Zaragoza, lo que permite la utilización de medios audiovisuales y el acceso a diversos recursos didácticos “on-line”.

La biblioteca de la Facultad de Ciencias cuenta con fondos bibliográficos, libros y revistas especializadas, adecuados a la temática y contenidos del máster. A ellos se unen los fondos de los diferentes grupos de investigación en los que trabajan los profesores. Este material asegura a los alumnos los recursos necesarios para desarrollar con éxito el trabajo personal asociado con cada una de las asignaturas.

### ***Clases prácticas***

Se prevé que algunas de las asignaturas del máster tengan una importante carga práctica. Por la especial vinculación del máster con la actividad científica, las prácticas se llevarán a cabo en laboratorios de investigación de la Facultad de Ciencias, del departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales (Escuela de Ingeniería y Arquitectura) y de los Institutos Universitarios INA, I3A, LSC e ICMA. En concreto, merece citarse el acceso previsto a las siguientes infraestructuras:

- Laboratorios de Investigación en Física Atómica, Molecular y Nuclear (Departamento de Física Teórica)
- Laboratorios de Investigación en Óptica (Departamento de Física Aplicada)
- Laboratorios de Investigación en Electrónica (Departamento Ingeniería Electrónica y Comunicaciones).
- Laboratorio de Física de Muy Bajas Temperaturas (ICMA, Facultad de Ciencias)
- Laboratorio de Magnetismo (ICMA, Facultad de Ciencias)
- Laboratorio de Preparación de Muestras (ICMA, Facultad de Ciencias)
- Laboratorio de Procesado de Materiales por Láser (ICMA, EINA)
- Laboratorio de Crecimiento de Láminas Delgadas (INA)
- Laboratorio de Nanolitografía (INA)
- Sala Blanca (INA)
- Laboratorio de Electrónica (I3A)
- Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)
- Laboratorio de Metrología Óptica (I3A)

Aunque sería deseable contar con financiación específica, la realización de estas prácticas está asegurada por la financiación de los grupos de investigación en los que participa el profesorado. Las prácticas se llevarán a cabo de manera coordinada con la actividad científica de dichos grupos.

### ***Realización de los trabajos fin de máster***

El trabajo fin de máster de cada alumno se desarrolla en el marco de la investigación que llevan a cabo los grupos de investigación que imparten el presente máster. Por este motivo, cada trabajo hace uso de los laboratorios y de los recursos computacionales y materiales de dichos grupos, ubicados en la Facultad de Ciencias, la Escuela de Ingeniería y Arquitectura y los Institutos de Investigación ICMA, INA, BIFI, I3A, LSC y ZCAM. Asimismo, los alumnos tendrán acceso a los servicios generales de apoyo a la investigación de la Universidad de Zaragoza (SAI) y del Centro de Estudios en Química y Materiales (CEQMA), entre cuyas funciones figura la de apoyar la docencia universitaria y la divulgación científica.

Por todo ello, consideramos que los medios materiales de la Facultad de Ciencias y los Institutos y Departamentos involucrados son óptimos para cubrir con éxito los objetivos previstos en el Máster en Física y Tecnologías Físicas.

Asimismo, la universidad cumple con los criterios de accesibilidad universal y ha establecido mecanismos adecuados para el mantenimiento, revisión y actualización de las infraestructuras y recursos materiales. Ambos se detallan en las secciones siguientes.

## **7.2 Accesibilidad universal**

La Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad se basa y pone de relieve los conceptos de no discriminación, acción positiva y accesibilidad universal. La ley prevé, además, la regulación de los efectos de la lengua de signos, el reforzamiento del diálogo social con las asociaciones representativas de las personas con discapacidad mediante su inclusión en el Real Patronato y la creación del Consejo Nacional de la Discapacidad, y el establecimiento de un calendario de accesibilidad por ley para todos los entornos, productos y servicios nuevos o ya existentes. Establece, la obligación gradual y progresiva de que todos los entornos, productos y servicios deben ser abiertos, accesibles y practicables para todas las personas y dispone plazos y calendarios para realización de las adaptaciones necesarias.

Respecto a los productos y servicios de la Sociedad de la Información la Ley establece en su disposición final séptima, las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de las tecnologías, productos y servicios relacionados con la sociedad de la información y medios de comunicación social.

Y favoreciendo la formación en diseño para todos la disposición final décima se refiere al currículo formativo sobre accesibilidad universal y formación de profesionales que el Gobierno, debe desarrollar en «diseño para todos», en todos los programas educativos, incluidos los universitarios, para la formación de profesionales en los campos del

diseño y la construcción del entorno físico, la edificación, las infraestructuras y obras públicas, el transporte, las comunicaciones y telecomunicaciones y los servicios de la sociedad de la información.

La Universidad de Zaragoza ha sido sensible a los aspectos relacionados con la igualdad de oportunidades desde siempre, tomando como un objetivo prioritario desde finales de los años 80, convertir los edificios universitarios, y su entorno de ingreso en accesibles mediante la eliminación de barreras arquitectónicas.

En este sentido, se suscribieron tres convenios con el INSERSO en el que participó la Fundación ONCE que desarrollaban programas de eliminación de barreras arquitectónicas. De esta forma, en 1998 podíamos afirmar que la Universidad de Zaragoza no presentaba deficiencias reseñables en la accesibilidad física de sus construcciones.

Se han recibido muestras de reconocimiento de esta labor en numerosas ocasiones y, por citar un ejemplo, en el año 2004 la Universidad de Zaragoza obtuvo el Premio anual de accesibilidad en “Adecuación y urbanización de espacios públicos” que otorga anualmente la Asociación de Disminuidos Físicos de Aragón y el Colegio de Arquitectos.

En los convenios reseñados, existían epígrafes específicos de acomodo de mobiliario y medios en servicios de atención, en el transporte y en tele-enseñanza.

La Universidad de Zaragoza suscribió un convenio en 2004 para la elaboración de un Plan de accesibilidad sensorial para la Universidad de Zaragoza que se tuvo disponible en 2005 y que se acompaña como referencia básica en los nuevos encargos de proyectos de las construcciones. El Plan fue elaborado por la empresa Vía Libre- FUNDOSA dentro del convenio suscrito por el INSERSO, Fundación ONCE y la Universidad. Contempla el estudio, análisis de situación y planteamiento de mejoras en cuatro ámbitos de actuación: edificios, espacios públicos, transporte y sitio web.

La Universidad de Zaragoza cuenta actualmente con una Oficina Universitaria de Atención a la Discapacidad (OUAD), cuyo fin último y primordial es garantizar la igualdad de oportunidades y la plena integración de los estudiantes universitarios con discapacidad en la vida académica universitaria, además de promover la sensibilización y la concienciación del resto de miembros de dicha comunidad. La OUAD proporciona atención directa, individual y personalizada a toda la comunidad universitaria, estudiantes, profesores y personal de Administración y Servicios, ofreciendo un espacio donde plantear dudas y necesidades y recoger sugerencias para ofrecer un servicio de calidad.

Finalmente, cabe también mencionar que el nuevo diseño de la Web de la Universidad de Zaragoza ha tenido en cuenta las normas estándar para la creación de páginas accesibles. Uno de sus objetivos es desarrollar un sitio Web que puede ser accesible al mayor número de ciudadanos con independencia de sus limitaciones personales o tecnológicas.

Por lo tanto, cabe resaltar que las infraestructuras universitarias presentes y futuras tienen entre sus normas de diseño las consideraciones que prescribe la mencionada Ley 51/2003.

Junto con el cumplimiento de la reseñada Ley, se tiene en cuenta el resto de la normativa estatal, autonómica y local vigente en materia de accesibilidad.

### **7.3 Mecanismos para realizar o garantizar la revisión y el mantenimiento de los materiales y servicios disponibles en la universidad y su actualización**

Los mecanismos para realizar o garantizar la revisión y el mantenimiento de los materiales y servicios en la universidad, así como los mecanismos para su actualización son los propios de la Universidad de Zaragoza. La Universidad de Zaragoza dispone de un servicio centralizado de mantenimiento cuyo objetivo es mantener en perfecto estado las instalaciones y servicios existentes en cada uno de los Centros Universitarios.

Este servicio se presta por tres vías fundamentales:

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Técnico-Legal

Para garantizar la adecuada atención en cada uno de los Centros, se ha creado una estructura de Campus que permite una respuesta más rápida y personalizada.

El equipo humano lo forman treinta y dos personas pertenecientes a la plantilla de la Universidad, distribuidos entre los cinco campus actuales: San Francisco y Paraninfo, Río Ebro, Veterinaria, Huesca y Teruel. En cada campus existe un Jefe de Mantenimiento y una serie de técnicos y oficiales de distintos gremios. Esta estructura se engloba bajo el

nombre de Unidad de Ingeniería y Mantenimiento que está dirigida por un Ingeniero Superior y cuenta, además, con el apoyo de un Arquitecto Técnico. Este personal cuenta además con la colaboración del personal de las diversas conserjerías de los centros universitarios.

Dada la gran cantidad de instalaciones existentes, y que el horario del personal propio de la Universidad es de 8 a 15 h, se cuenta con el apoyo de una empresa externa de mantenimiento para absorber las puntas de trabajo y cubrir toda la franja horaria de apertura de los centros. Además, se cuenta con otras empresas especializadas en distintos tipos de instalaciones con el fin de prestar una atención específica que permita cumplir las exigencias legales, cuando sea el caso.

Desde 2012 la Universidad de Zaragoza ha establecido el uso de una nueva aplicación de gestión del mantenimiento asistida por ordenador, cuya puesta en funcionamiento ha resultado un éxito de colaboración por parte de todas las personas que hacen uso de dicha aplicación: conserjerías, administradores de centros, personal de mantenimiento, empresas externas, etc.

## 8. RESULTADOS PREVISTOS

### 8.1. Valores cuantitativos estimados para los indicadores y su justificación

A continuación, se incluye una tabla del número de alumnos matriculados en el Máster en Física y Tecnologías Físicas desde su creación en el curso académico 2006-2007 y la correspondiente **tasa de abandono** según los datos recogidos en la base de datos SIGMA de la Universidad de Zaragoza:

Año académico	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13
Alumnos matriculados	32	23	23	29	26	15	14
Tasa de abandono	3,13 %	0 %	0 %	3,45 %	12,5 %		

La media de matriculados en el periodo 2006-2007 a 2010-2011, del que se disponen todos los datos, es de 27 estudiantes, siendo esta media de 23 si se incluyen los datos de los dos últimos años académicos (2011-2012 a 2012-2013). Se espera que con los nuevos graduados (la primera promoción del Grado en Física de la UZ completará sus estudios en el curso 2013-2014) aumente la matrícula en los próximos años.

El Máster en Física y Tecnologías Físicas ha tenido una **tasa de graduación** que varía entre el 95% y el 100% en los cursos 2006-07 a 2010-2011, con un promedio del 96 %.

La **tasa de abandono** promedio del periodo 2006-2007 a 2010-2011 es de un 3,8 %. Usando estos datos promedio, es posible construir la tabla siguiente, que incluye la tasa de eficiencia calculada a partir de las tasas de graduación y abandono anteriores y que refleja de manera cuantitativa los resultados del máster en el periodo 2006-2007

Tasa de graduación	96 %
Tasa de abandono	3,8 %
Tasa de eficiencia	96 %

Cabe destacar que en las encuestas realizadas a los estudiantes en los cursos anteriores sobre la satisfacción de los alumnos con el máster, adecuación de las asignaturas a sus expectativas y utilidad de los estudios para el futuro, contenidos, coordinación de materias y horarios han tenido una calificación media de notable.

### 8.2 Progreso y resultados de aprendizaje

A continuación se detalla el procedimiento general para valorar el progreso y resultados del aprendizaje de cada estudiante y su llevar a cabo su evaluación.

#### *Informe Anual de los Resultados de Aprendizaje*

La Comisión de Garantía de Calidad (ver composición y funciones en el punto 9.1 de la presente memoria) será la encargada de evaluar anualmente, mediante un Informe de los Resultados de Aprendizaje, el progreso de los estudiantes en el logro de los resultados de aprendizaje previstos en el conjunto de la titulación y en los diferentes

módulos que componen el plan de estudios. El Informe Anual de los Resultados de Aprendizaje forma parte de la Memoria de Calidad del Título, elaborada por la citada comisión.

Este informe se basa en la observación de los resultados obtenidos por los estudiantes, es decir, de sus evaluaciones en los diferentes módulos o materias. La distribución estadística de las calificaciones y las tasas de éxito y rendimiento académico en las diferentes asignaturas se analiza en relación a los objetivos y resultados de aprendizaje previstos en cada uno de ellos. Para que el análisis de estas tasas produzca resultados significativos es necesaria una validación previa de los objetivos, criterios y sistemas de evaluación que se siguen por parte del profesorado encargado de la docencia. Esta validación tiene como fin asegurar que, por un lado, los resultados del aprendizaje exigidos a los estudiantes son coherentes con respecto a los objetivos generales de la titulación y resultan adecuados a su nivel de exigencia; y, por otro lado, que los sistemas y criterios de evaluación utilizados son adecuados para los resultados de aprendizaje que pretenden evaluar y son suficientemente transparentes y fiables.

Por esta razón, el Informe Anual de los Resultados de Aprendizaje se elaborará siguiendo tres procedimientos fundamentales que se suceden y complementan entre sí:

**1. Guías docentes.** Aprobación, al inicio de cada curso académico, por parte del coordinador de titulación, primero, y la Comisión de Garantía de Calidad del Título, en segunda instancia, de la guía docente elaborada por el equipo de profesores responsable de la planificación e impartición de la docencia en cada módulo del Plan de Estudios. Esta aprobación validará, expresamente, los resultados de aprendizaje previstos en dicha guía como objetivos para cada módulo, así como los indicadores que acreditan su adquisición a los niveles adecuados. Igualmente, la aprobación validará expresamente los criterios y procedimientos de evaluación previstos en este documento, a fin de asegurar su adecuación a los objetivos y niveles previstos, su transparencia y fiabilidad. El coordinador de titulación será responsable de acreditar el cumplimiento efectivo, al final del curso académico, de las actividades y de los criterios y procedimientos de evaluación previstos en las guías docentes.

**2. Datos de resultados.** Cálculo de la distribución estadística de las calificaciones y las tasas de éxito y rendimiento académico obtenidas por los estudiantes para los diferentes módulos, en sus distintas materias y actividades.

**3. Análisis de resultados y conclusiones.** Elaboración del Informe Anual de Resultados de Aprendizaje. Este informe realiza una exposición y evaluación de los resultados obtenidos por los estudiantes en el curso académico. Se elabora a partir del análisis de los datos del punto anterior y de los resultados del Cuestionario de la Calidad de la Experiencia de los Estudiantes, así como de la consideración de la información y evidencias adicionales solicitadas sobre el desarrollo efectivo de la docencia ese año y de las entrevistas que se consideren oportunas con los equipos de profesorado y los representantes de los estudiantes.

El Informe Anual de Resultados de Aprendizaje deberá incorporar:

- a) Una tabla con las estadísticas de calificaciones, las tasas de éxito y las tasas de rendimiento para los diferentes módulos en sus distintas materias y actividades.
- b) Una evaluación cualitativa de las calificaciones y tasas de éxito y rendimiento que analice los siguientes aspectos:
  - La evolución global en relación a los resultados obtenidos en años anteriores.
  - Módulos, materias o actividades cuyos resultados se consideren excesivamente bajos, analizando las causas y posibles soluciones de esta situación y teniendo en cuenta que estas causas pueden ser muy diversas, desde unos resultados de aprendizaje o niveles excesivamente altos fijados como objetivo, hasta una planificación o desarrollo inadecuados de las actividades de aprendizaje, pasando por carencias en los recursos disponibles o una organización académica ineficiente.
  - Módulos, materias o actividades cuyos resultados se consideren óptimos, analizando las razones estimadas de su éxito. En este apartado, y cuando los resultados se consideren de especial relevancia, se especificarán los nombres de los profesores responsables de estas actividades, materias o módulos para su posible Mención de Calidad Docente para ese año, justificándola por los excepcionales resultados de aprendizaje (tasas de éxito y rendimiento) y en la especial calidad de la planificación y desempeño docentes que, a juicio de la Comisión, explican esos resultados.
- c) Conclusiones.
- d) Un anexo (1) con el documento de aprobación formal de las guías docentes de los módulos, acompañado de la documentación pertinente. Se incluirá también la acreditación, por parte del coordinador de titulación, del cumplimiento efectivo durante el curso académico de lo contenido en dichas guías.

Este Informe deberá entregarse antes del 15 de octubre de cada año a la dirección o decanato del Centro y a la Comisión de Garantía de Calidad de la Universidad de Zaragoza para su consideración a los efectos oportunos.

Documentos y procedimientos:

- Guía para la elaboración y aprobación de las guías docentes (Documento C8-DOC2).

- Procedimientos de revisión del cumplimiento de los objetivos de aprendizaje de los estudiantes (Documentos C8-DOC1).

## 9. SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD

Toda la información requerida sobre el sistema de garantía de la calidad de los títulos de grado y de máster de la Universidad de Zaragoza se encuentra en el siguiente enlace:

<http://www.unizar.es/innovacion/calidad/procedimientos.html>

La titulación cuenta con un sistema de gestión de la calidad que es responsable del seguimiento y supervisión de los resultados y del proceso de aprendizaje del estudiante en la titulación. El funcionamiento del sistema de calidad se basa en una serie de órganos y mecanismos de coordinación, evaluación y mejora continua de los estudios, previstos en la normativa de calidad de las titulaciones de la Universidad de Zaragoza según lo dispuesto en el *Acuerdo de 15 de mayo de 2009, del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza, por el que se aprueba el Reglamento de la Organización y Gestión de la Calidad de los Estudios de Grado y Máster*.

### 9.1 Responsables del Sistema de Garantía de Calidad del plan de estudios

El agente fundamental del sistema de calidad es el Coordinador de titulación que actúa como verdadero gestor académico de la titulación. Coordina las actividades de las diferentes asignaturas y módulos para asegurar que son adecuados a los objetivos de aprendizaje de la titulación, conduce los procesos periódicos de evaluación del título y propone e impulsa las acciones de mejora continua.

La Comisión de Garantía de la Calidad es el órgano colegiado que gobierna la titulación bajo el mandato de la Junta de Facultad. Establece las directrices y el marco de trabajo del coordinador y de todas las personas implicadas en la titulación y toma las decisiones relativas al título, sus modificaciones y planes de mejora. En esta comisión está constituida por 7 profesores en representación de los diferentes departamentos que imparten docencia en el máster, el Coordinador del Máster, 1 persona del personal de administración y servicios, y 2 estudiantes.

La Comisión de Evaluación de la Calidad es el órgano encargado de evaluar anualmente la planificación y desarrollo de la titulación a partir de la información proporcionada por sus diversos procedimientos de recogida de información y por sus indicadores fundamentales. Está formada por el Coordinador, 3 profesores, un miembro del Instituto de Ciencias de la Educación, un profesional externo y 3 estudiantes.

La Comisión de Estudios de Postgrado de la Universidad de Zaragoza supervisa el funcionamiento correcto del sistema de calidad de todos los títulos de máster de esta Universidad.

El Defensor Universitario es el garante de la calidad universitaria en todos sus ámbitos, tomará las iniciativas y establecerá los procedimientos que considere más adecuados para el apoyo a las distintas comisiones.

### 9.2 Procedimientos de evaluación y mejora de la calidad de la enseñanza y el profesorado

El *Proyecto de titulación* es el documento de referencia donde están expresados los perfiles de salida y las competencias que el estudiante adquiere al cursar este título, así como la organización, planteamientos docentes, planes de estudio y recursos que aseguran las condiciones adecuadas para que el estudiante pueda lograr los resultados de aprendizaje previstos. Siguiendo lo dispuesto en este documento de referencia, la titulación pone en marcha una serie de *mecanismos de planificación y coordinación de la docencia* de módulos y asignaturas impulsados por el Coordinador de titulación, cuyos resultados se plasman en las guías docentes de módulos y asignaturas.

### **9.3 Procedimiento para garantizar la calidad de las prácticas externas y los programas de movilidad**

El coordinador de las prácticas externas y los programas de movilidad es el encargado de recoger anualmente información entre los estudiantes, coordinadores de prácticas en centros externos y responsables de cada uno de los programas de movilidad. Se estudian los resultados, se analizan posibles problemas y se propondrán mejoras.

### **9.4 Procedimientos de análisis de la inserción laboral de los graduados y de la satisfacción con la formación recibida por parte de los egresados**

Se envían (e-mail) cuestionarios de recogida de información para los egresados del máster. A partir de este cuestionario se analizará la inserción laboral, si se ha continuado una carrera profesional en Física, el grado de satisfacción con la formación recibida, y posibles recomendaciones y/o mejoras sobre los estudios.

### **9.5 Procedimiento para el análisis de la satisfacción de los distintos colectivos implicados (estudiantes, personal académico y de administración y servicios, etc.) y de atención a la sugerencias y reclamaciones**

Todo un conjunto de procedimientos de recogida de información exploran la opinión y la experiencia de los estudiantes, así como el juicio de profesores. La Comisión de Evaluación de la Calidad recoge esta información, así como posibles sugerencias y reclamaciones. El informe se envía a la Comisión de Garantía de la Calidad que es la encargada de tomar decisiones sobre la titulación.

### **9.6 Criterios específicos en el caso de extinción del Título**

El órgano encargado del reconocimiento de créditos será la Comisión de Garantía de la Calidad de la Titulación que el solicitante quiera cursar en cumplimiento del *Acuerdo de 9 de julio de 2009, del Consejo de Gobierno de la Universidad, por el que se aprueba el Reglamento sobre reconocimiento y transferencia de créditos en la Universidad de Zaragoza*. [http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-09\\_008.pdf](http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-09_008.pdf)

*Disposición transitoria primera.*

*Reconocimiento de créditos de una titulación actual en extinción a un título de Grado o de Máster.*

- 1. Los estudiantes que hayan comenzado estudios conforme a anteriores sistemas universitarios podrán acceder a las enseñanzas de Grado o de Máster con atribuciones reguladas, previa admisión por la Universidad de Zaragoza conforme a su normativa reguladora y lo previsto en el R.D. 1393/2007.*
- 2. En caso de extinción de una titulación por implantación de un nuevo título de Grado o de Máster con atribuciones reguladas, la adaptación del estudiante al plan de estudios de este último implicará el reconocimiento de créditos superados en función de la adecuación entre los conocimientos y competencias asociados a las asignaturas cursadas por el estudiante y los previstos en el plan de estudios de la titulación de Grado o de Máster. Cuando estos no estén explicitados o no puedan deducirse, se tomarán como referencia su número de créditos y sus contenidos.*
- 3. Igualmente, se procederá al reconocimiento de las asignaturas cursadas que tengan carácter transversal.*
- 4. Para facilitar el reconocimiento de créditos, las memorias de verificación de los planes de estudios conducentes a los nuevos títulos de Grado o de Máster con atribuciones reguladas contendrán una tabla de correspondencia de conocimientos y competencias en la que se relacionarán las asignaturas del plan o planes de estudios en extinción con sus equivalentes en los nuevos.*
- 5. En los procesos de adaptación de estudiantes de los actuales planes de estudio a los nuevos planes de los títulos de Grado o de Máster deberá garantizarse que la situación académica de aquellos no resulte perjudicada.*

### **9.7 Mecanismos para asegurar la transparencia y la rendición de cuentas**

Debido a los mecanismos de recogida de información y a la composición de las diferentes comisiones, se tiene información y existe representación tanto de alumnos (actuales y egresados), como de profesores, personal de administración y servicios, profesionales externos y expertos en educación.

La Comisión de Evaluación de la Calidad elabora un Informe Anual de Evaluación de la Calidad y los Resultados de Aprendizaje, y el Plan Anual de Innovación y Calidad que deberá aprobar la Comisión de Garantía de la Calidad del título y que recoge el conjunto de medidas y proyectos encaminados a resolver las posibles deficiencias observadas y avanzar en las direcciones de mejora apuntadas, así como las modificaciones en la organización y planificación del título que se consideren oportunas en cada momento.

Este conjunto de acciones configura un ciclo anual de evaluación y mejora continua de la calidad de la titulación, que es apoyado de manera centralizada por los Programas de Formación del Profesorado de la Universidad de Zaragoza y los Programas de Innovación y Mejora de la Docencia

## 10. CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN

### 10.1 Cronograma de implantación del Título

El título de Máster Universitario en Física y Tecnologías Físicas se imparte ininterrumpidamente en la Universidad de Zaragoza desde el curso 2006-2007. En esta memoria se recogen las modificaciones necesarias para su adaptación a las directrices marcadas en el acuerdo de 14 de junio de 2011, del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza, por el que se aprueban los criterios generales y el procedimiento para la reordenación de los títulos de máster universitario.

El objetivo es por tanto implantar el máster modificado el curso académico 2014-2015 si resulta aprobado por ANECA.

### 10.2 Procedimiento de adaptación, en su caso, al nuevo plan de estudios por parte de los estudiantes procedentes de la anterior ordenación universitaria

Los alumnos podrán solicitar reconocimiento de créditos entre asignaturas del máster actual y el modificado ante la Comisión de Garantía de la Calidad del máster. La comisión de acuerdo con la normativa vigente sobre el tema y a la adecuación de la actividad para el desarrollo de las competencias que establece este plan de estudios. Dicha comisión podrá requerir al solicitante toda aquella información que se precise para valorar adecuadamente la actividad.

Con carácter general será de aplicación la normativa vigente recogida en *Acuerdo de 9 de julio de 2009, del Consejo de Gobierno de la Universidad, por el que se aprueba el Reglamento sobre reconocimiento y transferencia de créditos en la Universidad de Zaragoza*, [http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-09\\_008.pdf](http://www.unizar.es/sg/doc/BOUZ10-09_008.pdf), de la que podemos destacar los siguientes artículos:

*Art. 4. Reconocimiento de créditos en las enseñanzas oficiales de Máster Universitario.*

- 1. El reconocimiento de créditos por estudios cursados en títulos oficiales de Máster Universitario de cualquier universidad se hará por materias o asignaturas en función de la adecuación entre los conocimientos y competencias adquiridos y los previstos en el título de Máster Universitario para el que se solicita el reconocimiento.*
- 2. En títulos oficiales de Máster que habiliten para el ejercicio de profesiones reguladas por la legislación vigente se reconocerán, además, los créditos de los módulos, materias o asignaturas en los términos que defina la correspondiente norma reguladora.  
En caso de no haberse superado íntegramente un determinado módulo, el reconocimiento se llevará a cabo por materias o asignaturas en función de los conocimientos y competencias asociados a las mismas.*
- 3. El trabajo fin de Máster no será objeto de reconocimiento, al estar orientado a la evaluación de competencias asociadas al título.*

*Art. 5. Reconocimiento de créditos en enseñanzas oficiales de Máster provenientes de enseñanzas conforme a sistemas anteriores.*

*Los órganos competentes de los centros, previo informe de la Comisión de Garantía de la Calidad del Máster y teniendo en cuenta la adecuación entre los conocimientos y competencias derivados de las enseñanzas de origen y los contemplados en las enseñanzas de llegada, podrán reconocer créditos en los siguientes supuestos:*

- 1. A quienes estando en posesión de un título oficial de Licenciado, Arquitecto o Ingeniero pretendan acceder a las enseñanzas oficiales de Máster previo pago de lo establecido en el Decreto de Precios Públicos correspondiente. Este reconocimiento no podrá superar el 50 % de los créditos totales, excluyendo el trabajo fin de Máster.*

2. *Por créditos obtenidos en otros estudios oficiales de Máster Universitario previo pago de lo establecido en el Decreto de Precios Públicos correspondiente.*
3. *Por créditos obtenidos en enseñanzas oficiales de doctorado acogidas al Real Decreto 778/1998 o normas anteriores, y para estudios conducentes al título oficial de Máster Universitario, habrá que tener en cuenta dos supuestos:*
  - a) *Si las enseñanzas previas de doctorado son el origen del Máster, se podrán reconocer créditos y se dispensará del abono de tasas.*
  - b) *Si las enseñanzas previas de doctorado no son el origen del Máster, se podrán reconocer de la misma forma que en el caso anterior, pero conllevarán el abono de tasas.*

*Disposición transitoria primera*

*Reconocimiento de créditos de una titulación actual en extinción a un título de Grado o de Máster.*

1. *Los estudiantes que hayan comenzado estudios conforme a anteriores sistemas universitarios podrán acceder a las enseñanzas de Grado o de Máster con atribuciones reguladas, previa admisión por la Universidad de Zaragoza conforme a su normativa reguladora y lo previsto en el R.D. 1393/2007.*
2. *En caso de extinción de una titulación por implantación de un nuevo título de Grado o de Máster con atribuciones reguladas, la adaptación del estudiante al plan de estudios de este último implicará el reconocimiento de créditos superados en función de la adecuación entre los conocimientos y competencias asociados a las asignaturas cursadas por el estudiante y los previstos en el plan de estudios de la titulación de Grado o de Máster. Cuando estos no estén explicitados o no puedan deducirse, se tomarán como referencia su número de créditos y sus contenidos.*
3. *Igualmente, se procederá al reconocimiento de las asignaturas cursadas que tengan carácter transversal.*
4. *Para facilitar el reconocimiento de créditos, las memorias de verificación de los planes de estudios conducentes a los nuevos títulos de Grado o de Máster con atribuciones reguladas contendrán una tabla de correspondencia de conocimientos y competencias en la que se relacionarán las asignaturas del plan o planes de estudios en extinción con sus equivalentes en los nuevos.*
5. *En los procesos de adaptación de estudiantes de los actuales planes de estudio a los nuevos planes de los títulos de Grado o de Máster deberá garantizarse que la situación académica de aquellos no resulte perjudicada.*

*Disposición transitoria segunda*

*Reconocimiento de créditos en enseñanzas de Grado y de Máster a estudiantes de sistemas anteriores.*

1. *La Universidad de Zaragoza, a través de los órganos responsables de las diferentes titulaciones, elaborará un sistema de equivalencias que permita una óptima transición de sus estudiantes en sistemas anteriores a las enseñanzas de Grado y de Máster.*
2. *Quienes no estén en posesión de un título oficial y soliciten el reconocimiento de créditos entregarán en el centro correspondiente, junto con la solicitud, la documentación que justifique la adecuación entre los conocimientos y competencias asociados al título del solicitante y los previstos en el plan de estudios de la enseñanza de llegada.*

## ANEXO I: PROPUESTA DE VINCULACIÓN DE DOCENCIA

A juicio de la Comisión de Garantía de la Calidad del título, en la siguiente tabla se recoge la propuesta de vinculación de la docencia de las distintas asignaturas a áreas de conocimiento, con presencia de todas aquellas que tienen competencia académica para su impartición, pendiente de su posterior asignación por la Junta de Facultad y su aprobación por el Consejo de Gobierno.

Asignaturas	Áreas de Conocimiento
<b>Obligatorias</b>	
Temas avanzados en física	AA, CMIM, E, EM, FA, FAMN, FMC, FT, O, T
Metodología de la investigación en física	AA, CMIM, E, EM, FA, FAMN, FMC, FT, O, T
Trabajo fin de máster	AA, CMIM, E, EM, FA, FAMN, FMC, FT, O, T
<b>Optativas</b>	
Aplicaciones de la óptica en el entorno industrial	CMIM, FA, O
Astrofísica relativista, astropartículas y cosmología	AA, FAMN, FT, T
Ciencia de materiales	CMIM, FMC
Física de bajas temperaturas y tecnologías cuánticas	CMIM, FMC, FT
Física de las comunicaciones	E, EM, O
Física de materiales magnéticos	CMIM, FMC
Física de partículas	AA, FAMN, FT
Física estadística de fenómenos críticos y sistemas complejos	FMC, FT
Instrumentación inteligente	CMIM, E, EM, FA, FAMN, FMC, O
Interacción de radiación y materia	AA, EM, FAMN, FT, O
Nanociencia y nanotecnología	E, FMC, O
Seguridad y procesos industriales con láser	CMIM, FA, O
Sistemas de detección de radiación	E, EM, FAMN, FMC, O
Técnicas de imagen y radiofísica	FA, FAMN, O
Teoría cuántica de la materia condensada	FAMN, FMC, FT
<b>Prácticas externas</b>	
<b>Optativas de reserva</b>	
Aceleración de partículas e identificación	E, FAMN, FT
Cuestiones modernas en la física del estado sólido	CMIM, FMC, FT
Física de la Tierra	CMIM, FT, T
Fotónica avanzada y biofotónica	EM, FA, FMC, O
Sistemas ciber-físicos	E, EM

**Acronimos de áreas de conocimiento:** AA: Astronomía y Astrofísica; CMIM: Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica; E: Electrónica; EM: Electromagnetismo; FA: Física Aplicada; FAMN: Física Molecular, Atómica y Nuclear; FMC: Física de la Materia Condensada; FT: Física Teórica; O: Óptica; T: Física de la Tierra.

## ANEXO II: NORMATIVA GENERAL

### 1. Normativa General

- RD 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales (BOE de 30 de octubre).
- Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales (BOE nº 161 de 3 de julio).

### 2. Normativa Autonómica

- ORDEN de 19 de diciembre de 2011, de la Consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se determina el procedimiento para la implantación, modificación, supresión y renovación de la acreditación de enseñanzas universitarias oficiales en la Comunidad Autónoma de Aragón (BOA nº 2 de 4 de enero de 2012).

### 3. Normativa Propia Universidad de Zaragoza

- Acuerdo de 14 de junio de 2011, del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza, por el que se aprueban los criterios generales y el procedimiento para la reordenación de los títulos de máster Universitario.
- Acuerdo del Consejo Social, de 8 de julio de 2010, por el que se aprueba el Reglamento de permanencia en títulos oficiales adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior en la Universidad de Zaragoza (BOUZ 10-10, pág 1179).
- Acuerdo de 09 de julio de 2009, del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza, por el que se aprueba el Reglamento sobre Reconocimiento y Transferencia de créditos.
- Reglamento de la Organización y Gestión de Calidad de los estudios de Grado y Máster (aprobado en Consejo de Gobierno de 15 de mayo de 2009).