

1.1.1 Lenguas utilizadas a lo largo del proceso formativo

El máster se impartirá en inglés. Excepcionalmente, se impartirán en castellano las materias en las que todos los estudiantes matriculados tengan al menos nivel C1 de castellano según el marco europeo de referencia.

2. *Justificación*

2.1 Justificación del Título propuesto, argumentando el interés académico, científico o profesional del mismo

Experiencias anteriores de la Universidad en la impartición de Títulos de características similares. Hasta el curso 2005-2006 la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI ofrecía un programa de doctorado, el Doctorado en Ingeniería Industrial e Informática (DIII), articulado según el Real Decreto 778/1998. Dicho programa recogía las principales áreas de investigación de ICAI y, en coherencia, el periodo de formación estaba organizado en 4 itinerarios:

- * Itinerario en Ingeniería Eléctrica
- * Itinerario en Estadística e Investigación Operativa
- * Itinerario en Ingeniería Informática
- * Itinerario en Métodos Avanzados en Ingeniería

A partir del curso 2006-2007 se inicia el proceso de adaptación de dicho programa al Real Decreto 56/2005 y, posteriormente, al Real Decreto 1393/2007, dando lugar a los programas de doctorado en Energía Eléctrica, y en Modelado de Sistemas de Ingeniería. Los másteres universitarios en Sistemas de Energía Eléctrica y en Investigación en Modelado de Sistemas de Ingeniería han sido sus respectivos periodos de formación hasta la fecha.

Datos y estudios acerca de la demanda potencial del Título y su interés para la sociedad. El máster que se propone en este documento, nace como resultado de la adaptación de los programas de doctorado antes mencionados al Real Decreto 99/2011. El objetivo es definir un único máster en investigación como máster de acceso recomendado a ambos programas de doctorado. El nuevo Máster Universitario en Investigación en Modelado de Sistemas de Ingeniería / Master in Research in Engineering Systems Modeling, permite preparar al estudiante para afrontar cualquier trabajo de investigación en ingeniería y en particular, para la realización de una tesis doctoral. El máster propuesto es idóneo para esta función, al proporcionar formación en métodos de investigación aplicable a todas las áreas de investigación de ambos programas de doctorado:

- * Energía Eléctrica: modelado, análisis y control de los sistemas de energía eléctrica; redes eléctricas inteligentes sostenibles; regulación y economía de la energía; sistemas de apoyo a la decisión en el sector de la energía.
- * Energía y medio ambiente: evaluación medioambiental y análisis de viabilidad de procesos energéticos; ingeniería energética y sostenibilidad; integración de energías renovables
- * Tecnologías de la información y las comunicaciones: supervisión, diagnóstico, fiabilidad y mantenimiento de procesos industriales; sistemas de análisis inteligente de información y ayuda a la toma de decisiones; sistemas autónomos autoguiados
- * Sistemas ferroviarios: planificación y operación del tráfico ferroviario; eficiencia energética; diseño óptimo de la señalización y capacidad de transporte; estudios RAMS; análisis de sistemas de seguridad y control de calidad
- * Sistemas electrónicos y automatización: sistemas de control de procesos en tiempo real; sistemas de percepción y procesamiento de señales
- * Materiales, fabricación y mecánica computacional: diseño y modelado de nuevos materiales; cálculo y simulación dinámica de estructuras; biomecánica y modelado de sistemas complejos con elementos finitos no lineales
- * Sistemas Industriales: logística integral; organización de la producción; ingeniería de sistemas; predicción de series; control de calidad; data mining; gestión industrial

Por otro lado, la concentración de los estudiantes en un único máster en investigación racionaliza la oferta académica. La tabla adjunta muestra la evolución de las solicitudes para los másteres en investigación en los últimos 4 años.

| Solicitudes | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Sistemas de Energía Eléctrica | 24 | 16 | 23 | 12 |
| Investigación en Modelado de Sistemas de Ingeniería | | 11 | 17 | 7 |
| Total | 24 | 27 | 40 | 19 |

Por último, uno de los objetivos del programa es estar presente en la realidad industrial europea, promoviendo la participación de sus estudiantes en proyectos de investigación financiada y que den respuesta a una demanda social comprobada. Por este motivo, se prevé que los trabajos de investigación se realicen alrededor de estos proyectos y, para ello, se constituyen equipos de trabajo integrados por profesores y estudiantes. En este sentido, en el contexto de las líneas de investigación del MII, durante los últimos 5 años se han realizado **más de 300 proyectos** de investigación en ingeniería con empresas o instituciones nacionales o extranjeras y, en promedio, cada año ha habido más de 25 estudiantes de doctorado financiados a través de dichos proyectos.

Existencia de referentes nacionales e internacionales. En el contexto internacional los programas máster en investigación se denominan Master of Science (MSc), salvo en algunos casos concretos, como por ejemplo Australia, donde el término utilizado es Master of Engineering. Otro término que también se utiliza es el de Master of Sciences in Engineering (MSE).

Este tipo de másteres suele tener un reparto equilibrado entre créditos docentes y de investigación. Cuando el máster se concibe como de acceso a un programa de doctorado, los créditos asociados a trabajos de investigación pueden llegar a ser más que los docentes.

Un ejemplo ilustrativo es el Master of Engineering Research, University of Wollongong, Australia. Al igual que el MII cubre diversas áreas de la ingeniería y está claramente concebido como de acceso a un programa de doctorado. Es un máster de 72 créditos, de los cuales 48 son los asociados al trabajo de investigación y 24 a cursos.

Por otro lado, si nos atenemos al prestigio internacional la referencia obligada es el Massachusetts Institute of Technology (MIT). El MIT tiene numerosas titulaciones dependientes de los distintos departamentos. Todos ellos comparten una estructura similar: créditos generales + créditos específicos + trabajo de investigación. Los créditos específicos son los que aporta el departamento (que equivaldrían a los créditos obligatorios del MII) y los generales son cursos de postgrado de un determinado nivel y que pueden provenir de otros másteres o programas de postgrado (equivaldrían a los créditos optativos del MII).

Un enfoque similar es el que se realiza en otros contextos tan diferentes al estadounidense como es el asiático. En The University of Hong Kong los estudiantes de máster, además de sus actividades de investigación, realizan cursos generales y de especialización. Los cursos generales son muy parecidos a los del MII con un enfoque metodológico y en herramientas de investigación, y los cursos especialistas son los que aportan los diferentes departamentos de la Universidad.

En el contexto europeo la Delft University of Technology (TU Delft) es otro ejemplo interesante. Entre la numerosa oferta de programas máster, más de 40, destacan dos que tienen una estructura similar al MII: “Systems Engineering, Policy Analysis and Management” y “Engineering and Policy Analysis”. En todos ellos la duración es de dos años. El primer año se dedica fundamentalmente a los cursos y el segundo, la mitad del máster, está reservada para el trabajo de investigación. Además, al igual que en el MII los cursos más metodológicos y generalistas son obligatorios y los especialistas son optativos.

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

La Dirección de la Escuela nombró una Comisión encargada de diseñar el plan de estudios. La comisión estaba formada por el Jefe de Estudios de Postgrado, el Director del Máster y un Profesor del Máster.

Para definir el plan de estudios se ha recabado información por tres vías diferentes:

- * Entrevistas con alumnos
- * Reuniones con expertos de otras universidades prestigiosas
- * Comisiones de seguimiento de los másteres

Entrevistas con alumnos. El intercambio de opiniones con los alumnos es constante y los medios diversos: a través de los profesores, los tutores y mediante encuestas. Todos los años se realizan encuestas de valoración del máster y de satisfacción de los estudiantes egresados.

Reuniones con los delegados. Como parte integral del seguimiento del máster se realiza al menos una reunión semestral con los delegados del máster. Estas reuniones se programan con anterioridad a las Comisiones de Seguimiento y sirven para recabar información de manera que las comisiones sean lo más efectivas posible.

Reuniones con expertos. Se ha tenido en cuenta la opinión de los profesores y de los responsables académicos de algunos de los centros universitarios y de investigación más prestigiosos del mundo. Para ello se han aprovechado las estancias en dichos centros de varios profesores de la Escuela. En concreto, se ha recabado información en los siguientes centros:

- * Massachusetts Institute of Technology (MIT)
- * Harvard University
- * Johns Hopkins University
- * INESC Porto

Las opiniones de algunos de ellos se pusieron en común en una reunión a la que asistieron los responsables académicos y los profesores involucrados en el postgrado de ICAI. En dicha reunión se presentó el modelo universitario estadounidense y se discutieron alternativas a los actuales estudios de postgrado, así como formas de incentivar la investigación en nuestra Universidad. Algunas de las ideas que aquí se expusieron han sido fundamentales a la hora de definir la estructura y el programa de este máster.

Comisiones de seguimiento. Semestralmente se realizan comisiones de seguimiento de los másteres en las que están representados los alumnos a través de sus delegados, los responsables académicos y el personal de administración y servicio de la Escuela.

El plan de estudios fue finalmente aprobado por los órganos colegiados y de gobierno competentes: Junta de Escuela, Claustro de Escuela y finalmente por la Junta de Gobierno de la Universidad. En estos órganos están representados los profesores y los alumnos.

JUSTIFICACIÓN DE LAS MODIFICACIONES PROPUESTAS

1) Introducción

El actual Máster Universitario en Investigación en Modelado de Sistemas de Ingeniería proporciona formación en métodos y técnicas de investigación aplicables a los sistemas de ingeniería: sistemas de energía eléctrica, sistemas ferroviarios, sistema industriales, etc.

El máster está concebido como el periodo de formación del Programa Oficial de Doctorado en Modelado de Sistemas de Ingeniería y se imparte desde del curso 2009-2010. Los estudiantes del máster son estudiantes de doctorado en su periodo de formación.

Todos los profesores del máster son doctores que desarrollan su actividad investigadora en colaboración con las empresas e instituciones más relevantes en las áreas de aplicación de dicho máster.

2) Identificación de puntos de mejora

El objetivo fundamental es adaptar el máster al nuevo Real Decreto 99/2011, de 28 de enero, por el que se regulan las enseñanzas oficiales de doctorado.

Aspectos concretos:

1. Eliminar la formación específica asociada al desarrollo de una tesis doctoral
2. Fortalecer el carácter transversal de los créditos obligatorios del máster y, consecuentemente, el carácter más específico o sectorial de los créditos optativos
3. Favorecer el intercambio de estudiantes y la incorporación de estudiantes extranjeros

3) Posibles acciones y propuesta de modificación del plan de estudios

Se han propuesto las siguientes acciones de mejora:

1. Eliminar las materias obligatorias “Desarrollo de una tesis doctoral” de 1 ECTS y “Writing technical papers in English” de 2 ECTS.
2. Sustituir estas materias por la obligatoria “Publishing research results” de 3 ECTS, que se centra en la adquisición de las competencias para la comunicación eficiente de los resultados de investigación.
3. Redefinir la materia obligatoria “Desarrollo de herramientas computacionales para la investigación” como optativa.
4. Crear la materia nueva obligatoria “Seminars and workshops” de 3 ECTS que dé una visión de la frontera del conocimiento y cree un contexto en el que se favorezca la participación de profesores visitantes de prestigio internacional.
5. Eliminar la materia “Ingeniería de los sistemas físicos en medios continuos”.
6. Adaptar todos los contenidos y materiales del máster al inglés y, consecuentemente, modificar el título del máster y el nombre de las materias.

En la tabla adjunta se resumen estos cambios. En rojo se indican las materias modificadas y en azul las nuevas.

| Plan antiguo | | Plan nuevo | |
|---|--------------|--|--------------|
| Máster Universitario en Investigación en Modelado de Sistemas de Ingeniería | | Máster Universitario en Investigación en Modelado de Sistemas de Ingeniería / Master in Research in Engineering Systems Modeling | |
| MATERIAS OBLIGATORIAS DEL MÓDULO DOCENTE (15 ECTS) | | MATERIAS OBLIGATORIAS DEL MÓDULO METODOLÓGICO (15 ECTS) | |
| Análisis de datos | 3 | Intelligent data analysis | 3 |
| Optimización determinista | 3 | Deterministic optimization | 3 |
| Métodos de simulación | 3 | Simulation methods | 3 |
| Writing technical papers in English | 2 | Publishing research results | 3 |
| Desarrollo de una tesis doctoral | 1 | Seminars and workshops | 3 |
| Desarrollo de herramientas computacionales para la investigación | 3 | | |
| MATERIAS OPTATIVAS DEL MÓDULO DOCENTE (15 ECTS) | | MATERIAS OPTATIVAS DEL MÓDULO METODOLÓGICO (15 ECTS) | |
| Optimización estocástica | 3 | Advanced computing tools for applied research | 3 |
| Inteligencia Artificial | 6 | Stochastic optimization | 3 |
| Métodos de decisión | 3 | Artificial intelligence | 6 |
| Técnicas de predicción | 3 | Decision methods | 3 |
| Ingeniería de los sistemas físicos en medios continuos | 6 | Forecasting methods and applications | 3 |
| Optativas complementarias | 15 | Electives | 15 |
| MÓDULO EN INVESTIGACIÓN (30 ECTS) | | MÓDULO EN INVESTIGACIÓN (30 ECTS) | |
| Trabajo de investigación preliminar | 12 | Preliminary research project | 12 |
| Trabajo fin de Máster | 18 | Master's thesis | 18 |

