



VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA

**ANTEPROYECTO  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
MODELIZACIÓN MATEMÁTICA (MUMOMA)**

*M<sup>u</sup>MA*

**2018**

- 1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO**
- 2. JUSTIFICACIÓN DEL TÍTULO PROPUESTO**
- 3. ORGANIZACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS Y PROFESORADO**
- 4. INFRAESTRUCTURAS NECESARIAS PARA LA IMPARTICIÓN DEL MÁSTER**
- 5. INFORME ECONÓMICO**
- 6. COMISIÓN ACADÉMICA RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL TÍTULO**

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO

### 1.1 Datos básicos

**Nivel:** Máster

**Denominación corta:** Máster Universitario en Modelización Matemática

**Denominación específica:** Máster Universitario en Modelización Matemática por la Universidad de Salamanca

**Especialidades que incorpora en la programación:** No hay especialidades

**Título conjunto** (Nacional / Internacional): No

**Rama de conocimiento:** Ciencias

**ISCED 1:** 461 Matemáticas

**ISCED 2:** 481 Ciencias de la Computación

**Habilita para profesión regulada:** No

**Universidad solicitante:** Universidad de Salamanca

**Nivel MECES:** Nivel 3: Máster

**Perfil de Ingreso (estudios previos):**

*Criterios generales de acceso*

Como norma general de acceso, se tendrá en cuenta lo establecido en el artículo 16 del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, así como lo establecido en el artículo único del Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, por el que se modifica el anterior: "Para acceder a las enseñanzas oficiales de Máster será necesario estar en posesión de un título universitario oficial español u otro expedido por una institución de educación superior perteneciente a otro Estado integrante del Espacio Europeo de Educación Superior que faculte en el mismo para el acceso a enseñanzas de Máster".

Asimismo, podrán acceder los titulados conforme a sistemas educativos ajenos al Espacio Europeo de Educación Superior sin necesidad de la homologación de sus títulos, previa comprobación por la Universidad de que aquellos acreditan un nivel de formación equivalente a los correspondientes títulos universitarios oficiales españoles y que facultan en el país expedidor del título para el acceso a enseñanzas de postgrado. El acceso por esta vía no implicará, en ningún caso, la homologación del título previo de que esté en posesión el interesado, ni su reconocimiento a otros efectos que el de cursar las enseñanzas de Máster.

Esta normativa se completa con la siguiente de la Universidad de Salamanca: *Directrices y Criterios para la ordenación de la oferta de Másteres Universitarios en la Universidad de Salamanca*, aprobados por Consejo de Gobierno de 28 de marzo de 2012.

*Perfil de ingreso*

El perfil de ingreso recomendado es el de titulaciones de Ciencias, y muy especialmente el grado en Matemáticas. Además, dado el carácter multidisciplinar del máster que se propone, resulta adecuado también para estudiantes de grados en Ingenierías e Informática interesados en orientar o perfeccionar su formación académica o investigadora en el campo de la modelización matemática. Obviamente, egresados de dobles titulaciones derivadas de los anteriores grados mencionados son también estudiantes con un perfil adecuado para cursar el máster que se propone.

*Titulaciones vinculadas*

Grado en Matemáticas y grados en Ingenierías e Informática.

**1.2 Distribución de créditos en el título**

El estudiante debe superar 60 créditos ECTS (30 créditos ECTS obligatorios y 30 créditos ECTS optativos) distribuidos de la siguiente manera entre los dos semestres del curso académico:

<b>Cronograma</b>	<b>Nº total de créditos ECTS</b>	<b>Tipología de los créditos ECTS</b>
Semestre 1	30	Obligatorios: 18 Optativos: 12
Semestre 2	30	Optativos: 18 TFM: 12
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>Obligatorios: 30</b> <b>Optativos: 30</b>

**1.3 Universidades y Centros**

**1.3.1 Centro/s en los que se imparte:** Facultad de Ciencias (Universidad de Salamanca)

**Profesor responsable académico de la propuesta:** Ángel María Martín del Rey

### 1.3.2 Datos asociados al centro

**Tipo de enseñanza:** Presencial

**Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas para el primer año de implantación:** 20

**Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas para el segundo año de implantación:** 20

**Nº de ECTS mínimo y máximo de estudiantes matriculados a tiempo completo y de estudiantes matriculados a tiempo parcial por periodo lectivo en primer curso y en el resto de los cursos, si los hubiera**

	Estudiantes a tiempo completo		Estudiantes a tiempo parcial	
	ECTS mínimo	ECTS máximo	ECTS mínimo	ECTS máximo
Primer curso	60	60	30	30

**Lengua/s utilizada/s a lo largo del proceso formativo:** español.

**Normas de permanencia:** Las correspondientes a la Universidad de Salamanca, publicadas en el BOCyL del 23 de enero de 2015. <http://bocyl.jcyl.es/boletines/2015/01/23/pdf/BOCYL-D-23012015-6.pdf>

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL TÍTULO PROPUESTO

### 2.1 Interés académico, científico y profesional

La Modelización Matemática es una disciplina que ha experimentado un enorme crecimiento en las últimas décadas. Los procesos de diseño y construcción de modelos matemáticos como herramientas fundamentales que permiten una mejor comprensión de situaciones reales en la ciencia, la industria, la tecnología, la docencia y la investigación teórica y aplicada, se han desarrollado hasta tal punto que se ha hecho necesaria en la sociedad la presencia de profesionales con una formación sólida en este campo.

Se utilizan modelos matemáticos para mejorar el alcance de experimentos de laboratorio, aumentar el conocimiento y predecir el comportamiento de procesos complejos, analizar factores de riesgo, gestionar sistemas de información, redes y bases de datos, recrear condiciones artificiales, optimizar el diseño de productos, ...

Además, hay que tener en cuenta que la modelización matemática ofrece dos grandes ventajas: bajo coste y flexibilidad, que permiten su implantación y desarrollo en entornos cambiantes y competitivos. También, en muchos casos, permite dinamizar otros conocimientos propios del contexto en el que se utiliza.

Los campos concretos de aplicación son muy numerosos: tecnologías físicas, ciencias medioambientales, energía y sostenibilidad, tecnologías de la información y las comunicaciones, ciencias biosanitarias, computación, ciencias sociales, economía, etc. Este hecho también hace de la modelización matemática una pieza clave en el avance en numerosos sectores industriales. Es razonable pensar que muchos de los profesionales que demandará la I+D+i en el nuevo escenario social determinado por paradigmas tales como la Internet de las Cosas o la Industria 4.0, deban poseer conocimientos y habilidades suficientes en el ámbito de la Modelización y Simulación Matemática.

Por otra parte, en el ámbito de la Educación Matemática se considera el uso de la Modelización Matemática como una estrategia para abordar los conceptos matemáticos en el aula. Dado que constituye una herramienta para la representación de situaciones o fenómenos de índole diversa, permite al alumno ser consciente de la potencialidad de los conceptos matemáticos para resolver situaciones tanto reales como ideales procedentes de otras ciencias, así como darles un significado. Este carácter aplicado constituye, por tanto, una estrategia motivadora y de interés para los alumnos al tiempo que una forma de percibir las matemáticas integrada en otras disciplinas. Esto, sin duda, contribuye a crear una actitud positiva hacia las matemáticas.

La formación de los docentes en este ámbito requiere por un lado dominar los conceptos matemáticos, y por otro realizar un doble proceso de descontextualización y recontextualización de las situaciones para las que se ha utilizado los modelos a fin de propiciar el aprendizaje de los estudiantes y la

comprensión de los conceptos matemáticos involucrados. En otras palabras, se trata de realizar un proceso de resignificación de los modelos matemáticos con fines educativos.

El Máster Universitario en Modelización Matemática pretende dar cabida a esta transversalidad ofreciendo a los estudiantes una formación sólida en modelización matemática y presentando una amplia variedad de aplicaciones que permitan el acceso tanto a la investigación, a través de un programa de doctorado o en equipos I+D+i, como al mercado laboral.

En este último ámbito, la creciente demanda por parte de las empresas y de los centros tecnológicos de personal sólidamente formado, al tiempo que diestro en la aplicación de sus conocimientos a la resolución de situaciones derivadas de problemas reales, invita a pensar que los estudiantes del Máster Universitario en Modelización en Matemática pueden tener una notable acogida laboral.

## 2.2 Motivación

La oferta formativa de posgrado en la comunidad autónoma de Castilla y León en general y en la Universidad de Salamanca en particular, carece de un título oficial que ofrezca formación especializada en el ámbito de la Modelización Matemática. Así, es un hecho habitual que una gran parte de los graduados en Matemáticas que se decantan por las especialidades aplicadas cursen títulos oficiales de posgrado con este tipo de contenidos fuera de Castilla y León. Además, dado el carácter interdisciplinar del máster propuesto, también es adecuado para estudiantes de Física, Estadística, Ingeniería Informática o de Ingenierías interesados en orientar o perfeccionar su formación académica e investigadora en el campo de la modelización matemática.

Teniendo en cuenta este escenario y la importancia estratégica de la Modelización Matemática en el desarrollo científico y tecnológico de nuestra sociedad (tal como se desprende de la “RIS3: Estrategia Regional de Investigación e Innovación para una Especialización Inteligente”), parece razonable proponer un máster universitario que ofrezca una formación integral al alumno en este ámbito y le ponga en una adecuada disposición para desarrollar su futura actividad laboral.

Para que esta formación en Modelización Matemática sea completa debe ser planteada conjuntamente desde diferentes áreas de conocimiento como, por ejemplo: Análisis Matemático, Estadística, Matemática Aplicada, Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Fundamentos de Análisis Económico, Didáctica de las Matemáticas, etc. Aparte de los profesores de estas áreas que han asumido el compromiso de impartir docencia en el master que se propone, se contará también con la participación de docentes e investigadores de empresas y centros de investigación, tanto públicos como privados.

Con este título se posibilita, además, el acceso a diferentes programas de doctorado de la Universidad de Salamanca: Programa de Doctorado en Física

Fundamental y Matemáticas, Programa de Doctorado en Ingeniería Informática, Programa de Doctorado en Estadística Multivariante Aplicada, Programa de Doctorado en Educación, etc. y a otros programas de doctorado de otras universidades.

## 2.3 Referentes externos a la universidad que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales y/o internacionales para títulos de similares características académicas

En la oferta académica española no existen muchos títulos oficiales de posgrado como el que se propone en este anteproyecto. De hecho, en una gran parte de los másteres de Matemáticas, la Modelización Matemática se ve reflejada en unas pocas asignaturas o, como mucho, un itinerario formativo.

En la siguiente tabla se pueden encontrar los másteres ofrecidos en universidades españolas (públicas y privadas), que pueden tener algún grado de similitud con el que se propone.

Universidad	Denominación del máster
Autónoma de Barcelona	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máster Universitario en Modelización Matemática en Ingeniería: Teoría, Computación y Aplicaciones (Erasmus Mundus)</li> <li>Máster Universitario en Modelización para la Ciencia y la Ingeniería</li> </ul>
Autónoma de Madrid	Máster Universitario en Matemáticas y aplicaciones
Barcelona	Máster Universitario en Matemática Avanzada
Cantabria	Máster Universitario en Matemáticas y Computación
Carlos III de Madrid	Máster Universitario en Ingeniería Matemática
Complutense de Madrid	Máster Universitario en Ingeniería Matemática
Illes Balears	Máster Universitario en Física Avanzada y Matemática Aplicada
Jaume I de Castellón	Máster Universitario en Matemática Computacional
Murcia	Máster Universitario en Matemática Avanzada
Politécnica de Cataluña	Máster Universitario en Matemática Avanzada e Ingeniería Matemática
Santiago de Compostela	Máster Universitario en Matemáticas
Sevilla	Máster Universitario en Matemáticas
Valladolid	Máster Universitario en Investigación en Matemáticas
<ul style="list-style-type: none"> <li>A Coruña</li> <li>Carlos III de Madrid</li> <li>Politécnica de Madrid</li> <li>Santiago de Compostela</li> <li>Vigo</li> </ul>	Máster Universitario en Matemática Industrial
<ul style="list-style-type: none"> <li>Almería</li> <li>Cádiz</li> <li>Granada</li> <li>Jaén</li> <li>Málaga</li> </ul>	Máster Universitario en Matemáticas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Granada</li> </ul>	Máster Universitario en Física y Matemáticas (FisyMat)



Universidad	Denominación del máster
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Castilla – La Mancha</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Laguna</li> <li>• La Rioja</li> <li>• Oviedo</li> <li>• País Vasco</li> <li>• Pública de Navarra</li> <li>• Zaragoza</li> </ul>	Máster Universitario en Modelización Matemática, Estadística y Computación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Politécnica de Valencia</li> <li>• Valencia</li> </ul>	Máster Universitario en Investigación Matemática (INVESTMAT)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rovira i Virgili</li> <li>• UOC</li> </ul>	Máster Universitario en Ingeniería Computacional y Matemáticas
Internacional de La Rioja (privada)	Máster Universitario en Ingeniería Matemática y Computación (online)

Se han analizado los programas de los másteres citados en la anterior tabla, comprobando que ninguno tiene el carácter aplicado ni la orientación práctica del que aquí se propone. En cuanto a similitud de contenidos, los más aproximados pueden ser el *Máster Universitario en Modelización Matemática, Estadística y Computación* impartido de forma conjunta en las Universidades de La Laguna, Oviedo, País Vasco, Pública de Navarra y Zaragoza, el *Máster Universitario en Matemáticas y Computación* de la Universidad de Cantabria y el *Máster Universitario en Modelización Matemática, Estadística y Computación* de la Universidad de la Rioja. Con ellos comparte algunas materias, coincidiendo a lo más en un tercio de los contenidos, aunque la carga lectiva de las asignaturas, el número de créditos asignados y otros aspectos difieren entre los diferentes másteres. Es destacable la ausencia en los restantes másteres nacionales de contenidos aquí propuestos relativos a la enseñanza de la modelización matemática.

En cuanto al ámbito internacional, existen másteres en numerosas universidades europeas con objetivos y contenidos próximos a los que se proponen en este anteproyecto y que corresponden a formaciones dirigidas a la modelización aplicada en diferentes ámbitos científicos y sociales. Se han analizado tanto títulos específicos en Modelización Matemática como, en otros casos, Másteres en Matemáticas o en Matemática Aplicada en los que el estudio de los Modelos Matemáticos constituye una rama específica dentro del plan de estudios general.

El análisis comparativo de las diferentes estructuras de los planes de estudio y especializaciones de todos estos títulos ha sido una interesante fuente de ideas para la elaboración de este anteproyecto, y permite además situar esta propuesta en un contexto adecuado en el marco de los países que nos rodean.

Dentro de la larga lista de títulos analizados, nuestro trabajo se ha centrado particularmente en los siguientes Másteres (MSc):

- Máster: "Mathematical Modelling and Computation", Technical University of Denmark:

[https://www.dtu.dk/english/education/msc/programmes/mathematical\\_modelling\\_and\\_computation](https://www.dtu.dk/english/education/msc/programmes/mathematical_modelling_and_computation)

- Máster: "Mathematical Modelling", University College London: <https://www.ucl.ac.uk/prospective-students/graduate/taught-degrees/mathematical-modelling-msc>
- Máster: "Mathematical Modelling and Scientific Computing", University of Oxford: <https://www.ox.ac.uk/admissions/graduate/courses/msc-mathematical-modelling-and-scientific-computing?wssl=1>
- Máster: "Mathematical Modelling", University of Limerick: <https://www.ul.ie/graduateschool/course/mathematical-modelling-msc>
- Máster: "Modélisation, Analyse numérique, Calcul Scientifique (MACS)", Université de Nantes: <http://www.math.sciences.univ-nantes.fr/fr/master-MACS>
- Máster: "Mathématiques de la modélisation", Université Pierre et Marie Curie (Paris 6): <https://www.ljll.math.upmc.fr/MathModel/>
- Máster: "Modélisation mathématique et analyse appliquée", Université Savoie-Mont-Blanc: <http://formations.univ-smb.fr/fr/catalogue/master-XB/sciences-technologies-sante-STS/master-mathematiques-et-applications-m1-m2-program-master-mathematiques-et-applications/m1-m2-modelisation-mathematique-et-analyse-appliquee-subprogram-m1-m2-modelisation-mathematique-et-analyse-appliquee.html>
- Máster: "Analyse, Modélisations, Simulation", École Polytechnique Paris: <https://www.polytechnique.edu/fr/parcours-analyse-modelisation-simulation-finalite-equations-aux-derivees-partielles>

Por otra parte en América Latina (en particular en Colombia y México) también existen algunos programas de maestría con énfasis en Modelización Matemática y Matemáticas Aplicadas, dirigidos fundamentalmente a la Ingeniería. Concretamente en la Universidad Industrial de Santander (U.I.S.) de Bucaramanga, Colombia (<http://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/ciencias/escuelas/fisica/programasAcademicos/maeMatematicaAplicada/index.jsp?variable=342#>) se imparte un máster de Modelización Matemática, para egresados, tanto de las Ciencias Exactas y Naturales (Matemáticas, Estadística, Física, Química, Biología y Geología) como de las Ingenierías, las Ciencias de la Salud y la Economía. El programa está orientado para que estos profesionales adquieran una formación de alto nivel en herramientas y técnicas analíticas/computacionales que les permitan desarrollar modelos matemáticos para la solución de problemas en sus disciplinas, a través de la simulación y optimización de procesos.

Hay que destacar que entre dicho máster y la propuesta que se presenta se desea establecer una relación de colaboración, aprovechando los convenios de marcos de cooperación vigentes, que permita

- 1) Virtualizar algunos módulos de cursos comunes a los tres programas, de tal forma que facilite su aprovechamiento a distancia, por parte de los estudiantes de las distintas instituciones.
- 2) Conformar grupos de trabajo entre estudiantes de las distintas instituciones a quienes se les propongan retos de investigación: mini-proyectos que requieran una revisión bibliográfica y modelamiento computacional.
- 3) Dirección conjunta de proyectos de investigación o tesis, en los cuales los estudiantes puedan aprovechar la experiencia y visiones distintas de los profesores de las otras instituciones. Esta práctica de codirección de proyectos de investigación hará que nuestros profesores conozcan problemas de la sociedad colombiana cuya solución pueda ir más allá de proyectos académicos y pueda concretarse en asesorías puntuales a instituciones colombianas.

Por otra parte, en la Universidad Juárez del Estado de Durango (México) se imparte una *Maestría en Matemática Educativa* (<https://www.ujed.mx/oferta-educativa/maestria-en-matematica-educativa>) cuya línea de generación y aplicación del conocimiento está centrada en "Modelos y modelización para la resolución de problemas. Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas". Se trata de una maestría de dos años de duración con 102 créditos con la que se pretende formar profesionales dedicados a la educación matemática desde una perspectiva de los modelos y la Modelización Matemática. En esta maestría se combina una formación matemática en profundidad con la adquisición de herramientas pedagógicas para la puesta en práctica en el aula y de investigación a través de la generación y ejecución de proyectos diversos. En estos momentos se está organizando un convenio de cooperación entre la Universidad de Salamanca y la Universidad Juárez del Estado de Durango que permita la colaboración en el ámbito de la investigación entre los profesores de matemáticas de ambas instituciones, así como la movilidad de profesores y alumnos de ambos másteres con fines docentes e investigadores.

En la Universidad de Salamanca existe el Máster Universitario en Física y Matemáticas que ofrece una formación avanzada y multidisciplinar de corte generalista, con tres líneas de especialización: Física Aplicada (estudio de materiales y dispositivos electrónicos y electromagnéticos o de la conversión óptima y sostenible de energía), Física Teórica (estudio de modelos matemáticos y conceptuales de la realidad que se utilizan para racionalizar, explicar y predecir los fenómenos de la naturaleza) y Geometría en Variedades (formación en los diferentes aspectos de esta disciplina de las Matemáticas con un enfoque moderno mediante técnicas algebraicas, analíticas y diferenciales). El Máster en Modelización Matemática que se propone en esta memoria no tiene contenidos ni objetivos comunes con el Máster Universitario en Física y Matemáticas, por lo que no crea ningún conflicto de intereses entre ambos.

## 2.4 Descripción de los procedimientos de consulta internos utilizados para la elaboración del plan de estudios

Para el desarrollo del presente anteproyecto se ha consultado con las diferentes áreas a las que se encuentra adscrito el profesorado involucrado en el diseño y posterior impartición del máster que se propone, todas ellas pertenecientes o próximas al ámbito de las Ciencias, en general, y de las Matemáticas en particular: Álgebra, Análisis Matemático, Didáctica de las Matemáticas, Estadística e Investigación Operativa, Fundamentos del Análisis Económico, Informática y Automática, y Matemática Aplicada.

Las áreas mencionadas se muestran de acuerdo en la importancia de incorporar a la oferta de titulaciones oficiales de posgrado de la Universidad de Salamanca la propuesta que se plantea. Esta trascendencia se fundamenta en dos hechos:

- (1) Este título proveerá de un nivel de especialización adecuado a los estudiantes que lo cursen, independientemente del ámbito de la I+D+i en el que quieran desarrollar su actividad laboral.
- (2) Como se comentó previamente no existe en Castilla y León un máster como el que nos ocupa, de manera que es previsible que este título suscite el interés de egresados de otras universidades -tanto públicas como privadas- de nuestro entorno regional y de comunidades autónomas cercanas, como la de Extremadura, en la que tampoco hay estudios de estas características.

La propuesta de anteproyecto ha sido informada favorablemente por los departamentos implicados y por la Junta de Centro en sesión celebrada el XXXX

## 2.5 Descripción de los procedimientos de consulta externos utilizados para la elaboración del plan de estudios

En la consulta externa para la elaboración del plan de estudios se ha contado con la opinión y experiencia de diferentes organismos y centros de I+D+i en los que la modelización matemática juega un papel muy importante en su actividad. Así, los centros con los que se ha contactado han sido los siguientes:

- DeustoTech: <https://deustotech.deusto.es/>
- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA): <http://www.inia.es/>
- Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA/CSIC): <http://www.irnasa.csic.es>
- Instituto Tecnológico Agrario (ITACyL): <http://www.itacyl.es/>
- Instituto de Ciencias del Mar (ICM-CSIC): <http://www.icm.csic.es>
- Basque Centre for Applied Mathematics (BCAM): <http://www.bcamath.org/es/>

La información recabada en todas las reuniones realizadas con distintos grupos de investigación de los organismos anteriormente mencionados pone de manifiesto la importancia de contar con investigadores (en las diferentes ramas del conocimiento) que dispongan de conocimientos adecuados en modelización y simulación. Asimismo, se ha derivado la transcendencia de una colaboración estrecha entre los centros de investigación y la universidad a la hora de impartir el título oficial de posgrado.

## 2.6 Objetivos y competencias

El Real Decreto 1027/2011, de 15 de julio, por el que se establece el Marco de Cualificaciones para la Educación Superior, en su Artículo 7. Nivel de Máster, punto 2, define las características de las cualificaciones ubicadas en este a través de los siguientes descriptores presentados en términos de resultados del aprendizaje:

- a) haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio;
- b) saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados;
- c) saber evaluar y seleccionar la teoría científica adecuada y la metodología precisa de sus campos de estudio para formular juicios a partir de información incompleta o limitada incluyendo, cuando sea preciso y pertinente, una reflexión sobre la responsabilidad social o ética ligada a la solución que se proponga en cada caso;
- d) ser capaces de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el que se desarrolle su actividad;
- e) saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan;
- f) haber desarrollado la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro su ámbito temático, en contextos interdisciplinares y, en su caso, con una alta componente de transferencia del conocimiento;
- g) ser capaces de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.

### Competencias básicas (CB)

Con este Máster se pretende que los estudiantes alcancen las competencias básicas establecidas en el RD 1393/2007, modificado por los Reales Decretos RD 861/2010 y RD 43/2015, comunes a cualquier título oficial de Máster, así como las competencias específicas, propias del título.

CB1. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB2. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB3. Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CB4. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones –y los conocimientos y razones últimas que las sustentan– a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB5. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### Competencias Generales (CG)

CG1. Capacidad para resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos. Hallar soluciones y tomar una determinación fija y decisiva para solucionar una duda o problema en situaciones complejas.

CG2. Capacidad de análisis, de síntesis y de formulación de juicios a partir de la información disponible. Estudiar minuciosamente un problema, caso, artículo, situación, etc. y resumir y recopilar lo más relevante de ello, siendo capaz de formular un juicio que incluya una reflexión sobre las responsabilidades sociales y éticas de su eventual aplicación.

CG3. Capacidad de organización y planificación. Saber fijar los pasos a seguir y/o estructurar procesalmente para alcanzar un objetivo, distribuyendo convenientemente los recursos materiales y humanos con los que cuenta, asignando a cada uno funciones concretas.

CG4. Capacidad de comunicación y trabajo en equipo. Saber comunicar las razones de sus ideas y conclusiones de modo claro a públicos especializados y no especializados. Colaborar y cooperar con los demás aportando lo mejor de sus competencias al logro de resultados del equipo. Aceptar y valorar las competencias de otros y busca hacer sinergia con sus colegas. Valorar las diferencias y construir relaciones de respeto y crecimiento.

### Competencias Transversales (CT)

CT1. Capacidad de búsqueda de información e investigación y de aprendizaje continuo. Saber localizar información utilizando diferentes fuentes (bases de datos, medios de comunicación, manuales y cualesquiera fuentes documentales) y estudiar a fondo esa información. Saber auto dirigir su estudio para seguir aprendiendo durante su vida profesional.

CT2. Capacidad para recibir y transmitir información en otros idiomas, principalmente inglés. Utilizar bien otros idiomas, fundamentalmente el inglés.

CT3. Capacidad para trabajar en entornos de presión. Desenvolverse con relativa facilidad en situaciones complejas en las que está sometido a escasez de tiempo, presiones internas y externas, y limitación de recursos en general.

CT4. Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica. Saber utilizar los conocimientos adquiridos en la consecución de un objetivo concreto, ya sea en la resolución de un ejercicio o en la discusión de un caso práctico.

CT5. Usar tecnologías de la información y las telecomunicaciones. Emplear bien los medios tecnológicos a su alcance (Internet, aplicaciones informáticas y recursos telemáticos).

### Competencias específicas (CE):

CE1. Alcanzar un conocimiento básico en un área determinada que sirva como inicio para la realización de un modelo matemático adecuado en todo tipo de entornos, tanto conocidos, como nuevos o dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.

CE2. Determinar si los modelos matemáticos de los procesos analizados están bien planteados, desde el punto de vista matemático, y bien formulados dentro del contexto en el que se realicen.

CE3. Poder validar e interpretar los resultados obtenidos, comparando con visualizaciones, medidas experimentales y/o requisitos del correspondiente proceso modelado.

CE4. Ser capaz de seleccionar un conjunto de técnicas numéricas, lenguajes y herramientas informáticas, adecuadas para resolver un modelo matemático.

CE5. Saber trabajar en equipo, aportando modelos matemáticos adaptados a las necesidades colectivas.

### 3. ORGANIZACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS Y PROFESORADO

#### 3.1. Planificación docente

En el máster que se propone el estudiante debe superar 60 créditos ECTS distribuidos en dos semestres (de 30 créditos ECTS cada uno). En el primer semestre deberán cursar 6 asignaturas obligatorias de 3 créditos ECTS cada una y 4 asignaturas optativas de 3 créditos ECTS cada una. Por otra parte, en el segundo semestre, deberán cursar 6 asignaturas optativas de 3 créditos ECTS cada una y realizar el Trabajo Fin de Máster de 12 créditos ECTS.

Semestre	Créditos ECTS	Tipología
1	30	Obligatorios: 18
		Optativos: 12
2	30	Optativos: 18
		TFM: 12
<b>Total</b>	<b>60</b>	

El título consta de 3 módulos:

*Módulo 1: Fundamentos Matemáticos.* Se ofertan 18 créditos ECTS de carácter obligatorio.

*Módulo 2: Especialización y Aplicaciones.* Se ofertan 66 créditos ECTS de carácter optativo, de los que el estudiante debe cursar un total de 30 créditos ECTS: 12 créditos ECTS de primer semestre y 18 créditos ECTS de segundo semestre.

*Módulo 3: Trabajo de Fin de Máster (TFM).* Se ofertan 12 ECTS de carácter obligatorio.

En la siguiente tabla aparece detallada la oferta académica de asignaturas del máster, junto con sus características básicas:

Módulos	Asignaturas (Área de Conocimiento)	ECTS	Tipo	Sem.
MÓDULO 1 Fundamentos Matemáticos (18 ECTS)	Teoría de la modelización matemática (Matemática Aplicada)	3	OB	1
	Ecuaciones diferenciales y sistemas dinámicos (Análisis Matemático)	3	OB	1
	Teoría de distribuciones y espacios de Sobolev (Análisis Matemático)	3	OB	1
	Métodos numéricos en EDPs (Matemática Aplicada, Fundamentos del Análisis Económico)	3	OB	1
	Modelos probabilísticos (Estadística e Investigación Operativa)	3	OB	1
	Herramientas de programación (Fundamentos del Análisis Económico)	3	OB	1



MÓDULO 2 Especialización y Aplicaciones (66 ECTS)	Modelos estadísticos (Estadística e Investigación Operativa)	3	OP	1
	Explotación y preparación estadística de almacenes de datos (Estadística e Investigación Operativa)	3	OP	1
	Sistemas dinámicos discretos (Análisis Matemático)	3	OP	1
	Método de elementos finitos avanzados (Matemática Aplicada, Fundamentos del Análisis Económico)	3	OP	1
	Sistemas integrables (Matemática Aplicada)	3	OP	1
	Modelización de sistemas complejos (Matemática Aplicada, Estadística e Investigación Operativa)	3	OP	1
	Métodos de investigación en educación matemática (Didáctica de las Matemáticas)	3	OP	1
	Investigación en la enseñanza/aprendizaje de la modelización matemática (Didáctica de las Matemáticas)	3	OP	1
	Herramientas informáticas avanzadas para la modelización (Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial)	3	OP	1
	Teoría económica y teoría de juegos (Fundamentos del Análisis Económico)	3	OP	1
	Modelización en soft computing (Fundamentos del Análisis Económico)	3	OP	2
	Técnicas de Inteligencia Artificial en modelización (Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial)	3	OP	2
	Técnicas para extracción de conocimiento en grandes bases de datos (Estadística e Investigación Operativa)	3	OP	2
	Series temporales (Estadística e Investigación Operativa)	3	OP	2
	Métodos numéricos en ecuaciones diferenciales estocásticas (Análisis Matemático)	3	OP	2
	Software de análisis cualitativo de datos (Didáctica de las Matemáticas)	3	OP	2
	Mecánica de los medios continuos (Matemática Aplicada)	3	OP	2
	Modelos matemáticos en medio ambiente (Matemática Aplicada, Fundamentos de Análisis Económico)	3	OP	2
	Modelos matemáticos en dinámica de poblaciones (Matemática Aplicada)	3	OP	2
	Modelizando con ecuaciones diferenciales en Ingeniería y Ciencia (Matemática Aplicada)	3	OP	2
Técnicas geométricas en la Física moderna (Álgebra)	3	OP	2	
Modelos matemáticos en Física (Matemática Aplicada)	3	OP	2	
MÓDULO 3 Trabajo de Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster (todas)	12	OB	2

### 3.2. Capacidad y necesidades de profesorado

La Universidad de Salamanca cuenta con profesorado adecuado y con la capacidad requerida para impartir las distintas materias que conforman este título. Dicho profesorado se encuentra adscrito a siete áreas de conocimiento, las cuales tienen la capacidad docente necesaria para hacerse cargo de las materias que se impartirán en el máster.

Aunque el profesorado adscrito a la Universidad de Salamanca es suficiente para desarrollar de manera satisfactoria las actividades académicas, dada la naturaleza y contenidos que se pretenden impartir, se considera oportuno contar con la colaboración docente externa de investigadores de los centros que se indican a continuación:

- DeustoTech.
- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
- Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA/CSIC).
- Instituto Tecnológico Agrario (ITACyL).
- Instituto de Ciencias del Mar (ICM-CSIC).

Mediante conversaciones previas con los responsables de dichos centros, existen acuerdos verbales para la participación de miembros de los mismos en actividades como impartir conferencias, realizar visitas y cotutorizar trabajos fin de master.

#### Profesorado de las áreas de conocimiento implicadas en el título:

Se han comprometido 29 profesores doctores pertenecientes a 7 áreas distintas para la impartición del título de posgrado que se propone. Se trata de 4 catedráticos de universidad, 17 profesores titulares de universidad, 6 profesores contratados doctores, 1 profesor ayudante doctor y 1 profesor asociado. En total poseen 58 tramos de investigación. La distribución por áreas se muestra en la siguiente tabla.

Área	Profesorado
Álgebra	1 CD
Análisis Matemático	2 PTU 3 CD
Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial	1 CU 1 PTU
Didáctica de la Matemática	1 CU 1 PTU 1 AD
Estadística e Investigación Operativa	4 PTU 1 CD
Fundamentos de Análisis Económico	2 CU 1 PTU 1 PA
Matemática Aplicada	8 PTU 1 CD

#### 4. INFRAESTRUCTURAS NECESARIAS PARA LA IMPARTICIÓN DEL MÁSTER

La Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca cuenta con las infraestructuras, los medios materiales y de personal necesarios para el desarrollo del Máster en Modelización Matemática. Todas las instalaciones que se utilizarán corresponden a aulas, seminarios, salas de reuniones, secretaría, etc. de esta Facultad.

Las aulas de la Facultad de Ciencias están ubicadas en tres edificios:

<b>EDIFICIO CIENCIAS</b>	
<b>Aula</b>	<b>Capacidad</b>
Aula Magna I	240 puestos
Aula Magna II	270 puestos
Aulas A-1, A-2, A-3	160 puestos c/u
Aulas B-1, B-2, B-3	160 puestos c/u
Aulas C-1, C-2, C-3	160 puestos c/u
Aulas D-1	64 puestos
Aulas D-2, D-3	108 puestos c/u
Aulas E-1, E-2, E-3	71 puestos c/u
Aulas F-1, F-2, F-3, F-4, F-5	24,20,24,54,36 respectivamente.

<b>EDIFICIO TRILINGÜE</b>	
<b>Aula</b>	<b>Capacidad</b>
Aula I y II	115 puestos c/u.
Aula III	95 puestos
Aula IV y V	40 puestos c/u.
Aula VI	32 puestos
Aula VII	56 puestos

EDIFICIO MERCED	
Aula/Espacio	Capacidad
Aula 0-01, 0-02, 0-03	44, 29, 48 respectivamente
Aula 0-04 y 0-05	28 y 16 respectivamente
Cuesta Dutari	99 puestos
Sancho Guimerá	72 puestos
Nº IV	45 puestos
Seminario I	25 puestos

Todas las aulas cuentan con los medios electrónicos adecuados para una enseñanza adecuada, ya que cada aula posee un proyector y un ordenador fijos, y tienen conexión a internet.

La Facultad de Ciencias cuenta también con 8 aulas de informática disponibles para la realización de actividades colectivas del máster que puedan requerir este formato. El mantenimiento de los equipos informáticos de estas aulas está a cargo de dos técnicos de informática, si bien también los Servicios Informáticos de la Universidad de Salamanca se encargan de la revisión, actualización y mantenimiento de esas aulas y de sus equipos.

La página web de la Facultad de Ciencias ([fciencias.usal.es](http://fciencias.usal.es)) contiene información detallada sobre las titulaciones y eventos que se desarrollan en la Facultad, de manera que los estudiantes del máster podrán disponer, antes de comienzo del curso, de la información académica suficiente para poder planificar su proceso de aprendizaje.

Debe igualmente mencionarse la existencia servicios tecnológicos fundamentales como mecanismo de apoyo académico y acceso a material didáctico y científico: el campus virtual de la Universidad de Salamanca (STUDIUM), que permite poner a disposición diversos materiales docentes, a través de la Red, o el sistema de Gestión del Repositorio Documental de la Universidad de Salamanca (GREDOS), que permite la consulta y descarga de documentos digitales de carácter histórico, docente, científico e institucional. Los indicados instrumentos serán todos ellos accesibles al profesorado y a los estudiantes del Máster.

Las instalaciones de las distintas bibliotecas de la USAL están disponibles para los estudiantes del máster, quienes podrán acceder a sus múltiples fondos bibliográficos. En particular, la biblioteca Abraham Zacut, compartida por la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ciencias Químicas, atendida por doce técnicos, es un edificio de cuatro plantas, con salas de lectura, salas de trabajo en grupo, tres colecciones bibliográficas (básica, de referencia y especializada en ciencias y tecnología), hemeroteca, cartoteca, sala de audiovisuales y puestos reservados a investigadores.

La Facultad de Ciencias cumple con la normativa sobre igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad (Ley 51/2003, de 2 de diciembre), ya que cuenta con rampas de acceso al edificio y a las clases, ascensores con lectura en Braille, así como mesas adaptables a los estudiantes en sillas

de ruedas. En el momento actual no hay en el edificio espacio ni servicio alguno que no responda a las exigencias y normas de accesibilidad.

En cuanto al personal de administración y servicios, la Facultad de Ciencias dispone de personal de secretaría que se ha venido haciendo cargo en los últimos años de las tareas administrativas correspondientes a las titulaciones impartidas en ese centro (Grados en Estadística, Física, Geología, Ingeniería Geológica, Ingeniería Informática y Matemáticas y los diversos Másteres adscritos). Ese personal asumiría las labores de administración del nuevo Máster Universitario en Modelización Matemática.

## 5. INFORME ECONÓMICO

El Máster en Modelización Matemática no supone ningún coste adicional para la Universidad de Salamanca ya que ésta cuenta con el profesorado, servicios e instalaciones requeridas para la impartición de dicha titulación.

Las colaboraciones docentes que se plantean se financiarán a través del presupuesto propio que se le asigne al título oficial.

## 6. COMISIÓN ACADÉMICA RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL TÍTULO

La comisión académica responsable de la elaboración del máster está formada por cinco profesores/as que representan a las principales áreas de conocimiento implicadas en el título.

NOMBRE	CATEGORÍA	CONTACTO	ÁREA
M <sup>a</sup> Teresa González Astudillo	PTU	maite@usal.es	Didáctica de las Matemática
Miguel Ángel González León	PTU	magleon@usal.es	Matemática Aplicada
Ángel M <sup>a</sup> Martín del Rey	PTU	delrey@usal.es	Matemática Aplicada
M <sup>a</sup> Teresa Santos Martín	PTU	maysam@usal.es	Estadística e Investigación Operativa
Ángel A. Tocino García	PTU	bacon@usal.es	Análisis Matemático