

Guía docente de la asignatura

**Trabajo Fin de Master**Fecha última actualización: 15/07/2021  
Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 24/07/2021**Máster**

Máster Universitario en Física y Matemáticas - Fisymat

**MÓDULO**

Trabajo Fín de Máster

**RAMA**

Ciencias

**CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Segundo

**Créditos**

12

**Tipo**

Obligatorio

**Tipo de enseñanza**

Presencial

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

Una vez concluido y evaluado positivamente el periodo de formación teórica-práctica, los estudiantes del máster deberán completar el Trabajo de Fin de Máster (TFM). Este consistirá en la realización de un trabajo de investigación, tutelado por los profesores asignados, con 12 créditos ECTS, que quedará recogido en una memoria y que deberá ser defendido públicamente ante la comisión de evaluación.

Toda la información relacionada con el TFM estará disponible también en la página web del máster

<http://www.ugr.es/~fisymat/master/index.html>

El TFM se acogerá a la **normativa** vigente en la Universidad de Granada relativa a directrices para el desarrollo del mismo

[http://escuelaposgrado.ugr.es/pages/masteres\\_oficiales/informacion\\_documentacion\\_coordinadores/directricestfm/](http://escuelaposgrado.ugr.es/pages/masteres_oficiales/informacion_documentacion_coordinadores/directricestfm/)!

[http://escuelaposgrado.ugr.es/pages/masteres\\_oficiales/informacion\\_documentacion\\_coordinadores/trabajo-fin-de-master](http://escuelaposgrado.ugr.es/pages/masteres_oficiales/informacion_documentacion_coordinadores/trabajo-fin-de-master)

El TFM debe constituir un trabajo original que conlleve desarrollar algunos de los conocimientos, habilidades y competencias adquiridas en los módulos formativos. Se llevará a cabo bajo la supervisión de un tutor asignado a tal fin. En el enlace



<https://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/PropuestasTFMyTutores.pdf>

se ofrecen algunas propuestas de TFM por parte de algunos Profesores y Tutores de FisyMat (dicho documento se renueva cada año).

La **preasignación de tutores** a alumnos se hará rellenando el siguiente impreso

[http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/asignacion\\_tutor\\_master.doc](http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/asignacion_tutor_master.doc)

el cual se hará llegar firmado al coordinador del máster. Este impreso no es más que un compromiso entre el alumno y el tutor para desarrollar el TFM. En él se especificará una de las **líneas de investigación** del máster.

<http://www.ugr.es/~fisymat/master/investigacion.php?tfm>

que más se adapte al perfil del trabajo a desarrollar. También puede co-tutorizar un profesor externo al Máster aunque, si nunca ha dirigido un TFM en FisyMat, habrá que darlo antes de alta como tutor y, para ello, tendrá que enviar al Coordinador de FisyMat el CV abreviado

[http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/INFORMACIÓN\\_CURRICULAR\\_DOCENTE.docx](http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/INFORMACIÓN_CURRICULAR_DOCENTE.docx)

cumplimentado para que lo evalúe Posgrado. En cualquier caso, la temática del TFM tiene que estar dentro de las líneas de investigación del Máster señaladas anteriormente.

No hay una fecha límite concreta para que el alumno se decida por un tutor y una temática de TFM adecuados a sus preferencias y formación. No obstante, es recomendable que dicho compromiso con el tutor se establezca cuanto antes mejor, ya que se trata de una asignatura de 12 créditos que requiere un trabajo continuado durante todo el curso. Nótese que la entrega del TFM se hará normalmente a finales de junio (en convocatoria ordinaria), o a principios de septiembre (en convocatoria extraordinaria), del correspondiente curso académico, y la defensa del mismo unos 15 días después de la entrega. Dicha entrega se hará al coordinador del máster a través de una copia de la memoria en formato PDF. El tutor entregará al coordinador un **informe del TFM** (confidencial y firmado), cuyo modelo puede obtenerse de la página web del máster

[http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/Informe\\_TFM\\_master.doc](http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/Informe_TFM_master.doc)

El coordinador del máster hará llegar toda esta documentación a la Comisión de Evaluación para que ésta pueda estudiarla, con antelación suficiente (al menos 10 días antes) al acto de defensa pública del TFM. La fecha para la entrega de la documentación, así como un recordatorio de las directrices generales, se anunciará por correo electrónico a los alumnos y a los tutores. Las fechas se elegirán atendiendo al periodo de presentación de actas fijado en el calendario académico de la Universidad.

#### FORMATO DEL TFM

La memoria del TFM deberá seguir los siguientes requisitos:

a) Tendrá una extensión aproximada de 50 páginas, a modo orientativo, incluyendo gráficas, imágenes y los anexos correspondientes. Se recomienda tamaño de letra de 12 puntos, interlineado 1.5 y tipo Times New Roman o similar. Se recomienda LaTeX como editor de texto. El alumno puede usar (opcionalmente) la siguiente plantilla

<http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/TemplateTFM.zip>



b) En la portada del TFM debe figurar el título, nombre del alumno, nombre del tutor, el nombre del máster, y la fecha.

c) Tras la portada se debe incluir la **declaración de originalidad**, debidamente cumplimentada, que el alumno puede encontrar en este enlace:

[http://masteres.ugr.es/curriculumyformacion/pages/declaracion/!](http://masteres.ugr.es/curriculumyformacion/pages/declaracion/)

O copiar y pegar como:

D./D.<sup>a</sup> \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_ garantiza al firmar este documento que en la realización del TFM que lleva por título \_\_\_\_\_ se han respetado todos los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Granada, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_

Fdo.: \_\_\_\_\_

Se recomienda imprimirla, firmarla, escanearla e insertarla en el fichero PDF definitivo del TFM.

d) Se recomienda/sugiere la siguiente estructuración del trabajo:

1.- Agradecimientos (si procede): constarán de una breve relación de las personas, instituciones y organismos financiadores que han ayudado a la realización del trabajo (no más de una página).

2.- Resumen: en español y en inglés, con una extensión aproximada de 500 palabras y con cinco palabras clave al final (alrededor de una página).

3.- Índice de capítulos y secciones.

3.- Introducción: presentación de los antecedentes y objetivos del estudio.

4.- Contenidos estructurados en capítulos y secciones.

5.- Conclusiones, resultados y discusión de la importancia de los mismos, teniendo en cuenta su relación con los conocimientos previos disponibles en la bibliografía.

6.- Bibliografía: Se utilizará un formato único para todas las referencias, siguiendo el modelo habitual de las revistas especializadas relacionadas con la temática del trabajo.

e) De existir figuras y tablas, éstas se intercalarán en el texto donde corresponda para facilitar su consulta. Deben numerarse correlativamente, en el orden en que se citan y tener un pie donde se explique brevemente su contenido.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

Las líneas de investigación propuestas para el Trabajo Fin de Máster son:

### 1 Astrofísica:



Astrofísica y Cosmología. Astrofísica estelar. Evolución estelar. Supernovas. Astrofísica galáctica. Radioastronomía. Medio interestelar. Estructura galáctica. Formación estelar. Fondo cósmico de microondas. Estructura a gran escala. Modelos Matemáticos en Astrofísica.

## 2 Métodos y Modelos Matemáticos de la Ciencia

Métodos Matemáticos de la Ciencia. Ecuaciones de evolución en derivadas parciales. Ecuaciones cinéticas y cuánticas. Mecánica de Fluidos. Relatividad. Métodos variacionales. Biomatemáticas. Dinámica celular y tumoral. Formación de patrones. Ecología. Resolución numérica de EDP. Ecuaciones no lineales y métodos numéricos. Modelado numérico de fluidos biológicos y geofísicos. Análisis funcional. Análisis Probabilístico e inferencia en procesos estocásticos. Sistemas dinámicos. Dinámica hamiltoniana. Teoría cualitativa de ecuaciones diferenciales. Optimización y métodos variacionales. Análisis no lineal y ecuaciones elípticas.

## 3 Física teórica y experimental de altas energías

Física teórica y experimental en más de cuatro dimensiones. Partículas más allá del modelo estándar.

## 4 Cálculo de Variaciones y Geometría. Análisis Geométrico. Modelos Algebraicos.

Cálculo de Variaciones y Geometría. Análisis Geométrico. Análisis no lineal y ecuaciones elípticas. Topología Algebraica. Superficies minimales. Superficies de curvatura media constante. Desigualdades isoperimétricas. Teoría geométrica de la medida. Grupos de Heisenberg. Geometría y dinámica de partículas y cuerdas relativistas. Geometría de Lorentz y Gravitación. álgebras asociativas: métodos formales y efectivos. Monoides finitamente generados. Teoría de homotopía. Algebra computacional. Algebras de Hopf y grupos cuánticos.

## 5 Fenómenos cooperativos en Física Estadística. Física Computacional.

Fenómenos cooperativos en Física Estadística: teoría y aplicaciones interdisciplinarias. Teoría y simulación de sistemas complejos. Física Computacional. Biofísica. Redes neuronales. Redes sociales.

## 6 Información cuántica. átomos y moléculas en campos externos. Teoría de aproximación.

Física de la información. Información cuántica. Computación y tecnologías cuánticas. átomos y moléculas en campos externos. Teoría de Aproximación. Funciones especiales de la física matemática.

## 7 Física Teórica y Matemática.

Física hadrónica. Estudio Monte Carlo de diagramas de fases de sistemas de espines. Teoría cuántica de campos no lineales. Representación de grupos de dimensión infinita. Cuantización de teorías gauge. Gravedad cuántica. Física Matemática.

## COMPETENCIAS

### COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de



investigación.

- CB7 - 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.
- CB8 - 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.
- CB9 - 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.
- CB10 - 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

- CG01 - Saber trabajar en un equipo multidisciplinar y gestionar el tiempo de trabajo
- CG02 - Capacidad de generar y desarrollar de forma independiente propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional en el ámbito científico de la Física y Matemáticas
- CG03 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos
- CG04 - Saber comunicarse con la comunidad académica y científica en su conjunto, con la empresa y con la sociedad en general acerca de la Física y/o Matemáticas y sus implicaciones académicas, productivas o sociales
- CG05 - Adquirir la capacidad de desarrollar un trabajo de investigación científica de forma independiente y en toda su extensión. Ser capaz de buscar y asimilar bibliografía científica, formular las hipótesis, plantear y desarrollar problemas y elaborar de conclusiones de los resultados obtenidos
- CG06 - Adquirir la capacidad de diálogo y cooperación con comunidades científicas y empresariales de otros campos de investigación, incluyendo ciencias sociales y naturales

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Resolver problemas físicos y matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos
- CE02 - Desarrollar la capacidad de decidir las técnicas adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Modelización en Ciencias e Ingeniería, Astrofísica, Física, y Matemáticas
- CE03 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos matemáticos avanzados, y profundizar en los distintos campos de las matemáticas
- CE04 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos físicos avanzados, y profundizar en los distintos campos de la física y astrofísica
- CE05 - Saber obtener e interpretar datos de carácter físico y/o matemático que puedan ser aplicados en otras ramas del conocimiento
- CE06 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de resultados e ideas nuevas y complejas en el campo de la astrofísica, física, matemáticas y biomatemáticas
- CE07 - Capacidad para comprender y poder aplicar conocimientos avanzados de matemáticas y métodos numéricos o computacionales a problemas de biología, física y astrofísica, así como elaborar y desarrollar modelos matemáticos en ciencias, biología e



ingeniería.

- CE08 - Capacidad de modelar, interpretar y predecir a partir de observaciones experimentales y datos numéricos

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Fomentar el espíritu innovador, creativo y emprendedor
- CT03 - Desarrollar el razonamiento crítico y la capacidad de crítica y autocrítica
- CT04 - Comprender y reforzar la responsabilidad y el compromiso éticos y deontológicos en el desempeño de la actividad profesional e investigadora y como ciudadano
- CT05 - Capacidad de aprendizaje autónomo y responsabilidad (análisis, síntesis, iniciativa y trabajo en equipo)

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno será capaz de desarrollar de forma independiente y autónoma un proyecto de investigación en el campo de la Física, Matemáticas, Biofísica, Biomatemáticas y Astrofísica.

El alumno será capaz de redactar la memoria del Trabajo Fin de Máster bajo la supervisión del tutor.

El alumno será capaz de hacer una defensa pública del Trabajo Fin de Máster ante un tribunal de evaluación.

### PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

#### TEÓRICO

Los contenidos teóricos se relacionan con las líneas de investigación generales propuestas anteriormente y con temáticas relacionadas propuestas por los tutores.

#### PRÁCTICO

Los contenidos prácticos se relacionan con las líneas de investigación generales propuestas anteriormente y con temáticas relacionadas propuestas por los tutores.

### BIBLIOGRAFÍA

#### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

Cada tutor proporciona una bibliografía relacionada con el TFM propuesto.

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Cada tutor proporciona una bibliografía relacionada con el TFM propuesto.



## ENLACES RECOMENDADOS

Toda la información relacionada con el TFM estará disponible también en la página web del máster

<http://www.ugr.es/~fisymat/master/index.html>

Propuestas tutores y TFM

<https://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/PropuestasTFMyTutores.pdf>

La preasignación de tutores a alumnos se hará rellenando el siguiente impreso

[http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/asignacion\\_tutor\\_master.doc](http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/asignacion_tutor_master.doc)

Informe del TFM (a rellenar por el tutor y mandar al coordinador del máster)

[http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/Informe\\_TFM\\_master.doc](http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/Informe_TFM_master.doc)

Plantilla TFM en LaTeX (opcional)

<http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/TemplateTFM.zip>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD05 Tutorías académicas
- MD07 Análisis de fuentes y documentos
- MD08 Sesiones de discusión y debate
- MD09 Seguimiento del TFM

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

La defensa de TFM en su convocatoria ordinaria se realizará a mediados del mes de julio.

### COMISIÓN DE EVALUACIÓN

La comisión de evaluación se constituirá formalmente con al menos un mes de antelación a la fecha de la defensa pública de los TFM.

La comisión de evaluación será designada por la comisión académica del máster y estará formada por tres profesores del máster que actuarán como Presidente, Secretario y Vocal. También se designarán dos profesores más que actuarán como suplentes. El tutor de un TFM no podrá formar parte de la comisión que evalúe dicho TFM.

### CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DEL TFM

La comisión de evaluación tendrá en cuenta tanto las competencias presentes en la memoria de



verificación como las siguientes directrices generales para la calificación final del TFM:

a) Los trabajos presentados se evaluarán en función de su calidad y rigor científico y académico. En particular se tendrán en cuenta la originalidad del trabajo, la iniciativa investigadora del estudiante y su claridad en la exposición de los resultados, tanto en la memoria escrita como en la defensa oral del trabajo. Según consta en la memoria de verificación del título, tanto la memoria escrita como la defensa oral tendrán una ponderación mínima de 40% y una máxima de 60%.

b) La calificación final será la media aritmética de las calificaciones otorgadas al estudiante por cada uno de los miembros de la comisión de evaluación. La calificación final será numérica, de 0 a 10, con expresión de un decimal, a la que se añadirá su correspondiente calificación cualitativa: 0 – 4.9: Suspenso; 5.0 – 6.9: Aprobado; 7.0 – 8.9: Notable; 9.0 – 10: Sobresaliente.

c) Cuando la calificación cualitativa final sea suspenso, la comisión evaluadora hará llegar al estudiante y a su tutor, de forma oral y/o por escrito, las recomendaciones que se consideren oportunas con la finalidad de que el TFM se pueda mejorar y sea presentado en la siguiente convocatoria.

d) La revisión de las calificaciones finales de los TFM se llevará a cabo de conformidad con lo previsto en el Reglamento de Evaluación de la Universidad de Granada.

[http://escuelaposgrado.ugr.es/pages/masteres\\_oficiales/informacion\\_documentacion\\_coordinadores/directricestfm/!](http://escuelaposgrado.ugr.es/pages/masteres_oficiales/informacion_documentacion_coordinadores/directricestfm/)

[http://escuelaposgrado.ugr.es/pages/masteres\\_oficiales/informacion\\_documentacion\\_coordinadores/trabajo-fin-de-master](http://escuelaposgrado.ugr.es/pages/masteres_oficiales/informacion_documentacion_coordinadores/trabajo-fin-de-master)

Se ha diseñado una plantilla excel

<http://www.ugr.es/~fisymat/master/doc/impresos/PlantillaTFM.xls>

a disposición del tribunal para facilitar la calificación de determinadas competencias relacionadas con el TFM. El uso de dicha plantilla es opcional.

#### DEFENSA PÚBLICA DEL TFM

Con suficiente antelación a la defensa del TFM, el coordinador hará público (mediante correo electrónico a los alumnos y a la comisión de evaluación, así como en [infoconfe@listas.ugr.es](mailto:infoconfe@listas.ugr.es), [noticias@listas.ugr.es](mailto:noticias@listas.ugr.es)) el día, la hora y el lugar de celebración del acto de defensa del TFM, así como el orden de exposición de los estudiantes.

La defensa del TFM será realizada por los estudiantes de manera pública y presencial. De manera excepcional la Escuela Internacional de Posgrado podrá aprobar, previa petición formal y motivada de la comisión académica del máster, y siempre que existan condiciones técnicas, administrativas y económicas que lo permitan, que la defensa se produzca a distancia o de forma virtual.

La defensa podrá realizarse en español o en inglés.

El estudiante tendrá que exponer en un tiempo máximo de 15 minutos, el objeto, la metodología, los resultados y las conclusiones de su TFM, contestando con posterioridad a las preguntas, comentarios y sugerencias que pudieran plantearle los miembros de la comisión de evaluación, con una duración aproximada de 5 minutos.



### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

La defensa de TFM en su convocatoria extraordinaria se realizará a mediados del mes de septiembre. Las directrices son las mismas que en convocatoria ordinaria.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Aparte, existe una convocatoria adelantada (que se celebra aproximadamente a principios del mes de febrero) para aquellos alumnos que ya han cursado un año (junto con los alumnos procedentes del doble máster MAES-FISYMAT) y tienen pendiente todavía el TFM. Para acceder a esta convocatoria, los alumnos de FISYMAT deben renovar su matrícula y solicitar dicha convocatoria a través de su acceso identificado allá por el mes de noviembre (se anunciará cada año).

