

Curso

2017-2018

# Guía Docente del Master Universitario en Meteorología y Geofísica



Facultad de Ciencias Físicas.  
Universidad Complutense de Madrid

## Tabla de contenido

<b>1. Información y Estructura del Plan de Estudios.....</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivos del Máster .....	2
1.2. Acceso y admisión de estudiantes .....	2
1.3. Transferencia y Reconocimiento de créditos.....	3
1.4. Estructura general.....	4
1.5. Asignaturas del Plan de Estudios distribuidas por semestres .....	9
1.6. Adquisición de competencias .....	10
<b>2. Cuadros Horarios, Aulas y Profesorado.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Fichas de las Asignaturas.....</b>	<b>16</b>
Meteorología Física.....	17
Dinámica Atmosférica.....	21
Física del Clima .....	25
Campo de Gravedad de la Tierra.....	29
Campo Magnético de la Tierra.....	33
Propagación de Ondas Sísmicas .....	36
Micrometeorología .....	41
Oceanografía Física .....	46
Técnicas Aplicadas a la Meteorología .....	50
Dinámica del Interior de la Tierra .....	53
Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas.....	57
Sismología Avanzada.....	61
Modelización Numérica .....	66
Variabilidad Climática .....	70
Geofísica Aplicada .....	75
Prácticas en Empresa (PE) .....	80
Trabajo Fin de Máster (TFM) .....	82
<b>4. Adaptación de los estudios del Máster en Geofísica y Meteorología al Máster en Meteorología y Geofísica.....</b>	<b>85</b>
<b>5. Calendario Académico y Fechas de Examen.....</b>	<b>87</b>

Web: <https://www.ucm.es/mastermeteorologiaygeofisica>

# 1. Información y Estructura del Plan de Estudios

## 1.1. Objetivos del Máster

El objetivo fundamental del máster es la especialización del alumno en el ámbito de la Meteorología y la Geofísica, formándolos en el estudio de la Tierra desde el punto de vista físico. Los cursos ofrecidos comprenden tanto temas básicos como cursos más avanzados en Meteorología y Geofísica.

Presenta tres posibilidades de especialización, basadas por un lado en las tradicionales especialidades en Física de la Atmósfera y Física de la Tierra, y por otro lado una tercera opción (general o sin especialidad), mas transversal que abarque distintas materias de Meteorología y Geofísica y por lo tanto constituyen una vía más multidisciplinar dentro del área de conocimiento de Física de la Tierra.

El carácter del máster es académico e investigador, pero además de formar futuros investigadores o profesionales que encuadren sus carreras en centros de investigación o en la Universidad, hay que subrayar que tanto las empresas como instituciones del ámbito de la Meteorología y la Geofísica podrán encontrar en estos titulados a personal especializado en dichos campos, especialmente para sus departamentos de I+D+i.

El Máster en Meteorología y Geofísica garantiza además la formación de aquellos alumnos que quieran realizar estudios de doctorado en el Campo de Meteorología o la Geofísica, como por ejemplo en el programa de doctorado en Física de la UCM.

## 1.2. Acceso y admisión de estudiantes

El perfil de ingreso recomendado sería el de graduado o licenciado en Física o títulos de Ingeniería, además de otras titulaciones de ámbito científico siempre que el alumno tenga una base físico-matemática adecuada. En este caso, la Comisión Coordinadora del Máster valorará si dicha titulación es adecuada para la realización del Máster en Meteorología y Geofísica dependiendo del perfil académico del alumno. En cualquier caso la Comisión Coordinadora del Máster valorará individualmente con cada alumno, la posibilidad de que cursen complementos de formación en el ámbito de la Meteorología y/o la Geofísica, caso de que no tengan conocimientos básicos en este campo. Los alumnos cursarán dichas asignaturas en las mismas condiciones que los alumnos de Grado, por lo que los contenidos, actividades formativas, sistemas de evaluación, etc. de estos complementos formativos serán los mismos que los de las correspondientes asignaturas de Grado.

Asimismo, podrán acceder los titulados universitarios conforme a sistemas educativos ajenos al Espacio Europeo de Educación Superior sin necesidad de la homologación de sus títulos, previa comprobación de que aquellos acreditan un nivel de formación equivalente a los correspondientes títulos universitarios oficiales españoles y que faculden, 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 distintos que el de cursar las enseñanzas de Máster.

La comisión Cordinadora del Máster llevará a cabo el proceso de admisión en el mismo y baremará a los candidatos utilizando los siguientes criterios de valoración:

- Expediente académico (25%)

- Formación adicional (exceptuando titulación de acceso) (15%).
- Curriculum vitae (25%).
- Adecuación del perfil del candidato a los objetivos del Máster (35%).

### 1.3. Transferencia y Reconocimiento de créditos

La Universidad Complutense de Madrid tiene publicado el Reglamento de Reconocimiento y Transferencia de créditos en Grados y Másteres en la página web <http://www.ucm.es/normativa>

El reconocimiento de créditos supone la aceptación por la UCM de los créditos obtenidos en enseñanzas oficiales de la UCM o de otra Universidad, o el proporcionar efectos académicos a actividades que, de acuerdo con la normativa de la UCM, dispongan de carácter formativo para el estudiante. Los créditos reconocidos computarán – en los porcentajes que dependiendo de su origen se establezcan – para la obtención de una titulación de carácter oficial.

El reconocimiento de créditos desde la titulación de origen del estudiante se realizará a la enseñanza oficial de Máster que se solicite, conforme a los siguientes criterios:

a). Podrán ser objeto de reconocimiento los créditos correspondientes a asignaturas superadas entre enseñanzas oficiales de Máster, en función de la adecuación entre las competencias y conocimientos asociados a las asignaturas de origen y las previstas en el plan de estudios del título de Máster Universitario para el que se solicite el reconocimiento de créditos.

b). Se podrán reconocer créditos obtenidos en enseñanzas oficiales de Licenciatura, Ingeniería Superior o Arquitectura, enseñanzas todas ellas anteriores al R.D. 1393/2007, siempre y cuando procedan de asignaturas vinculadas al segundo ciclo de las mismas y atendiendo a la misma adecuación de competencias.

c). Se podrán reconocer créditos cursados en enseñanzas oficiales de Doctorado reguladas tanto por el R.D. 1393/2007 como por los anteriores R.D.

185/1985 R.D. 778/1998 y R.D. 56/2005, teniendo en cuenta la adecuación entre las competencias y conocimientos asociados a las asignaturas cursadas por el estudiante y los previstos en el Máster Universitario que se quiera cursar.

d). El número de créditos que sean objeto de reconocimiento a partir de experiencia profesional o laboral de análogo nivel y de enseñanzas universitarias no oficiales no podrá ser superior, en su conjunto, al 15 por ciento del total de créditos que constituyan el plan de estudios. El reconocimiento de estos créditos no incorporará calificación de los mismos por lo que no computarán a efectos de baremación del expediente.

e). El Trabajo Fin de Máster no podrá ser objeto de reconocimiento, al estar orientado a la evaluación de las competencias específicas asociadas al título de Máster correspondiente de la UCM.

El reconocimiento de créditos no podrá superar el 40% de los créditos correspondientes al título de Máster para el que se solicite el reconocimiento. En el proceso de reconocimiento quedarán reflejados, de forma explícita, el número y tipo de créditos ECTS que se le reconocen al estudiante, conforme a los contenidos y competencias que queden acreditados, y aquellas asignaturas que no deberán ser cursadas por el estudiante. En el expediente del estudiante las asignaturas figurarán como reconocidas, con la calificación correspondiente. Esta calificación será equivalente a la calificación de las asignaturas que han dado origen al reconocimiento. En caso necesario, se realizará la media ponderada cuando varias asignaturas de origen conlleven al reconocimiento de una única asignatura de destino. No serán susceptibles de reconocimiento los créditos de asignaturas previamente reconocidas o convalidadas.

La transferencia de créditos implica que en los documentos académicos oficiales acreditativos de las enseñanzas de Máster de la UCM, seguidas por cada estudiante, se incluirá la totalidad de los créditos obtenidos en enseñanzas oficiales cursadas con anterioridad, en la UCM u otra Universidad, cuando esos estudios no hayan conducido a la obtención de un título oficial. No se incluirán entre estos créditos los que hayan sido objeto de reconocimiento. La transferencia de créditos se realizará consignando el número de créditos y la calificación obtenida en las asignaturas superadas en otros estudios universitarios oficiales no finalizados. En ningún caso los créditos objeto de transferencia computarán a efectos de media del expediente académico.

#### **1.4. Estructura general**

El presente Plan de Estudios está estructurado en módulos (unidades organizativas que incluyen una o varias materias), materias (unidades disciplinares que incluyen una o varias asignaturas) y asignaturas. El alumno que desee cursar el Máster en Meteorología y Geofísica, de un año de duración y 60 ECTS de carga lectiva, se encontrará con un Máster estructurado en cinco módulos y seis materias temáticas. Los módulos se refieren al nivel y especialización de los estudios, mientras que las materias son unidades disciplinares que incluyen diferentes contenidos que se pueden organizar en una o varias asignaturas. La estructura general del Máster se resume en la Tabla I.

Estructura del Máster en Meteorología y Geofísica			
MÓDULOS	MATERIAS	ASIGNATURAS	
		1 <sup>er</sup> Semestre	2 <sup>o</sup> Semestre
<b>MÓDULO BÁSICO</b>	FUNDAMENTOS DE METEOROLOGÍA	- Meteorología Física - Física del Clima	- Dinámica Atmosférica
	FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA	- Campo de gravedad de la Tierra - Campo Magnético de la Tierra - Propagación de Ondas Sísmicas	
<b>MÓDULO DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA</b>	METEOROLOGÍA APLICADA	- Micrometeorología - Técnicas Aplicadas a la Meteorología	- Modelización Numérica
	CLIMA	- Oceanografía Física	- Variabilidad Climática
<b>MÓDULO DE FÍSICA DE LA TIERRA</b>	GEOFÍSICA AVANZADA	- Dinámica del Interior de la Tierra	- Sismología Avanzada - Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas
	APLICACIONES DE LA GEOFÍSICA	- Física Planetaria (no ofertada en el curso 2017-18)	- Geofísica Aplicada
<b>MÓDULO PRÁCTICAS EN EMPRESA</b>	PRÁCTICAS EN EMPRESA	- Prácticas en Empresa	- Prácticas en Empresa
<b>MÓDULO TFM</b>	TRABAJO FIN DE MÁSTER		- Trabajo Fin Master

Tabla I: Estructura del Máster en Meteorología y Geofísica

El Máster en ‘Meteorología y Geofísica’, que integra un perfil Académico e Investigador, ofrece la posibilidad de especializarse bien en Física de la Atmósfera o bien en Física de la Tierra, aunque existe también la posibilidad de adquirir un perfil más interdisciplinar en ambos campos a través de una especialidad General. Así mismo, facilita la integración en la empresa a través de la posibilidad de realización de la asignatura optativa de Prácticas en Empresas.

- Para conseguir la Especialidad en Física de la Atmósfera (Tabla II), el alumno habrá de cursar 36 ECTS de materias obligatorias de la Especialidad: “Fundamentos de Meteorología” del MÓDULO BÁSICO (18 ECTS) y “Meteorología Aplicada” del MÓDULO DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA (18 ECTS).

Estructura del Máster en Meteorología y Geofísica			
Especialidad en Física de la Atmósfera			
Asignaturas obligatorias			
MÓDULOS	MATERIAS	ASIGNATURAS	
		1 <sup>er</sup> Semestre	2 <sup>o</sup> Semestre
<b>MÓDULO BÁSICO</b>	FUNDAMENTOS DE METEOROLOGÍA	- Meteorología Física - Física del Clima	- Dinámica Atmosférica
<b>MÓDULO DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA</b>	METEOROLOGÍA APLICADA	- Micrometeorología - Técnicas Aplicadas a la Meteorología	- Modelización Numérica
<b>MÓDULO TFM</b>	TRABAJO FIN DE MÁSTER		- Trabajo Fin Master

Tabla II: Asignaturas obligatorias de la especialidad en Física de la Atmósfera

- Para conseguir la Especialidad en Física de la Tierra (Tabla III), el alumno habrá de cursar 36 ECTS de materias obligatorias de la Especialidad: “Fundamentos de Geofísica” del MÓDULO BÁSICO (18 ECTS) y “Geofísica Avanzada” del MÓDULO DE FÍSICA DE LA TIERRA (18 ECTS).

Estructura del Máster en Meteorología y Geofísica			
Especialidad en Física de la Tierra			
Asignaturas obligatorias			
MÓDULOS	MATERIAS	ASIGNATURAS	
		1 <sup>er</sup> Semestre	2 <sup>o</sup> Semestre
<b>MÓDULO BÁSICO</b>	FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA	- Campo de gravedad de la Tierra - Campo Magnético de la Tierra - Propagación de Ondas Sísmicas	
<b>MÓDULO DE FÍSICA DE LA TIERRA</b>	GEOFÍSICA AVANZADA	- Dinámica del Interior de la Tierra	- Sismología Avanzada - Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas
<b>MÓDULO TFM</b>	TRABAJO FIN DE MÁSTER		- Trabajo Fin Master

Tabla III: Asignaturas obligatorias de la especialidad en Física de la Tierra semestre

En el caso de no cumplir ninguna de las condiciones anteriores, habiendo completado los 60 créditos del Máster, entre los que se incluyen obligatoriamente los 12 del TFM, el alumno obtendrá la especialidad denominada 'general'.

Los módulos del Máster son:

- MÓDULO BÁSICO
- MÓDULO DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA
- MÓDULO DE FÍSICA DE LA TIERRA
- PRÁCTICAS EN EMPRESA (PE)
- TRABAJO FIN DE MÁSTER (TFM)

El MÓDULO BÁSICO está integrado por los contenidos fundamentales de las Materias que constituyen el Máster; de ellas el alumno debe cursar obligatoriamente, al menos, 18 ECTS de una oferta de 36 ECTS. De esta forma, aun siendo materias de carácter básico, el alumno puede orientarse según una especialidad (Física de la Atmósfera o Física de la Tierra) o realizar el Máster con una formación en ambas disciplinas.

El MÓDULO DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA está integrado por las materias de *Meteorología Aplicada* y de *Clima*, siendo la primera materia obligatoria de la Especialidad (18 ECTS), y la segunda con contenidos optativos, para facilitar al alumno la posibilidad de complementar su formación en el marco de la Física de la Atmósfera. Se ofertan 30 ECTS.

El MÓDULO DE FÍSICA DE LA TIERRA está integrado por las materias de *Geofísica Avanzada* y *Aplicaciones de la Geofísica*, aportando contenidos avanzados sobre la Tierra sólida y sus aplicaciones. La primera es una materia obligatoria de la especialidad de Física de la Tierra (18 ECTS), quedando en la segunda contenidos optativos. Se ofertan 30 ECTS (24 en el curso 2017-18).

Las PRÁCTICAS EN EMPRESA (6 ECTS) se podrán realizar tanto en empresas privadas como en instituciones u organismos oficiales. Son de carácter optativo.

El TRABAJO FIN DE MÁSTER (12 ECTS) es obligatorio y podrá estar orientado a la investigación científica o al desarrollo técnico-profesional de los estudiantes tanto en el campo de la Meteorología, Climatología o Geofísica. Deberá tener una entidad acorde con la especialidad elegida y con el número de créditos.

Las materias temáticas que componen los módulos (Tabla I) son:

- *Fundamentos de Meteorología*
- *Fundamentos de Geofísica*
- *Meteorología Aplicada*
- *Clima*
- *Geofísica Avanzada*
- *Aplicaciones de la Geofísica*

Las dos primeras materias, *Fundamentos de Meteorología* y *Fundamentos de Geofísica* están integradas en el MÓDULO BÁSICO. El resto de materias representan una formación más específica en las dos posibles áreas de especialización. En concreto, estas materias son: *Meteorología Aplicada, Clima* (MÓDULO FÍSICA DE LA ATMÓSFERA), *Geofísica Avanzada y Aplicaciones de la Geofísica* (MÓDULO DE FÍSICA DE LA TIERRA).

Las materias que conforman el Máster están distribuidas en dos semestres, de tal modo que el alumno pueda organizar el curso con una carga docente equilibrada, 30 créditos ECTS en cada uno de ellos. No obstante, la oferta presentada de créditos es amplia para que el alumno pueda orientar su formación con itinerarios independientes en Física de la Atmósfera o Física de la Tierra, o alternativamente, pueda elegir una transversalidad en su *currículum*. Las materias se organizan en asignaturas con un peso en forma de ECTS uniforme de 6 ECTS para cada una de ellas.

El primer semestre está dedicado fundamentalmente al MÓDULO BÁSICO, con materias de fundamentos de las dos disciplinas que constituyen el Máster, y que los alumnos podrán elegir. Este primer cuatrimestre incluirá también contenidos de las materias *Meteorología Aplicada, Clima, Geofísica Avanzada y Aplicaciones de la Geofísica*, posibilitando al alumno que lo desee completar los 30 ECTS según las especialidades ofertadas.

En el segundo semestre el alumno completa los 60 ECTS del Master con los 12 ECTS del MÓDULO DEL TFM (obligatorio), la asignatura restante de fundamentos de Meteorología y 6 créditos de la materia de *Meteorología Aplicada* en el caso de especialidad en Física de la Atmósfera o 12 créditos de *Geofísica Avanzada* para la especialidad de Física de la Tierra, además de hasta 12 créditos optativos de las materias ofertadas. Para el segundo semestre la oferta será amplia, de tal modo que permita al alumno dar continuidad a una especialización en Física de la Atmósfera o en Física de la Tierra.

En cualquier periodo a lo largo del curso académico el alumno podrá realizar con carácter optativo las PRÁCTICAS EN EMPRESA.

## 1.5. Asignaturas del Plan de Estudios distribuidas por semestres

Las asignaturas se estructuran por semestres de la siguiente manera:

Código	Primer Semestre	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
606824	Meteorología Física	Fundamentos de Meteorología	Básico	OBE	6
606826	Física del Clima			OBE	6
606827	Campo de Gravedad de la Tierra	Fundamentos de Geofísica		OBE	6
606828	Campo Magnético de la Tierra			OBE	6
606829	Propagación de Ondas Sísmicas			OBE	6
606832	Micrometeorología	Meteorología Aplicada	Física de la Atmósfera	OBE	6
606831	Técnicas Aplicadas a la Meteorología			OBE	6
606833	Oceanografía Física	Clima		OP	6
606837	Dinámica del Interior de la Tierra	Geofísica Avanzada	Física de la Tierra	OBE	6
606841	Prácticas en Empresa	Prácticas en Empresa	Prácticas en Empresa	OP	6

Código	Segundo Semestre	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
606825	Dinámica Atmosférica	Fundamentos de Meteorología	Básico	OBE	6
606830	Modelización Numérica	Meteorología Aplicada	Física de la Atmósfera	OBE	6
606834	Variabilidad Climática	Clima		OP	6
606835	Sismología Avanzada	Geofísica Avanzada	Física de la Tierra	OBE	6
606836	Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas			OBE	6
606838	Geofísica Aplicada			Aplicaciones de la Geofísica	OP
606840	Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	OBE	12
606841	Prácticas en Empresa	Prácticas en Empresa	Prácticas en Empresa	OP	6

OB = Asignatura obligatoria

OBE = Asignatura obligatoria de especialidad

OP = Asignatura optativa

## 1.6. Adquisición de competencias

El Documento de Verificación de esta titulación especifica las competencias que deben adquirir los estudiantes en cada uno de los módulos de que consta. El desglose de las materias o asignaturas en que se adquiere cada una de dichas competencias se detalla en la tabla adjunta (acordado por la Comisión Coordinadora del Máster, consultados los profesores involucrados).

Las Competencias Básicas del Título incluyen:

CB6: 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.

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.

Las Competencias Generales incluyen:

CG1: Adquisición de conocimientos avanzados de fundamentos teóricos y prácticos.

CG2: Saber aplicar los conocimientos problemas nuevos de carácter multidisciplinar.

CG3: Evaluar y seleccionar la teoría científica adecuada a problemas incompletos y llegar a la emisión de juicio razonado.

CG4: Predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas metodologías de trabajo.

CG5 - 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.

CG6 - Ser capaces de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.

CG7 - Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica. Saber utilizar los conocimientos adquiridos en la consecución de un objetivo concreto, por ejemplo la resolución de un ejercicio o la discusión de un caso práctico.

CG8 - Demostrar razonamiento crítico y saber gestionar información científica y técnica de calidad.

Las Competencias Transversales del título a su vez se desglosan en:

CT1 - Saber aplicar los conocimientos avanzados a sus actividades, de manera profesional y responsable, persiguiendo objetivos de calidad en dichas actividades.

CT2 - Adquirir capacidad de organización de los tiempos y los recursos a la hora de afrontar un proyecto, cumplir los plazos y compromisos adquiridos.

CT3 - Integrar y relacionar de manera creativa conocimientos previos y nuevos para abordar problemas y casos reales utilizando el método científico.

CT4 - Desarrollar la capacidad de argumentación, de diálogo y de escucha activa, necesarias para el trabajo en equipos Multidisciplinares.

CT5 - Valorar la importancia de los conocimientos adquiridos en problemas de relevancia social y económica.

CT6 - Ser capaz de mostrar iniciativa, creatividad y espíritu emprendedor para afrontar los continuos retos que se plantean tanto en el ámbito profesional como en el científico y en el académico.

CT7 - Adaptarse a entornos multidisciplinares, internacionales y multiculturales.

CT8 - Capacidad para prevenir y solucionar problemas, adaptándose a situaciones imprevistas y tomando decisiones propias y rápidas ante situaciones de emergencia.

Además, las Competencias Específicas desarrolladas a la consecución del título son:

CE1 - Conocer y saber aplicar los elementos indispensables de aprendizaje y desarrollo científico de "Física de la Tierra" en el contexto actual, con especial énfasis en los problemas que se sitúan en la frontera del conocimiento.

CE2 - Adquirir experiencia en procesamiento, representación gráfica, análisis e interpretación de datos geofísicos y/o meteorológicos por medio de diferentes técnicas, en el contexto de las nuevas tecnologías.

CE3 - Desarrollar la capacidad de aplicar a la observación de fenómenos naturales los conocimientos técnicos adquiridos, incrementando el carácter práctico de la enseñanza.

CE4 - Aplicar métodos matemáticos, analíticos y numéricos para resolver problemas de la Geofísica y/o la Meteorología.

CE5 - Adquirir habilidades en entornos de computación científica, en la creación de algoritmos para la resolución de problemas en el campo de la Meteorología y/o la Geofísica.

CE6 - Desarrollar la capacidad de aplicación de diferentes metodologías para el estudio, prevención y mitigación de riesgos naturales de carácter meteorológico y/o geofísico.

CE7 - Desarrollar la capacidad de elaborar informes, disertaciones y presentaciones de manera completa y rigurosa, utilizando el lenguaje y formalismos propios del ámbito de la Meteorología y/o Geofísica.

## 2. Cuadros Horarios, Aulas y Profesorado

### Primer semestre:

	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>
<b>9:00-10:30</b>	Oceanografía	Campo de Gravedad de la Tierra	Campo Magnético de la Tierra	Campo de Gravedad de la Tierra	Campo Magnético de la Tierra
<b>10:30-12:00</b>	Física del Clima	Dinámica del Interior de la Tierra	Dinámica del Interior de la Tierra	Propagación de Ondas Sísmicas	Propagación de Ondas Sísmicas
<b>12:00-13:30</b>	Técnicas Aplicadas a la Meteorología	Técnicas Aplicadas a la Meteorología	Meteorología Física	Física del Clima	
<b>13:30-15:00</b>	Meteorología Física	Micrometeorología	Micrometeorología	Oceanografía	

### Segundo semestre:

	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>
<b>9:00-10:30</b>	Geofísica Aplicada	Geofísica Aplicada	Modelización Numérica	Modelización Numérica	
<b>10:30-12:00</b>	Sismología Avanzada	Sismología Avanzada	Dinámica Atmosférica	Dinámica Atmosférica	
<b>12:00-13:30</b>	Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas	Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas	Variabilidad Climática	Variabilidad Climática	

**ASIGNATURAS OBLIGATORIAS DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA (\*\*):**

Código	Asignatura	Módulo	Créditos	Horario	Aula (*)	Sem.	Profesor	Dpto.
606824	Meteorología Física	Básico	6	L: 13:30 – 15:00 M: 12:00 – 13:30	12	1	Carlos Yagüe	FTAA-I
606825	Dinámica Atmosférica		6	X, J: 10:30–12:00	12	2	Pablo Zurita	FTAA-I
606826	Física del Clima		6	L: 10:30 – 12:00 J: 12:00 – 13:30	12	1	Encarna Serrano	FTAA-I
606832	Micrometeorología	Física de la Atmósfera	6	M, X: 13:30 -15:00	12	1	Gregorio Maqueda	FTAA-II
606830	Modelización Numérica		6	X, J: 09:00 – 10:30	12	2	Marisa Montoya	FTAA-II
606831	Técnicas Aplicadas a la Meteorología		6	L, M: 12:00-13:30	12	1	Natalia Calvo	FTAA-II

**ASIGNATURAS OBLIGATORIAS DE FÍSICA DE LA TIERRA (\*\*):**

Código	Asignatura	Módulo	Créditos	Horario	Aula (*)	Sem.	Profesor	Dpto.
606827	Campo de Gravedad de la Tierra	Básico	6	M,J: 9:00-10:30	12	1	Diego Córdoba	FTAA-I
606828	Campo Magnético de la Tierra		6	X,V: 9:00-10:30	12	1	Miguel Herraiz	FTAA-I
606829	Propagación de Ondas Sísmicas		6	J,V: 10:30-12:00	12	1	Maurizio Mattesini Elisa Buforn	FTAA-I
606837	Dinámica del Interior de la Tierra	Física de la Tierra	6	M,X: 10:30-12:00	12	1	Ana Negro	FTAA-I
606835	Sismología Avanzada		6	L,M: 10:30-12:00	12	2	Elisa Buforn	FTAA-I
606836	Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas		6	L,M: 12:00-13:30	12	2	Fátima Martín V. Carlos Ruiz	FTAA-I

**ASIGNATURAS OPTATIVAS:**

Código	Asignatura	Módulo	Créditos	Horario	Aula (*)	Sem.	Profesor	Dpto.
606833	Oceanografía Física	Física de la	6	L: 9:00-10:30 J: 13:30-15:00	12	1	Belén Rodríguez	FTAA-I
606834	Variabilidad Climática	Atmósfera	6	X, J: 12:00 -13:30	12	2	J. Fidel González	FTAA-II
606838	Geofísica Aplicada	Física de la Tierra	6	L,M: 9:00-10:30	12	2	Fátima Martín	FTAA-I
606841	Prácticas en Empresa (PE)	PE	6	-		1 ó 2	-	-

(\*) Consultar en las fichas de las asignaturas el lugar y horario de las prácticas

(\*\*) Además el Trabajo Fin de Máster será obligatorio en todos los casos (12 ECTS)

### **COMPLEMENTOS FORMATIVOS (\*\*\*):**

La Comisión Coordinadora del Máster decidirá sobre la necesidad de cursar Complementos Formativos para aquellos alumnos con carencias en conocimientos básicos de Meteorología y/o Geofísica, teniendo en cuenta las características particulares de cada alumno, y considerando la titulación aportada, posible experiencia profesional y su expediente académico.

El número máximo de complementos de formación a cursar será de 18 ECTS. Los créditos de estos complementos no estarán incluidos en los 60 créditos del Máster. Estos complementos consistirán en asignaturas del grado en Física ofertado por la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid, estando entre las posibles recomendadas las siguientes:

<b>Código</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Créditos</b>	<b>Código en el Grado en Física</b>
607736	Física de la Atmósfera	6	800511
607737	Física de la Tierra	6	800512
607738	Termodinámica de la Atmósfera	6	800555
607739	Meteorología Dinámica	6	800554
607740	Sismología y Estructura de la Tierra	6	800556
607741	Geomagnetismo y Gravimetría	6	800557
607742	Geofísica y Meteorología Aplicadas	6	800558

**(\*\*\*) Las Fichas Docentes de estas asignaturas (incluyendo horarios y profesorado) podrán consultarse en la Guía Docente del Grado en Física**

La elección concreta de las asignaturas que cursaría cada alumno deberá contar con el visto bueno de la Comisión Coordinadora del Máster, en función de los intereses científicos del alumno y la especialidad elegida.

Los alumnos cursarán dichas asignaturas en las mismas condiciones que los alumnos de Grado, por lo que los contenidos, actividades formativas, sistemas de evaluación, etc. de estos complementos formativos serán los mismos que los de las correspondientes asignaturas de Grado.

### **3. Fichas de las Asignaturas**



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Meteorología Física</b>		<b>Código</b>	606824	
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Meteorología	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.6	0.4
<b>Horas presenciales</b>	45	38	7

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Carlos Yagüe Anguís			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	110 -4ª Planta	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:carlos@ucm.es">carlos@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L X	13:30 -15:00 12:00-13:30	Carlos Yagüe Anguís	1er Semestre	38	FTAA-I

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
<b>A1</b>	Aula 1	Miércoles 8 noviembre Miércoles 13 diciembre Miércoles 17 enero	Carlos Yagüe Anguís	7	FTAA-I
	Seminario 215	Miércoles 10 enero			

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Carlos Yagüe Anguís	Lunes de 9:30 a 12:30	<a href="mailto:carlos@ucm.es">carlos@ucm.es</a>	110 -4ª Planta

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

El alumno, una vez cursada con aprovechamiento esta asignatura deberá saber expresar el grado de humedad mediante diferentes índices, aplicar los principios de la Termodinámica del aire seco y húmedo y evaluar el grado de estabilidad atmosférica. Asimismo conocerá los procesos físicos en la formación de crecimiento de gotitas nubosas y los mecanismos de precipitación.

### Competencias de la asignatura

CB6, CB7, CB10, CG3, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT5, CE1, CE2, CE3, CE4

### Resumen

Termodinámica de la Atmósfera: condensación y evaporación. Física de Nubes: teoría clásica de la nucleación; crecimiento de partículas nubosas; precipitación. Electrificación de las nubes.

### Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos en Física de la Atmósfera, especialmente relacionados con los conceptos de estabilidad atmosférica y de humedad y saturación del aire.

### Programa de la asignatura

- 1. Termodinámica de la atmósfera en la formación de nubes:** Fases del agua en la atmósfera. Saturación del vapor de agua en la atmósfera. Índices de humedad. Formación de rocío y nieblas. La estabilidad atmosférica y el desarrollo de sistemas nubosos.
- 2. Aspectos generales de la formación de nubes:** Formación de partículas nubosas. Formación de precipitación. Modificación de los procesos de precipitación. Clasificación de los procesos microfísicos.
- 3. Nucleación en fase líquida:** Nucleación homogénea. Nucleación heterogénea. Núcleos de condensación nubosa.
- 4. Nucleación en fase hielo:** Núcleos glaciógenos. Nucleación por deposición. Nucleación por congelación homogénea. Nucleación por congelación inmersa. Nucleación por congelación de contacto. Comparación entre modos de nucleación en fase hielo. Producción secundaria de partículas de hielo.
- 5. Crecimiento de gotitas por difusión:** Crecimiento de una gotita. Crecimiento de poblaciones de gotitas. Modificaciones a la teoría de crecimiento.

6. **Crecimiento de cristales de hielo por difusión, acreción y agregación:** *Cristalización del hielo. Clasificación de los cristales de hielo. Ecuación de crecimiento de los cristales de hielo por difusión. Integración de la ecuación de crecimiento. Modificaciones a la ecuación de crecimiento del hielo por difusión. Crecimiento por acreción. Granizo. Crecimiento por agregación.*

7. **Formación de gotas de lluvia por captura de gotitas nubosas líquidas:** *Propiedades microfísicas de las nubes. Crecimiento por captura de gotitas líquidas. Velocidades de caída de las gotitas. Eficiencia de captura. Ecuación de crecimiento por captura. Teoría de crecimiento continuo (Modelo de Bowen). Teoría de crecimiento estadístico (Modelo de Telford).*

8. **Formación de la precipitación: lluvia y nieve:** *Distribución de Marshall-Palmer. Rotura y fraccionamiento de gotas de lluvia. Distribución de copos de nieve por tamaños. Formación y tipos de precipitación. Intensidades de precipitación.*

9. **Radar meteorológico:** *Introducción e historia del Radar. Fundamentos del Radar. Ecuación del Radar. Ecuación del Radar Meteorológico. Relaciones Z-R. Principales productos Radar. Tipos de Radares meteorológicos.*

10. **Electrificación de las nubes:** *Generación de carga en las nubes. Campo eléctrico perturbado en la célula tormentosa. Los rayos. El circuito eléctrico global.*

#### **Prácticas (4 sesiones)**

1. Estudio Termodinámico de la Troposfera: Análisis de índices de humedad y estabilidad atmosférica
2. Clasificación e Identificación de Nubes. Microfísica de Nubes (Módulos de Euromet)
3. Simulación de procesos de convección, nubes y precipitación en laboratorio
4. Uso de productos del Radar Meteorológico

Lugar: Seminario de Geofísica y Meteorología (Práctica 3) y Aula de Informática (Aula 1) (Prácticas 1, 2 y 4).

Fechas y horarios:

Miércoles 8 de noviembre (P1), 13 de diciembre (P2), 10 de enero (P3), 17 de enero (P4):  
12:00-13:30

#### **Bibliografía**

<b><u>Básica</u></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>R.R. Rogers: Física de las Nubes. Ed. Reverté (1977)</u></li> <li>• <u>R.R. Rogers &amp; M.K.Yau. A short course in Cloud Physics. Elsevier (3<sup>rd</sup> Ed., 1989)</u></li> <li>• <u>K.C. Young: Microphysical Processes in Clouds. Oxford Univ. Press (1993)</u></li> <li>• <u>Prupacher, H.. &amp; J.D. Klett. Microphysics of Clouds and Precipitation. Kluwer Academic Publishers (1997).</u></li> </ul>		
<b><u>Complementaria</u></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>R.A. Houze: Cloud Dynamics. Academic Press (1993)</u></li> <li>• <u>W.R. Cotton: Las Tormentas. (1999).</u></li> </ul>		
<b>Recursos en internet</b>		
Campus virtual		
<a href="http://meteolab.fis.ucm.es">http://meteolab.fis.ucm.es</a>		
<b>Metodología</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases Teóricas: se explicarán los principales conceptos de la Física de nubes y de la precipitación, incluyendo aspectos relacionados con la Termodinámica de la Atmósfera y de la Electrificación de las nubes.</li> <li>• Resolución de problemas: relativos a los conceptos explicados en las clases de teoría.</li> <li>• Trabajos prácticos: se realizarán 4 sesiones prácticas (90 minutos cada una) para reforzar los conocimientos teóricos adquiridos.</li> </ul> <p>Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. Las presentaciones de las lecciones, así como la lista de problemas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual con antelación suficiente.</p> <p>Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entrega de los problemas y prácticas propuestos para este fin, en las fechas que determine el profesor.</p>		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	70%
<p>Se realizará un examen tipo test (al acabar el tema 5) y un examen final. El examen final comprenderá preguntas tipo test y preguntas cortas de razonamiento teórico-práctico. La calificación final, relativa a exámenes, <math>N_{Final}</math>, se obtendrá como:</p> $N_{Final} = 0.3N_{Ex\_Test} + 0.7N_{Ex\_Final}$ <p>donde <math>N_{Ex\_Test}</math> es la nota obtenida en el test y <math>N_{Ex\_Final}</math> es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10.</p> <p>Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.</p>		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	30%
A lo largo del curso y como parte de la evaluación continua, el alumno entregará de forma		

individual los problemas y prácticas en las fechas que le indique el profesor, que se calificarán de 0 a 10 con  $N_{OtrasActiv}$ .

### Calificación final

La calificación final será:

$$C_{Final} = 0.7N_{Final} + 0.3N_{OtrasActiv}$$

Donde  $N_{OtrasActiv}$  es la calificación correspondiente a Otras Actividades y  $N_{Final}$  la obtenida en la realización de los exámenes.



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Dinámica Atmosférica</b>		<b>Código</b>	606825	
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Meteorología	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.6	0.4
<b>Horas presenciales</b>	45	38	7

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Pablo Zurita Gotor			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	103- 4º Planta	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:pzurita@ucm.es">pzurita@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	X J	10:30-12:00	Pablo Zurita Gotor	2º Semestre	38	FTAA-I

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula 1 de Informática	14 y 15 de Marzo, 26 de Abril y 31 de Mayo	Pablo Zurita Gotor	7	FTAA-I

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Pablo Zurita Gotor	Jueves 14:00-17:00 h	<a href="mailto:pzurita@ucm.es">pzurita@ucm.es</a>	Dcho. 103 (4ª planta)

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
El alumno, una vez cursada con aprovechamiento esta materia deberá conocer las fuerzas que intervienen en los movimientos atmosféricos y ondas. Así mismo estará familiarizado con las variables que describen el comportamiento atmosférico y las ecuaciones fundamentales para su estudio en distintas escalas espaciales y temporales.

Competencias de la asignatura
CB6, CB7, CB8, CG3, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7

Resumen
Movimientos atmosféricos. Teoría de perturbaciones. Ondas atmosféricas: ondas de gravedad, ondas de Rossby. Circulación General de la Atmósfera. Frontogénesis. Dinámica de la Atmósfera Media.

Conocimientos previos necesarios
Se recomiendan conocimientos previos de Mecánica de Fluidos y Termodinámica Atmosférica. Idealmente el alumno habría cursado anteriormente una asignatura básica de meteorología dinámica, aunque en las primeras sesiones del curso se revisarán los conceptos más importantes.

Para las sesiones de laboratorio se recomiendan conocimientos previos de programación en Matlab y rudimentos de estadística, aunque durante el desarrollo de dichas sesiones se dará una introducción básica a las técnicas utilizadas.

### Programa de la asignatura

1. **Fundamentos.** *Procesos físicos y ecuaciones básicas. Balance hidrostático y geostrófico. Viento térmico. Descomposición eddy-flujo básico.*
2. **Dinámica barotrópica.** *Ecuación de la vorticidad. Ondas de Rossby. Conversiones barotrópicas y balance energético. Teorema de Rayleigh.*
3. **Dinámica baroclina.** *Movimientos verticales y vorticidad potencial. Energía potencial disponible. Balance energético de un fluido baroclino. Teorema de Charney-Stern. Inestabilidad baroclina. Ciclos de vida y ruptura de ondas.*
4. **Interacción onda-flujo básico.** *Circulación ageostrófica y forzamiento eddy neto. Teorema de no-aceleración. Flujos de Eliassen-Palm. Concepto de circulación Lagrangiana. Circulación Euleriana Transformada.*
5. **Circulación general troposférica.** *Estructura de la circulación. Célula de Hadley y chorro subtropical. Célula de Ferrel y chorro extratropical. Circulación isentrópica global. Estructura no zonal.*
6. **Movimiento ageostrófico y frontogénesis.** *Mantenimiento del balance ageostrófico. Vectores Q y ecuación omega. Frontogénesis. Formulación cuasigeostrófica. Ecuación de Sawyer-Eliassen. Ondas de gravedad*
7. **Circulación de la atmósfera media.** *Estructura de la circulación. Propagación vertical de ondas. Principio del control descendente. Célula de Brewer-Dobson.*

Como complemento de estos contenidos teóricos se realizarán las siguientes sesiones de laboratorio en el Aula 1 de Informática durante el horario regular de clase

**Sesión 1** (14/3): Ondas de Rossby I

**Sesión 2** (15/3): Ondas de Rossby II

**Sesión 3** (26/4): Estructura de los eddies transitorios

**Sesión 4** (31/5): Mantenimiento de la circulación general.

### Bibliografía

#### Básica

- Holton, 2004, 'An introduction to dynamic meteorology'. Academic Press. 4th edition.
- Vallis, 2006, 'Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Fundamentals and Large Scale Circulation'. Cambridge University Press

#### Complementaria

- Martin, 2006, 'Mid-latitude Atmospheric Dynamics', John Wiley & Sons
- Lindzen, 1990, 'Dynamics in Atmospheric Physics'. Cambridge University Press.
- Andrews, Holton y Leovy, 1987, 'Middle Atmosphere Dynamics'. Academic Press.
- Pedlosky, 1987, 'Geophysical Fluid Dynamics', Springer, 2nd edition

<b>Recursos en internet</b>		
La asignatura constará de una página dedicada en el campus virtual, en la que además de colgar el material docente empleado se enlazará a recursos externos.		
<b>Metodología</b>		
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:		
-Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura. Para ello se combinará el desarrollo matemático en pizarra con proyección de transparencias mediante ordenador.		
-Sesiones de resolución de problemas en donde se afianzará la comprensión de los conceptos estudiados. Adicionalmente a los problemas realizados en clase se pondrán otros que los alumnos podrán realizar en casa.		
-Sesiones prácticas de laboratorio donde se aplicarán los conceptos estudiados a datos atmosféricos reales.		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
Periódicamente y en horario de clase se realizarán ejercicios cortos de tipo test que permitan evaluar el grado de seguimiento de la asignatura por parte del alumno. Estos ejercicios contribuirán un 30% a la nota final de la asignatura.		
Además se hará un examen final que tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas, de nivel similar a los resueltos en clase. El examen final tendrá un peso del 30% en la nota final de la asignatura.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
La realización de las prácticas con su correspondiente informe es requisito obligatorio para la superación de la asignatura. Además, los informes de prácticas serán evaluados numéricamente, contribuyendo con un peso del 40% a la calificación final.		
<b>Calificación final</b>		
La calificación final será:		
$N_{Final} = 0.3 N_{Exámen Final} + 0.3 N_{Tests} + 0.4 N_{Prácticas}$		



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Física del Clima</b>		<b>Código</b>	606826	
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Meteorología	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.6	0.4
<b>Horas presenciales</b>	45	38	7

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Encarna Serrano Mendoza			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	111-4ª planta	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:eserrano@ucm.es">eserrano@ucm.es</a>	

Teoría/Problemas - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L J	10:30-12:00 12:00-13:30	Encarna Serrano Mendoza	1er Semestre	38	FTAA-I

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
<b>A1</b>	Aula 15	Todas las sesiones de 12:00-13:30 05/10/2017 19/10/2017 (1 hora) 26/10/2017 14/12/2017 21/12/2017	Encarna Serrano Mendoza Teresa Losada Doval	7	FTAA-I

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado					
--	--	--	--	--	--

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Encarna Serrano Mendoza	Miércoles: 09:00-12:00 h	eserrano@ucm.es	111-4ª planta
Teresa Losada Doval	Lunes: 10:00-13:00	tldoval@fis.ucm.es	214-4ª planta

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

El alumno, una vez cursada esta asignatura con aprovechamiento, deberá conocer los procesos físicos involucrados con la transferencia radiativa en la atmósfera, tanto de origen solar como terrestre. Asimismo estará familiarizado con las componentes del sistema climático, sobre todo el océano y la atmósfera, junto con las variables que describen su comportamiento y las ecuaciones fundamentales para su estudio en distintas escalas temporales.

### Competencias de la asignatura

CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG3, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CE1, CE2, CE3, CE5, CE7

### Resumen

El Sistema climático y sus componentes. Transferencia radiativa en la atmósfera. Balance de energía. El ciclo hidrológico. Circulación general. Sensibilidad del clima y mecanismos de realimentación. Cambio climático.

### Conocimientos previos necesarios

Es conveniente que el estudiante posea conocimientos sobre conceptos básicos de la física de la Atmósfera, particularmente de termodinámica y dinámica atmosféricas

### Programa de la asignatura

- **El Sistema Climático y sus componentes:** Concepto de "Sistema climático" y de "clima". Componentes del "sistema climático" y sus propiedades relativas al clima.
- **Transferencia radiativa en la Atmósfera:** Leyes fundamentales de radiación. Radiación solar y terrestre. Absorción radiativa selectiva de la atmósfera. Equilibrio radiativo global. Efecto invernadero. Calentamiento atmosférico por radiación (onda corta y onda larga). Efecto de las nubes en el equilibrio radiativo de la atmósfera.
- **Balance de energía:** Balance global de energía. Balance de energía en la cima de la atmósfera: variaciones latitudinal y estacional. Balance de energía en la superficie terrestre: almacenamiento de calor, flujo neto radiativo, flujos de calor sensible y latente. Variaciones del balance de energía en superficie.
- **El ciclo hidrológico:** Balance hídrico global. Balance hídrico en superficie y sus componentes. Variación latitudinal y anual del balance hídrico en superficie. Modelización del balance hídrico: modelo AEMET.
- **La circulación general:** Generalidades. Distribución horizontal de la circulación

*atmosférica. Estructura vertical de la circulación atmosférica. Variaciones interanuales de la circulación global.*

- **Cambios climáticos:** Conceptos de “sensibilidad del clima” y “procesos de realimentación”. Análisis de la sensibilidad del sistema climática a un forzamiento radiativo con diferentes procesos de realimentación.

**Prácticas/Laboratorio** (5 sesiones en el Aula de Informática 15, en horario de clase)

Sesiones 1 y 2: Obtención de datos y elaboración de mapas climatológicos.

Sesión 3: Ozono estratosférico.

Sesiones 4 y 5: Sensibilidad del clima usando un modelo global 1-D de balance de energía.

### Bibliografía

#### **Básica**

- Hartmann, D.L.: *Global Physical Climatology*. Academic Press Inc. (1994)
- Peixoto, J.P. & A.H. Oort :*Physics of Climate*. American Institute of Physics. (1992, 1995).

#### **Complementaria**

- Curry, J.A. and P.J. Webster: *Thermodynamics of Atmospheres & Oceans*. Academic Press (1999).
- Holton, J.R.: *An Introduction to Dynamic Meteorology*. Academic Press Inc. (1979, 1992, 2004).
- Liou, K.N.: *An introduction to atmospheric radiation*, Academic Press. (1980).
- Salby, M.L. :*Physics of the atmosphere and climate*. Cambridge University Press (2011)
- Wallace, J.M. & P.V. Hobbs: *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Academic Press (2006, 1977).

### Recursos en internet

Campus virtual de la asignatura, en la que se incluirán enlaces-e externos.

<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

<http://meteolab.fis.ucm.es>

### Metodología

Se impartirán:

- Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos y fenómenos de la Física del Clima, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales.
- Clases prácticas, en las que los estudiantes realizarán ciertas prácticas como apoyo y complemento de las clases de teoría.

Como parte de la evaluación continua, los estudiantes realizarán ejercicios relativos a los conceptos explicados en las clases de teoría. Los estudiantes tendrán que hacer entrega de los ejercicios propuestos y de los informes de las prácticas realizadas en las

<p>fechas que determine el profesor.</p> <p>Los contenidos de las clases de teoría se explicarán utilizando la pizarra, así como las presentaciones proyectadas desde el ordenador. Estas presentaciones, junto con todo el material empleado en clase, serán facilitadas al alumno mediante el Campus Virtual de la asignatura con antelación suficiente.</p>		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	70%
<p>Se realizarán dos exámenes tipo test (en horario de clase) y un examen final. El examen final comprenderá preguntas tipo test y preguntas cortas de razonamiento teórico-práctico. La calificación final, relativa a exámenes, <math>N_{Final}</math>, se obtendrá de la mejor de las opciones:</p> $N_{Final} = 0.3N_{Ex\_Test} + 0.7N_{Ex\_Final}$ $N_{Final} = N_{Ex\_Final}$ <p>donde <math>N_{Ex\_Test}</math> es la nota media obtenida en los tests y <math>N_{Ex\_Final}</math> es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10.</p> <p>Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.</p>		
Otras actividades de evaluación	Peso:	30%
<p>A lo largo del curso, como parte de la evaluación continua, el alumno entregará de forma individual los ejercicios y los informes de las prácticas (*) en las fechas que le indique el profesor, y que se calificarán conjuntamente de 0 a 10 como <math>N_{OtrasActiv}</math>.</p> <p>(*) La realización de las prácticas y entrega del correspondiente informe son de carácter obligatorio.</p>		
Calificación final		
<p>La calificación final será:</p> $C_{Final} = 0.7N_{Final} + 0.3N_{OtrasActiv}$ <p>donde <math>N_{OtrasActiv}</math> es la calificación correspondiente a Otras Actividades y <math>N_{Final}</math> la calificación obtenida en la realización de los exámenes.</p>		



<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Campo de Gravedad de la Tierra</b>			<b>Código</b>	606827
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Geofísica	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	<b>Total</b>	<b>Teóricos Problemas Seminarios</b>	<b>Prácticas</b>
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.6	0.4
<b>Horas presenciales</b>	45	39	6

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Diego Córdoba Barba			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	119-4ª planta	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:dcordoba@ucm.es">dcordoba@ucm.es</a>	

<b>Teoría - Detalle de horarios y profesorado</b>						
<b>Aula</b>	<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Profesor</b>	<b>Periodo/ Fechas</b>	<b>Horas</b>	<b>Dpto.</b>
12	M J	09:00-10:30	Diego Córdoba Barba	1er Semestre	39	FTAA-I

<b>Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado</b>					
<b>Grupo</b>	<b>Lugar</b>	<b>Sesiones</b>	<b>Profesor</b>	<b>Horas</b>	<b>Dpto.</b>
<b>A1</b>	Aula 12	10 de Octubre	Por determinar	1.5	FTAA-I
		17 de Octubre		1.5	
		21 de Noviembre		1.5	

		12 de Diciembre		1.5	
--	--	-----------------	--	-----	--

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Diego Córdoba Barba	M, J de 11:00-12:30	<a href="mailto:dcordoba@ucm.es">dcordoba@ucm.es</a>	119- 4ª planta
Profesor prácticas por determinar			

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Tras cursar con provecho esta materia, el alumno conocerá los conceptos básicos de la Geofísica referidos al campo potencial de gravedad.

### Competencias de la asignatura

CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG3, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7

### Resumen

Campo de la gravedad. Forma de la Tierra y modelos de referencia geodésica. Adquisición y procesado de datos gravimétricos. Determinación de altitudes. Funciones de respuesta isostásica y flexión de la Litosfera. Análisis de datos gravimétricos. Algoritmos de inversión numérica. Interpretación cualitativa y cuantitativa de datos gravimétricos. Aplicaciones al estudio del interior de la Tierra.

### Conocimientos previos necesarios

Es recomendable que el alumno posea conocimientos básicos de Física de la Tierra, así como de teoría del potencial.

### Programa de la asignatura

- 1. Introducción al campo de gravedad de la tierra.** Definición y unidades. Distribución de densidades en el interior de la Tierra. Sistemas de referencia. Ecuaciones fundamentales del campo de gravedad. El potencial de la gravedad.
- 2. Figura de la tierra y modelos de referencia.** Modelos de campo de gravedad. El elipsoide de referencia. Campo de gravedad normal. Fórmulas de la gravedad normal. Fórmula de Somigliana. El Geoide. Campo de gravedad anómalo. Ondulación del Geoide.
- 3. Adquisición de datos gravimétricos.** Sistemas de medida de la gravedad: medidas absolutas y relativas. Sensibilidad de un gravímetro. Deriva de un gravímetro. Medidas de la gravedad en soportes móviles. Investigaciones marinas

y aéreas.

- 4. Determinación de altitudes.** Nivelación geométrica. Números geopotenciales y altitudes dinámicas. Altitudes ortométricas. Sistemas de posicionamiento: sistemas terrestres y sistemas satelitales.
- 5. Análisis e interpretación de datos gravimétricos.** Cálculo de anomalías de la gravedad. Correcciones. Separación de anomalías regionales y residuales. Problemas directo e inverso. Modelos teóricos. Algoritmos de inversión numérica.
- 6 Funciones de respuesta isostásica y flexión de la litosfera.** La figura de la Tierra y la isostasia. Flexión de placas elásticas. Anomalías isostáticas. Ejemplos de deformaciones isostáticas.
- 7 Aplicaciones al estudio del interior de la tierra.** Cambios de gravedad de origen geodinámico. Anomalías de gravedad regional y residual. Efectos gravitacionales de origen no tectónico: efectos hidrológicos, cambios de origen humano.

#### **PRÁCTICAS (4 sesiones):**

P1.- Cálculo de la curva de deriva de un gravímetro.

P2.- Determinación experimental del gradiente de aire libre. Cálculo de densidades.

P3.- Cálculo de anomalías Bouguer. Mapas de anomalías residual y regional.

P4.- Interpretación de un perfil gravimétrico. Obtención de un modelo de distribución de densidades.

#### **Horario de prácticas:**

10 y 17 Octubre: 9:00 a 10:30 (aula clase)

21 Noviembre: 9:00 a 10:30 (aula clase)

12 Diciembre: 9:00 a 10:30 (aula clase)

### **Bibliografía**

<p>W. Torge. 1989, <i>Gravimetry</i>. Walter de Gruyter, Berlín,</p> <p>W. A. Heiskanen y H. Moritz. 1985, <i>Geodesia Física</i>. Instituto Geográfico Nacional, Madrid.</p> <p>B. Watts. 2000, <i>Isostasy and flexure of the Lithosphere</i>. Cambridge University Press,</p> <p>W. Jacoby y P. L. Smilde. 2009, <i>Gravity Interpretation. Fundamental and application of Gravity Inversion and Geological Interpretation</i>. Springer-Verlag, Berlín,..</p> <p>W. M. Telford, L.P. Geldart y R.E. Sheriff. 1990, <i>Applied Geophysics</i>, Second Edition. Cambridge University Press.</p> <p><b>Complementaria:</b></p> <p>E. Bufo, C. Pro y A. Udías. 2012, <i>Solved problems in Geophysics</i>. Cambridge University Press.</p> <p>J. Wahr. 1996, <i>Geodesy and gravity, class notes</i>. Samizdat Press. Golden, Colorado. <a href="http://landau.mines.edu/~samizdat">http://landau.mines.edu/~samizdat</a></p> <p>W. Torge. 1991, <i>Geodesy</i>, 2<sup>nd</sup> edition. Walter de Gruyter. New York.</p>		
<b>Recursos en internet</b>		
<p><i>Campus virtual</i> <a href="http://www.ign.es">http://www.ign.es</a> <a href="http://bgi.omp.obs-mip.fr/overview">http://bgi.omp.obs-mip.fr/overview</a> <a href="http://agrav.bkg.bund.de/agrav-meta/">http://agrav.bkg.bund.de/agrav-meta/</a></p>		
<b>Metodología</b>		
<p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos del campo de gravedad de la Tierra, la metodología de adquisición y procesado de datos gravimétricos y su aplicación para obtener la estructura interna de la Tierra.</li> <li>▪ Clases de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada.</li> <li>▪ Trabajos prácticos de laboratorio</li> </ul> <p>Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. La propuesta de problemas y prácticas serán facilitadas al alumno en las clases presenciales y por medio del campus virtual.</p>		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
<p>El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte práctica de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.</p>		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
<p>Resolución de problemas a lo largo del curso. Realización de prácticas y/o trabajos en</p>		

grupo o individuales con elaboración de memorias y exposición de resultados

### Calificación final

La calificación final será:

$$N_{Final} = 0.6N_{Exámen} + 0.4N_{OtrasActiv}$$

donde  $N_{Exámen}$  y  $N_{OtrasActiv}$  son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Campo Magnético de la Tierra</b>	<b>Código</b>	606828		
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Geofísica	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.6	0.4
<b>Horas presenciales</b>	45	38	7

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Miguel Herraiz Sarachaga			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	119-4ª Planta	<b>e-mail</b>	mherraiz@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	X V	9:00-10:30	M. Herraiz	1er Semestre	45	FTAA-I

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.

<b>A1</b>	Aula Inf. A1	27 Octubre 2017	M. Herraiz	1.5	FTAA-I
	Aula Inf. A1	1 Diciembre 2017		1.5	
	Aula Inf. A1	12 Enero 2018		1.5	
	12	24 Enero 2018		1.5	
	12	22 Enero 2018		1	

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
M. Herraiz	M,J: 9.30-12.30	mherraiz@fis.ucm.es	109 – 4ª Planta Este

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Tras cursar con provecho esta asignatura, el alumno conocerá los conceptos básicos de la Geofísica referidos al campo de magnetismo terrestre.

### Competencias de la asignatura

CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG3, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7

### Resumen

Campo Geomagnético total. Campos constituyentes. Observación y medida. Campo interno/Campo externo. Campo magnético local y anomalías. Variación espacial y temporal del Campo Interno. Generación del Campo Interno. Modelos explicativos de la variación secular y las inversiones magnéticas. Influencia del Sol sobre la Tierra. Magnetosfera. Ionosfera. Variaciones del Campo Externo. Meteorología Espacial

### Conocimientos previos necesarios

Es conveniente que el estudiante posea conocimientos previos sobre conceptos básicos de Física de la Tierra, así como de los fundamentos de Electromagnetismo, Mecánica de fluidos y Termodinámica

### Programa de la asignatura

- 1 **Introducción.**
- 2 **Fuentes del campo magnético terrestre.** Estructura interna de la Tierra y estructura de la atmósfera. Propiedades magnéticas de la materia. Campos constituyentes.
- 3 **Tratamiento de datos geomagnéticos.** Técnicas de medida. Observatorios y satélites artificiales. Anomalías magnéticas.

- 4 **Modelado matemático del campo magnético terrestre.** Separación de fuentes. Modelos de referencia.
- 5 **Variaciones del campo Principal.** Variación secular y paleosecular. Inversiones y Excursiones.
- 6 **Modelos del origen del campo principal.** Magnetohidrodinámica. Ecuación de inducción magnética. Ecuaciones de la magnetohidrodinámica. Principales números magnéticos adimensionales. Teorema del flujo congelado. Energía del campo magnético terrestre. Modelos de geodinamo.
- 7 **Física de Plasmas.** Movimiento de partículas cargadas en un plasma. Cinturones de Van Allen. Ondas de Alfvén.
- 8 **Influencia del Sol sobre el Campo Magnético de la Tierra.** Formación y características de la Magnetosfera. Coordenadas L-B.
- 9 **Ionosfera.** Transmisión de ondas electromagnéticas. Ionogramas.
- 10 **Variaciones periódicas y no periódicas del Campo Externo.** Variación diurna. Tormentas. Meteorología espacial.

#### **PRÁCTICAS (4 sesiones):**

- P1.- Caracterización geomagnética de un punto: Campo Interno. Día 27 de Octubre (9.0-10.30 Aula de Informática)
- P2.- Meteorología espacial. Tormentas magnéticas. Día 1 de Diciembre (9.0-10.30 Aula de Informática)
- P3.- Caracterización geomagnética de un punto: Campo Externo. Día 12 de Enero (9.0-10.30 Aula de Informática)
- P4.- Problemas actuales en el estudio del campo magnético terrestre. Días 20 y 22 de Enero (la Práctica se realizará en el Aula 12)

#### **Bibliografía**

- Campbell, W.H., 1997. *Introduction to Geomagnetic Fields*. Cambridge Univ. Press.
- Jacobs, J.A. (Editor), 1991, *Geomagnetism*. Academic Press, New York.
- Merrill, R.T, M. McElhinny y P. McFadden, 1996, *The Magnetic Field of the Earth*, Academic Press, Boston.
- Parkinson, W.D., 1983, *Introduction to Geomagnetism*, Elsevier, Amsterdam

#### **Recursos en internet**

Asignatura en Campus Virtual

#### **Metodología**

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán las características del campo magnético terrestre y los fundamentos físico-matemáticos de su análisis.
- Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada.

- Seminarios de discusión. Realización de trabajos cortos sobre temas de actualidad relacionados con el campo magnético terrestre y/o discusión de contribuciones relevantes en el ámbito del Geomagnetismo.

Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra y medios audiovisuales. Los contenidos prácticos se impartirán en el laboratorio de Geofísica y serán facilitados al alumnado.

## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2016-17)

Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entrega de los problemas y prácticas propuestos para este fin, en las fechas que determine el profesor.

Se realizarán actividades conjuntas con el Observatorio del Ebro y el IGN.

### Evaluación

<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
--------------------------------	--------------	-----

El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).

<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
--	--------------	-----

- Resolución de problemas.
- Realización de prácticas.
- Realización de trabajos cortos en grupo o individuales y participación en los seminarios.

### Calificación final

La calificación final será:

$$N_{Final} = 0.6N_{Examen} + 0.4N_{OtrasActiv}$$

donde  $N_{Examen}$  y  $N_{OtrasActiv}$  son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores



<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Propagación de Ondas Sísmicas</b>	<b>Código</b>	606829		
<b>Materia:</b>	Fundamentos de Geofísica	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	<b>Total</b>	<b>Teóricos</b>	<b>Prácticas</b>
--	--------------	-----------------	------------------

		<b>Problemas Seminarios</b>	
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5.6	0.4
<b>Horas presenciales</b>	45	38	7

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Elisa Buforn			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	116-4 <sup>a</sup> Planta	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:ebufornp@ucm.es">ebufornp@ucm.es</a>	

<b>Teoría - Detalle de horarios y profesorado</b>						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	J V	10:30- 12:00	Elisa Buforn	Temas 1 a 3	17	FTAA-I
			Maurizio Mattesini	Temas 4 a 7	17	

<b>Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado</b>						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
A1	Aula 1 de Informática (4a planta)	19 y 26 octubre, 30 noviembre y 18 de enero	Elisa Buforn	7	FTAA-I	

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>						
Profesor	horarios	e-mail	Lugar			
Maurizio Mattesini	L 14-17	<a href="mailto:mmattesi@ucm.es">mmattesi@ucm.es</a>	104 - 4 <sup>a</sup> Planta			
Elisa Burforn	J 12-15	<a href="mailto:ebufornp@ucm.es">ebufornp@ucm.es</a>	116, 4 <sup>a</sup> planta			

### **Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)**

Tras cursar con provecho esta asignatura, el alumno conocerá los conceptos básicos de la Geofísica referidos a la propagación de ondas sísmicas en un medio elástico como es la Tierra.

### **Competencias de la asignatura**

CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG3, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7

--

### Resumen

La Tierra como un medio elástico. Ondas internas y teoría de rayos. Energía, expansión geométrica y atenuación. Ondas superficiales. Oscilaciones libres de la Tierra: modos normales. Problema inverso: ecuación de Herglotz-Wiechert. Métodos, observaciones y adquisición de datos.

### Conocimientos previos necesarios

Es conveniente que el estudiante posea conocimientos previos sobre conceptos básicos de Física de la Tierra, así como de: teoría de elasticidad, óptica geométrica y teoría de rayos.

### Programa de la asignatura

- **Introducción.** *La Tierra como medio elástico. Esfuerzos y deformaciones. Ecuación del movimiento: ondas y modos de vibración..*
- **Ondas internas.** *Soluciones de la ecuación de onda. Ondas P y S. Geometría de los desplazamientos. Medios estratificados. Reflexión y refracción. Refracción crítica y supercrítica*
- **Teoría general de rayos.** *Ecuación eikonal. Parámetro del rayo. Curvas dromocronas. Tiempos de recorrido: modelo de Tierra plana. Tierra esférica. Energía, expansión geométrica, atenuación*
- **Ondas Rayleigh y Love.** *Generación de ondas superficiales. Ondas LR y LQ. Dispersión: velocidad de grupo y fase.*
- **Oscilaciones libres de la Tierra.** *Vibración de un cuerpo finito. Modos normales. Modos esferiodales y toroidales. Aplicación a la Tierra.*
- **El problema inverso.** *Ecuación de Herglotz-Wiechert. Métodos: reflexión, y refracción sísmica, tomografía. Observaciones y adquisición de datos*
- **Aplicaciones: estructura de la Tierra.** *Modelos globales de Tierra. Discontinuidades. Composición y estructura.*

Prof. Buforn: Temas 1 a 3. Prof. Mattesini: Temas 4 a 7.

#### **PRACTICAS (3 practicas P1-P3 para 4 sesiones).**

P1.- Introducción al manejo y análisis de datos sismológicos digitales.

P2.- Movimiento de partícula. Calculo de azimut y ángulo de incidencia.

P3.- Identificación de fases. Calculo de la velocidad de grupo.

Horario: 19 y 26 de Octubre, 30 de Noviembre y 18 de enero: 10:30-12:00 (Aula 1 de Informática/aula clase)

- Las fechas quedan supeditadas a la posible ocurrencia de algún sismo que por sus características sea importante para el desarrollo de la asignatura.

### Bibliografía

#### Básica:

E. Buforn, C. Pro y A. Udías. 2012, *Solved problems in Geophysics*. Cambridge University Press.

T. Lay y T. Wallace. 1995, *Modern Global Seismology*. Academic Press

S. Stein y M. Wysession. 2003, *An introduction to seismology and Earth structure*. Blackwell.

A. Udías. 2000, *Principles of Seismology*. Cambridge University Press.

#### Complementaria:

K. Aki y P. G. Richards. *Quantitative Seismology*. 2002, W. H. Freeman, 2ª edición, San Francisco.

J. Pujol. 2003, *Elastic wave propagation and generation in Seismology*. Cambridge University Press, Cambridge.

R. E. Sheriff and L. P. Geldart. 1995, *Exploration Seismology*. Cambridge University Press. New York. USA, 2ª edición

### Recursos en internet

*Campus virtual*

<http://www.ign.es>

<http://www.orfeus-eu.org>

<http://www.iris.washington.edu>

### Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de propagación de ondas sísmicas. Ecuación eikonal en un medio elástico, teoría de rayos para obtener la trayectoria y tiempos de llegada y su aplicación para obtener la estructura interna de la Tierra.
- Clases de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada.
- Trabajos prácticos de laboratorio.

Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. La propuesta de problemas y prácticas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual.

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
<p>El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte práctica de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.</p>		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
<p>Realización de prácticas y/o trabajos en grupo o individuales con elaboración de memorias y exposición de resultados. Además, se evaluará la participación en las discusiones y problemas planteados en clase.</p>		
<b>Calificación final</b>		
<p>La calificación final será:</p> $N_{Final} = 0.6N_{Examen} + 0.4N_{OtrasActiv}$ <p>donde <math>N_{Examen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p>		



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Micrometeorología</b>	<b>Código</b>	606832		
<b>Materia:</b>	Meteorología Aplicada	<b>Módulo:</b>	Física de la Atmósfera		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera.	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5	1
<b>Horas presenciales</b>	45	30	15

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Gregorio Maqueda Burgos			<b>Dpto:</b>	FTAA-II
	<b>Despacho:</b>	219- 4ª Planta	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:gmaqueda@ucm.es">gmaqueda@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	M X	13:30- 15:00	Gregorio Maqueda Burgos	1er Semestre.	30	FTAA-II

### Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	A.Inf A1	18/10/2017 25/10/2017 15/11/2017 22/11/2017 17/01/2018	Gregorio Maqueda Burgos	7.5	FTAA-II
A1	12	5 Sesiones intercaladas a lo largo del curso	Gregorio Maqueda Burgos	7.5	FTAA-II

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Gregorio Maqueda Burgos	M- 10:30-12:00 L, J 16:00-17:00	<a href="mailto:gmaqueda@ucm.es">gmaqueda@ucm.es</a>	219- 4ª Planta

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Al finalizar con aprovechamiento esta asignatura, el alumno será capaz de aplicar las ecuaciones fundamentales de los movimientos atmosféricos en microescala, conocerá los procesos de intercambio turbulento en las capas más bajas de la atmósfera y sabrá aplicar técnicas de tratamiento de datos en la atmósfera.

### Competencias de la asignatura

CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG1, CG2, CG3, CB4, CG5, CG6, CG7, CG8. , CE2, CE3, CE4, CE5.

### Resumen

Capa Límite Atmosférica. Perfiles verticales de velocidad y temperatura en la baja atmósfera. Turbulencia Atmosférica. Teoría de Semejanza. Aplicaciones: difusión y contaminación atmosféricas. Recurso eólico.

### Conocimientos previos necesarios

Conocimiento de las ecuaciones básicas que rigen el movimiento en la atmósfera.  
Termodinámica Atmosférica: leyes fundamentales. Concepto de estabilidad.  
Estadística descriptiva, conocimientos básicos. Conocimientos básicos de dinámica de fluidos

### Programa de la asignatura

- 1. Introducción:** Escalas atmosféricas. Procesos a Microescala. Capa Límite Atmosférica. Subcapas de la CLA. Importancia y aplicaciones de la

Micrometeorología.

2. **Estabilidad de estratificación.** Flujos y estimación de energía en la CLA. Temperatura potencial en la CLA: criterios de estabilidad local. Concepto de estabilidad no local. Influencia del viento en la estabilidad: Número de Richardson. Capa de mezcla.
3. **Flujo Laminar.** Subcapa laminar. Número de Reynolds en la Capa Límite. Capa de Ekman. Limitaciones de la teoría de Ekman en la CLA.
4. **Turbulencia.** Intensidad de turbulencia. Tensor de Reynolds: Tensión turbulenta. Ecuaciones de movimiento promedio en flujo turbulento. Perfiles de velocidad en la CLA. Teoría de Gradiente. Hipótesis de longitud de mezcla. Perfil logarítmico. Perfil Potencial.
5. **Teoría de semejanza.** Aplicación del análisis dimensional en la CLA. Aplicación a estabilidad neutral. Longitud de Monin-Obukhov. Flujos turbulentos bajo condiciones no neutras. Formas empíricas de las funciones de semejanza. Perfiles de viento y temperatura.
6. **Recurso Eólico.** Potencia eólica del viento. Relación entre los perfiles de viento y el aprovechamiento eólico. Influencia orográfica. Importancia de la climatología en el recurso eólico.
7. **Contaminantes atmosféricos.** Concepto de contaminación. Criterios para la clasificación de contaminantes. Principales contaminantes: fuentes, sumideros y efectos. Calidad del aire: normativa y objetivos.
8. **Factores meteorológicos de la contaminación atmosférica.** Mecanismos de dispersión. Categorías de estabilidad. Inversión térmica: ciclo diario. Penachos y factores locales. Dispersión a escala regional y superiores.
9. **La ecuación de advección-difusión.** Principio de superposición. Difusión molecular y turbulenta. Teorías del gradiente aplicadas a la difusión de contaminantes. Teorías K constante y variable.
10. **Modelos de dispersión atmosférica.** Tipos de modelos. Componentes de un modelo, usos y limitaciones. Modelos eulerianos y lagrangianos. El penacho gaussiano.

### Programa de Prácticas.

Se realizará un programa de prácticas con análisis de datos de variables atmosféricas y simulaciones en ordenador de diferentes aplicaciones de la asignatura. Dichas sesiones se realizarán utilizando alternativamente el aula de informática y el aula tradicional. Las prácticas programadas ocuparán varias sesiones dependiendo de su desarrollo y extensión. Cada práctica finalizará con la elaboración de un informe.

Relación de prácticas propuestas:

1. Caracterización de la CLA. Estabilidad local y no local. Número de Richardson.
2. Perfiles de viento. Condiciones Neutras y No Neutras.
3. Determinación de escalas espacio-temporales.

4. Inventario de emisiones
5. Modelización del Penacho Gaussiano.

Horario de clase: 10 sesiones en el mismo horario de clase, 13:30-15:00 h, (Aula de clase/Informática). Las sesiones en Aula de Informática será en las fechas:  
18/10/2017; 25/10; 15/11; 22/11; 17/01/2018

Bibliografía	
<p><b>Básica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arya, S. P. 'Introduction to micrometeorology'. Academic Press.2001</li> <li>• Seinfeld J.H. 'Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution'. J Wiley 1998.</li> <li>• Arya, S. P. 'Air Pollution Meteorology and Dispersion'. Oxford Univ. Pres. 1999.</li> </ul> <p><b>Complementaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stull, R. B. 'An Introduction to Boundary Layer Meteorology'. Kluwer Acad. Pub. 1988.</li> <li>• Sorbjan. Z. 'Structure of the Atmospheric Boundary Layer'. Prentice Hall. 1989.</li> <li>• Jacobson, M.Z. 'Atmospheric pollution'. Cambridge University Press. 2002.</li> <li>• Panofsky H. and Dutton J. 'Atmospheric Turbulence' Models and Methods for Engineering Applications'. J. Wiley and Sons, 1984.</li> </ul>	
Recursos en internet	
Campus virtual, enlaces de interés para la asignatura.	
Metodología	
<p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la micrometeorología, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales operativas.</li> <li>▪ Clases de problemas y ejercicios con aplicaciones con datos reales o simulados, que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen adecuadamente.</li> <li>▪ Sesiones prácticas en el aula de informática (laboratorio).</li> </ul> <p>Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador.</p> <p>Las presentaciones de las lecciones, así como la lista de problemas podrán ser facilitadas al alumno por medio del campus virtual.</p> <p>Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entrega de problemas y trabajos propuestos para este fin en las fechas que determine el profesor. Entregarán las correspondientes memorias de las prácticas de laboratorio.</p>	
Evaluación	
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b> 60%

<p>Se realizará un examen final al término del curso. Comprenderá preguntas de razonamiento teórico-práctico y ejercicios. La calificación final, relativa al examen <math>N_{Exam}</math>, se valorará sobre 10 puntos.</p> <p>Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.</p>		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
<p>A lo largo del curso y como parte de la evaluación continua, el alumno entregará de forma individual los problemas y tareas de tipo práctico que le indique el profesor en las fechas que éste determine (10%)</p> <p>El trabajo práctico en las sesiones presenciales de laboratorio programadas que incluyen las memorias de prácticas, es parte de la evaluación continua (30%). Su realización será requisito obligatorio para la calificación del resto de actividades.</p> <p>La valoración de otras actividades, <math>N_{OA}</math>, será sobre 10 puntos.</p>		
<b>Calificación final</b>		
<p>La calificación final será el resultado de la media ponderada de cada uno de los métodos de evaluación según su peso indicado anteriormente:</p> $C_{Final} = 0.60 \times N_{Exam} + 0.40 \times N_{OA}$ <p>donde <math>N_{Exam}</math> es la calificación obtenida en la realización del examen y <math>N_{OA}</math> es la correspondiente a Otras Actividades.</p>		



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Oceanografía Física</b>	<b>Código</b>	606833	
<b>Materia:</b>	Clima	<b>Módulo:</b>	Física de la Atmósfera	
<b>Carácter:</b>	Optativa	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b> 1º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5	1
<b>Horas presenciales</b>	45	30	15

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	María Belén Rodríguez de Fonseca			<b>Dpto:</b>	Física
	<b>Despacho:</b>	107-4ª planta	<b>e-mail</b>	brfonsec@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L J	9:00-10:30 13:30-15:00	María Belén Rodríguez de Fonseca	1 <sup>er</sup> semestre	28h	FTAA-I

<b>Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado</b>					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
<b>A1</b>	Aula 15	11 de octubre (10:30-11:00)	Belén Rodríguez de Fonseca	6h	FTAA-I
	Aula 2	15 de noviembre (10:30-11:00)			
	Aula 2	22 de noviembre (10:30-11:00)			
	Aula 15	20 de diciembre (10:30-11:00)			
	Aula 12	6 sesiones discusión resultados y análisis a lo largo del curso	Belén Rodríguez de Fonseca	9h	FTAA-I

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Belén Rodríguez de Fonseca	Lunes y Jueves de 14:00 a 15:30	brfonsec@ucm.es	Dcho: 107- 4a planta

<b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>
Tras cursar esta materia con provecho el alumno estará familiarizado con una de las componentes fundamentales del sistema climático: el océano, junto con las variables que describen su comportamiento y las ecuaciones fundamentales para su estudio en distintas escalas temporales. Además conocerá su interacción con la atmósfera y su acoplamiento y será capaz de analizar con datos reales los procesos que gobiernan la dinámica oceánica y su interacción con la atmósfera.

<b>Competencias de la asignatura</b>
CB6-CB10 CG1-CG3 CG6-CG8 CT1-CT8 CE1-CE7

<b>Resumen</b>
Propiedades del agua de mar. Masas de Agua. Ecuaciones de movimiento. Corrientes y Ondas. Flujo geostrofico. Vorticidad en el océano. Interacción atmósfera-océano. Circulación termohalina. El fenómeno de El Niño.

<b>Conocimientos previos necesarios</b>
Se recomienda tener conocimientos básicos de las ecuaciones fundamentales que rigen el comportamiento de un fluido, de las ecuaciones básicas que rigen el movimiento en la atmósfera, y conceptos de termodinámica de la atmósfera como estabilidad atmosférica. Se aconseja algunos conocimientos de computación científica: saber realizar cálculos y

programas básicos con Matlab, R, Python u octave. Es bienvenido cualquier conocimiento en programación y estar familiarizado con trabajar con datos. Se recomienda sistema operativo Linux y conocimientos de inglés.

Las prácticas se realizarán usando GrADS y ODV (Ocean Data View)

### Programa de la asignatura

- 1. Introducción histórica.** Evolución de los estudios de oceanografía. Evolución de las observaciones en el océano.
- 2. Propiedades del Agua del Mar Datos hidrográficos.** Temperatura, salinidad, densidad y presión. Perfiles de salinidad y temperatura. Diagramas Temperatura-salinidad. Masas de Agua. Estabilidad.
- 3. La influencia Atmosférica.** Descripción de la circulación general de la atmósfera. Cinturones de viento y presión. Capa límite planetaria. Medida del viento. El stress del viento. Transferencia de calor y de momento, cálculo de flujos.
- 4. Ecuaciones Fundamentales:** Fuerzas en el océano. Corrientes y Ondas. Sistemas de coordenadas en el océano. Derivada Total. Ecuaciones de Navier Stokes.
- 5. Balance de Calor en el Océano.** Términos de la ecuación de balance de calor. Transporte de calor en el océano. Flujo de flotabilidad. Conservación de la masa y de la Sal. Medida de flujos en el océano.
- 6. Turbulencia en el océano.** Viscosidad. El papel de los términos no lineales. Stress de Reynolds y su divergencia. Ecuaciones de momento turbulentas. Viscosidad Eddy. Mezcla en el océano. Estabilidad estática, dinámica y doble difusión.
- 7. Corrientes Oceánicas dirigidas por el viento.** Movimiento inercial. La capa de Ekman, espiral de Ekman, transporte de masa de Ekman. Aplicaciones de la Teoría de Ekman: afloramiento costero, bombeo de Ekman.
- 8. Corrientes Geostroficadas.** Aproximación Geostrofica. Medidas de altimetría. Cálculo de Corrientes Geostroficadas con datos de altimetría. Cálculo de corrientes con datos hidrográficos.
- 9. Vorticidad en el Océano:** Definición de Vorticidad. Conservación de la vorticidad, influencia de la vorticidad. Corrientes Frontera. Vorticidad y Bombeo de Ekman.
- 10. Ondas en el océano.** Teoría lineal de ondas superficiales. Ondas no lineales. Spectro de una onda. Ondas barotrópicas en el océano. Modelo de aguas someras. Ondas de Gravedad. Ondas Ecuatoriales. Ondas de Kelvin y de Rossby
- 11. Modelos oceánicos.** Modelo de Sverdrup, modelo de Stommel y Modelo de Munk. Modelos numéricos. Modelos costeros, modelos globales, modelos acoplados.
- 12. La circulación Profunda.** Teoría de la circulación profunda. Importancia de la circulación profunda. Observaciones de la circulación profunda.
- 13. Interacciones aire-océano.** Fenómenos de interacción intraestacional, interanual y decadal. Interacciones en el trópico y en el extratropical

### Programa de Prácticas.

Práctica 1: Estructura Vertical del Océano. Perfiles y Masas de Agua.

Práctica 2: Ecuaciones Fundamentales I: corrientes .

Práctica 3: Ecuaciones Fundamentales II Ondas Oceánicas.

### Bibliografía

Básica Steward, R, 2008: Introduction to Physical Oceanography.  
[http://oceanworld.tamu.edu/home/course\\_book.htm](http://oceanworld.tamu.edu/home/course_book.htm)

Pond,S.A.; G. L . Pickard, 1983: Introduction to dynamical Oceanography. Gulf Profesional Publishing.

Knauss, J.A., 1997: Introduction to Physical Oceanography. Prentice Hall PTR, 1997 - Science - 309 pages Complementaria

Artículos históricos a comentar:

Sverdrup, H., 1947: wind driven currents in a baroclinic ocean; with applications to the equatorial currents of the eastern Pacific. Proceedings of the National Academic of Science, 33, 318-325.

Stommel, H. 1948: The westward intensification of wind-driven ocean currents. Transactions, American Geophysical Union, 25, 2.

Munk, W., 1950: On the wind driven ocean circulation . Journal of Meteorology, 7,2, 79-93.

### Recursos en internet

Campus virtual : el profesor colgará del campus toda la información necesaria y que se resume en

Libro online: Steward, R, 2008: Introduction to Physical Oceanography.  
[http://oceanworld.tamu.edu/home/course\\_book.htm](http://oceanworld.tamu.edu/home/course_book.htm)

Libro de oceanografía del CSIC (España)  
<http://www.cmima.csic.es/mirror/mattom/regoc/pdfversion.html>

Presentaciones online: - Presentaciones del profesor Emery  
<http://ccar.colorado.edu/asen5215/>  
[http://www.meted.ucar.edu/oceans/ocean\\_models/navmenu.htm](http://www.meted.ucar.edu/oceans/ocean_models/navmenu.htm)  
• Universidad de Yale, presentaciones  
<http://earth.geology.yale.edu/~avf5/teaching/ResourcesGG535/>

Glosario de Términos de Oceanografía de Stommel  
<http://stommel.tamu.edu/~baum/paleo/paleogloss/paleogloss.html>

Listado de bases de datos online en oceanografía  
<http://dss.ucar.edu/catalogs/oceanlists/ocean.html>  
<http://bubl.ac.uk/link/o/oceanographicdata.htm>

World Ocean Circulation Experiment (WOCE)  
<https://www.nodc.noaa.gov/woce/wdiu/>

### Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Clases teóricas en las que se explicarán los principales conceptos de la oceanografía física empleando principalmente presentaciones proyectadas desde el ordenador así como la pizarra. Se hará uso también de experimentos de cátedra relacionados con la oceanografía tomados de <http://meteolab.fis.ucm.es>
- Seminarios: A lo largo del curso de impartirán seminarios por parte de profesionales de la oceanografía como pueden ser Puertos del Estado, Instituto Español de Oceanografía y el CSIC.
- Sesiones prácticas de laboratorio en el aula de informática que incluirán análisis de datos oceanográficos, (uso del ODV), ejemplificación e interpretación de los conceptos aprendidos en clase y discusión de artículos científicos.

La evaluación de las prácticas incluirá

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de memoria escrita.</li> <li>• Exposición oral de las prácticas y discusión.</li> <li>• Elaboración de trabajos escritos breves basados en publicaciones científicas.</li> </ul> <p>Se facilitará a los alumnos el material de las presentaciones de las clases teóricas con antelación suficiente por medio del campus virtual. Se habilitará un foro en el campus virtual para poder resolver dudas online.</p>		
Evaluación		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
Se realizará un examen final al término del curso que comprenderá preguntas de razonamiento teórico-práctico. La calificación final, relativa al examen se valora sobre 10 puntos.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
A lo largo del curso y como parte de la evaluación continua, el alumno entregará de forma individual las tareas de tipo práctico que indique el profesor en las fechas que éste determine, que incluyen: • Realización de prácticas de laboratorio y entrega de memoria escrita* (30%) • Presentación por escrito de trabajos (10%) • Presentación oral de trabajos (10%) * El trabajo de laboratorio incluye las memorias exigidas y su realización será requisito obligatorio para la calificación del resto de actividades		
Calificación final		
La calificación final será el resultado de la media ponderada de cada uno de los métodos de evaluación según su peso indicado anteriormente:		
$CFinal = 0.50 \cdot Exam + 0.50 \cdot OA$		
donde Exam es la calificación obtenida en el examen y OA la correspondiente a Otras Actividades.		



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Técnicas Aplicadas a la Meteorología</b>		<b>Código</b>	606831	
<b>Materia:</b>	Meteorología Aplicada	<b>Módulo:</b>	Física de la Atmósfera		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	<b>Total</b>	<b>Teóricos Problemas Seminarios</b>	<b>Prácticas</b>
--	--------------	--	------------------

<b>Créditos ECTS:</b>	6	5	1
<b>Horas presenciales</b>	45	30	15

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Natalia Calvo Fernández			<b>Dpto:</b>	FTAA-II
	<b>Despacho:</b>	<b>11- Baja oeste</b>	<b>e-mail</b>	nataliac@fis.ucm.es	

<b>Teoría - Detalle de horarios y profesorado</b>						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L,M	12:00- 13:30	Natalia Calvo Fernández	1er semestre	30	FTAA-II

<b>Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado</b>					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
<b>A1</b>	Aula 15*	partir del 10 de Octubre, 10 sesiones M: 12:00- 13:30	Natalia Calvo Fernández	15	FTAA-II

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Natalia Calvo Fernández	X,J 10.30-12	nataliac@fis.ucm.es	<b>11-planta baja-oeste</b>

<b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>
Al final con aprovechamiento esta asignatura, el alumno sabrá aplicar las principales técnicas estadísticas de análisis de datos en la atmósfera

<b>Competencias de la asignatura</b>
CB6,CB7,CB8,CB10,CG1,CG2,CG3,CG4,CG5,CG6,CG7,CG8, CT1, CT2, CT3, CT5, CT6, CT7, CT8

<b>Resumen</b>
Análisis de datos atmosféricos y climatológicos. Estadística básica. Análisis de extremos. Análisis espacio-temporal de series.

<b>Conocimientos previos necesarios</b>

Se recomienda que el alumno tenga conocimientos previos de estadística básica, de meteorología aplicada y/o climatología y de programación básica.

### Programa de la asignatura

- **Técnicas de observación en la atmósfera.** Sistemas de observación y bases de datos meteorológicas/climáticas.
- **Estadística básica:** Estadística descriptiva; distribuciones de probabilidad continuas y discretas.
- **Inferencia y Contraste de Hipótesis.** Análisis de composites.
- **Covarianza y correlación.** Análisis de regresión. Tendencias.
- **Análisis univariante de series temporales:** homogeneidad temporal; análisis espectral. Filtros.
- **Análisis de datos extremos:** ocurrencia de eventos extremos; períodos de retorno.
- **Análisis espaciotemporal:** teleconexiones; análisis de componentes principales (modo t, modo s).

Se realizarán 7 prácticas como aplicación de los temas del curso:

Las prácticas se realizarán en el Aula de Informática los martes en horario de clase (12:00-13:30), a partir de la segunda semana de clase.

### Bibliografía

#### Bibliografía básica:

- Wilks D.S. 2006: *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press 627pp.

#### Bibliografía complementaria

- von Storch, H., and F. Zwiers, 1999: *Statistical Analysis in Climate Research*. Cambridge University Press, 494 pp.
- Gorgas, Cardiel, Zamorano, 2012: *Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias*. 206pp.

### Recursos en internet

Campus virtual, página web de la asignatura.

Enlaces web a páginas de interés de disponibilidad de datos y de aplicaciones de técnicas estadísticas a análisis de datos meteorológicos y climáticos (e.g. NOAA National Climatic Data Center, Centro Europeo de Predicción a Medio y Largo Plazo, etc.)

### Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura. Se utilizarán casos reales para la ilustración de ejemplos de aplicaciones. Se llevarán a cabo a partir de presentaciones proyectadas desde el ordenador y serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual.

Sesiones prácticas como aplicaciones con datos reales o simulados, que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen

Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entrega de las prácticas y trabajos propuestos para este fin en las fechas que determine el profesor. Entregarán las correspondientes memorias de las prácticas.

### Evaluación

<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
--------------------------------	--------------	-----

Examen teórico

<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
--	--------------	-----

- Evaluación de las prácticas realizadas por los alumnos

### Calificación final

La calificación final,  $C_{Final}$ , será la suma del examen final (50%) y de las prácticas (50%) de la asignatura.

$$C_{Final} = 0.5 N_{exam} + 0.5 N_{OA}$$

Donde  $N_{exam}$  es la calificación en el examen teórico y  $N_{OA}$  es la de otras actividades. La nota mínima necesaria en cada una de las dos partes para hacer media es de 4 sobre 10.



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Dinámica del Interior de la Tierra</b>	<b>Código</b>	606837		
<b>Materia:</b>	Geofísica Avanzada	<b>Módulo:</b>	Física de la Tierra		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5	1
<b>Horas presenciales</b>	45	30	15

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Ana Negredo Moreno			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	<b>114-4ª Planta</b>	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:anegredo@ucm.es">anegredo@ucm.es</a>	

<b>Teoría - Detalle de horarios y profesorado</b>						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	M X	10:30-12:00 10:30-12:00	Ana Negredo Moreno	1er Semestre	30	FTAA-I

<b>Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado</b>					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
<b>A1</b>	Lab de alumnos (216) Dep. FTAAI	Miércoles desde 25/10/2017 hasta el 10/01/2018	Ana Negredo Moreno	15	FTAA-I

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Ana Negredo Moreno	X 12:00-13:00 J 12:00-13:00 V 12:00-13:00	<a href="mailto:anegredo@fis.ucm.es">anegredo@fis.ucm.es</a>	<b>114-4ª Planta</b>

<b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>
Tras cursar con aprovechamiento esta asignatura, el alumno conocerá los principales procesos dinámicos que ocurren en el interior de la Tierra

<b>Competencias de la asignatura</b>
CB6, CB7, CB9, CB10, CG1, CG2, CG3, CG4, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT5, CT6, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7

<b>Resumen</b>
Dinámica y composición del núcleo, manto y litosfera. Generación y transporte de calor en el interior de la Tierra. Estado térmico de la litosfera continental y oceánica. Fundamentos de magmatismo y vulcanismo. Esfuerzos y deformaciones en la litosfera.

Procesos de compresión y extensión litosférica.

### Conocimientos previos necesarios

Es conveniente tener conocimientos de Física de la Tierra.

### Programa de la asignatura

1. **Estratificación física y composicional de la tierra.** Variaciones radiales de la velocidad, densidad, gravedad y presión. Caracterización física y composicional de las capas de la Tierra. Modelos mineralógicos del manto y del núcleo.
2. **Dinámica y cinemática de placas.** Introducción histórica. Fuerzas motoras de la tectónica de placas. Márgenes continentales. Velocidad absoluta y relativa de las placas.
3. **Estado térmico de la litosfera.** Ecuación de la conducción. Geotermas de equilibrio en la litosfera continental. Estado térmico de la litosfera oceánica: modelo de espacio semi-infinito vs. modelo de placa. Topografía del suelo oceánico.
4. **Procesos térmicos en el manto y en el núcleo.** Equilibrio adiabático gravitacional. Patrones de convección. Modelos del núcleo. Fusión parcial: fundamentos de magmatismo y vulcanismo.
5. **Aplicaciones geodinámicas de la mecánica de fluidos.** Ecuaciones de conservación de la masa y del momento para fluidos viscosos. Aplicaciones geodinámicas: viscosidad del manto y rebote post-glacial. Convección térmica y número de Rayleigh.
6. **Reología de la litosfera.** Medios elásticos, medios viscosos, viscoelasticidad y plasticidad. Modelos mecánicos de la litosfera: placa elástica, viscoelástica y elasto-plástica. Modelos de estratificación de la litosfera continental.
7. **Flexión litosférica.** Ecuación de la flexión. Espesor elástico equivalente. Estudio de casos particulares. Flexión de litosfera continental y litosfera oceánica. Esfuerzos horizontales. Flexión bajo cadenas de Islas. Flexión litosférica en una fosa.
8. **Procesos geodinámicos.** Extensión y compresión litosférica: formación de cuencas sedimentarias y orógenos. Procesos de subducción.

### PRÁCTICAS (10 sesiones)

P1.- Estudio y representación del estado térmico de la litosfera continental

P2.- Estudio y representación del flujo de calor superficial

P3.- Estudio y representación del estado térmico de la litosfera oceánica, flujo geotérmico y profundidad de fondo oceánico.

P4.- Estudio y representación de la estratificación reológica de la litosfera continental.

P5.- Plumas mantélicas y 'hotspots'

P6.- Extensión litosférica: cálculo del factor de extensión de una cuenca sedimentaria

Horario:

Miércoles de 10:30 a 12:00

Las prácticas comenzarán tres semanas después del comienzo del curso, y tendrán lugar en el laboratorio de alumnos (216) del Departamento de FTAAl.

### Bibliografía

#### Básica:

Lowrie, W., 2007, *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge University Press.

Turcotte and Schubert, 2002, *Geodynamics*. Cambridge University Press.

Ranalli, G., 1995, *Rheology of the Earth*. Chapman and Hall eds.

Fowler, C.M.R., 2005, *The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics*, Cambridge University Press.

#### Complementaria:

Allen and Allen, 2004, *Basin analysis: principles and applications*, Willey Pub. Group.

Watts, 2009, *Crust and lithosphere dynamics: Treatise on Geophysics*, Elsevier

Bercovici, 2009, *Mantle dynamics: Treatise on Geophysics*, Elsevier

### Recursos en internet

*Campus virtual*

'Lecture notes' de los cursos abiertos del MIT:

Geodynamics: <http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-520-geodynamics-fall-2006/>

Essentials of geophysics: <http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-201-essentials-of-geophysics-fall-2004/>

### Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la dinámica del interior terrestre.
- Clases de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada. Prácticas de laboratorio a realizar en aulas de informática.
- Exposición de trabajos realizados por los alumnos sobre artículos relacionados con los contenidos.

Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra y presentaciones de ordenador.

Los alumnos dispondrán con antelación de los enunciados de los problemas y prácticas a través del campus virtual.

### Evaluación

<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
--------------------------------	--------------	-----

Se realizará un examen final que abarcará los contenidos de los temas, incluyendo aspectos desarrollados en las prácticas y otras actividades.

<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
--	--------------	-----

- El alumnado entregará un informe individual de cada una de las prácticas realizadas.
- Además entregará problemas resueltos o informes de actividades propuestas que se realizarán generalmente de manera individual.
- Presentación y discusión de artículos investigación recientes publicados en revistas científicas de calidad.

### Calificación final

La calificación final será:

$$N_{Final} = 0.5N_{Examen} + 0.5N_{OtrasActiv}$$

donde  $N_{Examen}$  y  $N_{OtrasActiv}$  son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas</b>	<b>Código</b>	606836		
<b>Materia:</b>	Geofísica Avanzada	<b>Módulo:</b>	Física de la Tierra		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5	1
<b>Horas presenciales</b>	45	30	15

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Vicente Carlos Ruiz Martínez			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	207 - 4ª Planta	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:vcarlos@ucm.es">vcarlos@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L y M	12:00-13:30	María Luisa Osete	2º Semestre	30	FTAA-I

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
<b>A1</b>	Lab. Alumnos, 4ª planta	martes 24 de abril hasta el martes 29 de mayo	Vicente Carlos Ruiz Martínez	15	FTAA-I	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
María Luisa Osete	Lunes: 15:00-18:00	<a href="mailto:mlosete@ucm.es">mlosete@ucm.es</a>	Despacho 115
Vicente Carlos Ruiz Martínez	J:11.00-14:00	<a href="mailto:vcarlos@ucm.es">vcarlos@ucm.es</a>	Despacho 207 -4ª Planta

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Tras cursar con aprovechamiento esta asignatura, el alumno tendrá un conocimiento teórico y práctico del paleomagnetismo, que le permitirá conocer la evolución del campo magnético terrestre en el pasado, así como manejar las aplicaciones del paleomagnetismo y del magnetismo de rocas (tectónica de placas y tectónica general; geocronología, correlación magnetoestratigráfica y datación paleomagnética; dirección de paleoflujos; medioambiente y contaminación)

--

### Competencias de la asignatura

CB7, CB9, CB10,CG1, CG2,CG3, CG5, CG6, CG7, CT2, CT3, CT4, CT6, CT7, CE1, CE2, CE3, CE4, CE4, CE7

### Resumen

Propiedades magnéticas de la materia. Mecanismos de adquisición y remanencia. Principales minerales ferromagnéticos de las rocas. Principios de magnetismo de rocas. Variación paleosecular, excursiones e inversiones del campo magnético terrestre. Paleomagnetismo y tectónica. Arqueomagnetismo.

### Conocimientos previos necesarios

Se recomienda que el alumno tenga conocimientos básicos de la Física de la Tierra y del campo magnético terrestre.

### Programa de la asignatura

- 1. Introducción.** Organización del curso. Apuntes históricos del campo magnético terrestre y el paleomagnetismo.
- 2. Propiedades magnéticas de los minerales naturales.** Propiedades magnéticas de la materia. Ferromagnetismo. Dominios magnéticos. Minerales magnéticos naturales
- 3. Magnetización remanente natural.** Partículas modominio. Teoría de Neel. Magnetización Termoremanente. Magnetización detrítica deposicional y post-deposicional. Magnetización remanente química. Imanaciones viscosas y otros tipos de imanación remanente.
- 4. Metodología paleomagnética I:** Técnicas y estrategias de muestreo. Medidas de la remanencia. Desimanaciones térmica y por campos alternos decrecientes. Diagramas ortogonales o de Zijderveld y proyecciones de igual área. Componentes direccionales magnéticas. Componente característica; primaria/remagnetizada.
- 5. Metodología paleomagnética II:** Experimentos de magnetismo de rocas para la identificación de minerales magnéticos: Ciclos de histéresis, curvas termomagnéticas, impartición de remanencias en el laboratorio.
- 6. Metodología paleomagnética III:** Análisis estadístico: Estadística de Fisher: Parámetros de precisión y confianza. Tests de campo (de inversión, de pliegue, de conglomerados, de contacto) y corrección por basculamiento. Polo geomagnético virtual y paleopolo.. .
- 7. Instrumentación en paleomagnetismo.** Visita al Laboratorio de Paleomagnetismo de la UCM: Equipos y técnicas de muestreo. Equipos de medida de la magnetización. Equipos de desimanación. Equipos de susceptibilidad magnética. Equipos de magnetismo de rocas.
- 8. Información paleomagnética I:** Variaciones espacio-temporales del paleocampo

(Variación Paleosecular, dispersión geomagnética, excursiones e inversiones).  
Escala temporal de polaridad geomagnética: Magnetoestratigrafía.  
Arqueomagnetismo.

**9. Información paleomagnética II.** Geodinámica y paleogeografía (Curvas de deriva polar aparente, polos de Euler, evolución de Placas y microplacas). Tectónica regional (rotaciones de bloques sobre ejes horizontales y/o verticales).

**10. Anisotropía Magnética.** Anisotropía magnética de la Susceptibilidad y de la remanencia. Elipsoide y parámetros de anisotropía. Fábricas magnéticas en rocas sedimentarias e ígneas. Fábricas magnéticas y deformación. Técnicas de laboratorio.

**11. Otras aplicaciones del paleomagnetismo:** Paleointensidad (fundamento teórico, métodos de medida, características y limitaciones). Dataciones arqueomagnéticas. Estudio de remagnetizaciones (origen y extensión, restitución de cuencas sedimentarias...). Magnetismo ambiental.

## PRÁCTICAS

Las prácticas se realizarán (algunas en doble sesión) en el Laboratorio de Alumnos del Departamento de FTAAl desde el lunes 23 de abril hasta el martes 29 de mayo.

P1 Práctica de muestreo paleomagnético.

P2 Análisis de datos de desimanación de rocas. Interpretación de diagramas de Zijderveld. Cálculo de direcciones paleomagnéticas. Direcciones medias.

P3 Técnicas de magnetismo de rocas. Identificación de fases magnéticas.

P4 Paleomagnetismo y tectónica: Curvas de Deriva Polar Aparente. Cálculo de polos paleomagnéticos. Determinación de rotaciones de bloques en regiones deformadas.

P5 Fábricas magnéticas y anisotropía magnética. Direcciones preferentes de orientación. Fábricas sedimentarias e ígneas. Paleocorrientes.

P6 Arqueomagnetismo: Datación de estructuras arqueológicas a partir de Curvas de Variación Secular.

P7 Presentación y discusión de artículos científicos de la disciplina seleccionados por los profesores.

## Bibliografía

Butler, R.F. 1992, *Paleomagnetism*. Blackwell Scientific Publications.

Lanza, R. and Meloni, A. 2006, *The Earth's magnetism. An introduction for geologists*. Springer.

Dunlop, D.J. and Özdemir, O. 1997, *Rock Magnetism*. Cambridge University Press.

Evans, M.E. and F. Heller. 2003, *Environmental Magnetism*. Academic Press. Elsevier Science.

Tauxe, L. 2010, *Essentials of Paleomagnetism*. University of California Press.

Recursos en internet		
<p>Asignatura en Campus Virtual.</p> <p><a href="http://www.geo.arizona.edu/Paleomag/book/">http://www.geo.arizona.edu/Paleomag/book/</a> (PALEOMAGNETISM: Magnetic Domains to Geologic Terranes; by Robert F. Butler)</p> <p><a href="http://magician.ucsd.edu/Essentials_2/">http://magician.ucsd.edu/Essentials_2/</a> (Essentials of Paleomagnetism: Second Web Edition; by Lisa Tauxe &amp; Subir K. Banerjee, Robert F. Butler and Rob van der Voo)</p> <p><a href="http://www.agico.com/">http://www.agico.com/</a> (Software: Remasoft, Anisoft4.2)</p> <p><a href="http://www.geodynamics.no/Web/Content/Software/">http://www.geodynamics.no/Web/Content/Software/</a> (links to : <a href="#">GMAP 2005</a> , <a href="http://www.gplates.org/">www.gplates.org</a>; <a href="#">The IAGA Global Paleomagnetic Database</a>)</p>		
Metodología		
<p>Clases de teoría que incorporan discusión y resolución de problemas.</p> <p>Trabajo prácticos que consisten en la evaluación, tratamiento e interpretación de datos paleomagnéticos reales relacionados con aplicaciones que van de la datación arqueomagnética al estudio de la deformación local o a la tectónica, pasando por el estudio de la variación paleosecular y las inversiones del campo magnético terrestre.</p>		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	50%
El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).		
Otras actividades de evaluación	Peso:	50%
<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrega de problemas y participación en clase</li> <li>Realización de prácticas y realización de trabajos de grupo o individuales con elaboración de memorias y exposición de resultados</li> <li>Presentaciones orales por parte de los alumnos de artículos de investigación recientes publicados en revistas científicas de calidad</li> </ul>		
Calificación final		
<p>La calificación final será:</p> $N_{Final} = (0.5)N_{Exámen} + (0.5)N_{OtrasActiv}$ <p>donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p>		



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Sismología Avanzada</b>	<b>Código</b>	606835
--------------------------------	----------------------------	---------------	--------

<b>Materia:</b>	Geofísica Avanzada	<b>Módulo:</b>	Física de la Tierra		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5	1
<b>Horas presenciales</b>	45	30	15

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Elisa Buform Peiró			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	116- 4ª Planta .	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:ebuformp@ucm.es">ebuformp@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L M	10:30- 12:00	Elisa Buform Peiró	2º Semestre	30	FTAA-I

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula de informática	10	Elisa Buform Peiró	15	FTAA-I

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Elisa Buform Peiró	L, M: 9:00-10:30	<a href="mailto:ebuformp@ucm.es">ebuformp@ucm.es</a>	Dcho: 116- 4ª Planta .

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Tras cursar con aprovechamiento esta asignatura, el alumno conocerá el proceso de generación y ocurrencia de los terremotos y la información que aportan para conocer la dinámica terrestre.

Competencias de la asignatura
CB6, CB7, CB8, CB9, CB10,CG1, CG2,CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2,

CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CE1, CE2, CE3, CE4, CE4, CE5, CE5,CE6, CE7

### Resumen

El sismógrafo. Procesamiento y análisis de sismogramas. Parámetros focales de los terremotos Terremotos y fallas. Sismotectónica y riesgo sísmico. Terremotos y tsunamis, sistemas de alerta temprana.

### Conocimientos previos necesarios

Es conveniente tener conocimientos correspondientes al módulo de Fundamentos de Geofísica del Máster y en especial en Propagación de ondas sísmicas

### Programa de la asignatura

- 11 **Introducción.** Generación y ocurrencia de terremotos. Observaciones de los terremotos. Historia y evolución de la sismología
- 12 **Instrumentación sísmica.** Ecuación del sismómetro. Sismógrafos analógicos y digitales. Respuesta instrumental. Sismogramas y acelerogramas
- 13 **Procesamiento y análisis de sismogramas.** Formatos digitales. Deconvolución instrumental. Lectura de fases sísmicas. Espectros de amplitud y fase. Ruido sísmico.
- 14 **Parámetros focales de los terremotos.** Localización espacio-temporal. Intensidad y magnitud. Ley de Gutenberg y Richter. Momento sísmico escalar, energía y caída de esfuerzos.
- 15 **Terremotos y fallas.** Geometría de la fractura. Modelos cinemáticos. Fuente puntual y fractura de cizalla. Tensor momento sísmico. Fuente extensa. Modelos dinámicos.
- 16 **Sismotectónica y riesgo sísmico.** Sismicidad. Distribución espacio-temporal de terremotos. Premonitores y réplicas. Tectónica de placas: terremotos interplaca e intraplaca. Peligrosidad y vulnerabilidad.
- 17 **Predicción y prevención sísmica.** Ciclo sísmico. Terremotos y generación de tsunamis. Predicción o prevención sísmica. Sistemas de alerta temprana de terremotos y tsunamis.

### PRÁCTICAS (10 sesiones).

P1.- Introducción al software rdseed y SAC, GMT. Comandos básicos. Aceleración, velocidad y desplazamiento. Trazado de mapas

P2.- Análisis y procesamiento de sismogramas. Análisis espectral: Deconvolución y filtrado de la señal. Deconvolución instrumental. Obtención del movimiento del suelo. Espectros de amplitud y fase. Ruido

P3.- Parámetros focales. Cálculo hipocentral. Cálculo de la orientación de la fuente

sísmica. Método de polaridades de la onda P. Interpretación sismotectónica.

P4.- Determinación de las dimensiones de la fuente. Cálculo de parámetros dinámicos.

Horario: M: 10:30 a 12:00

Lugar: Aula informática 1 (se requiere Linux para uso de los programas rdseed, SAC y GMT). Las prácticas comenzarán una semana después del comienzo del curso y acabarán 1-2 semanas antes. Están previstas 10 sesiones.

En caso de ocurrencia de sismos significativos a lo largo del curso se podría modificar este calendario.

### Bibliografía

#### Básica:

E. Buforn, C. Pro y A. Udías. 2012, *Solved problems in Geophysics*. Cambridge University Press.

T. Lay y T. Wallace. 1995, *Modern Global Seismology*. Academic Press.

A. Udías y Buforn. 2017, *Principles of Seismology (2<sup>nd</sup> edition)*. Cambridge University Press.

A. Udías, R. Madariaga and E. Buforn, 2014. *Source Mechanisms of Earthquakes: Theory and Practice*. Cambridge University Press.

#### Complementaria:

K. Aki y P. G. Richards. 2002, *Quantitative Seismology*. W. H. Freeman, 2ª edición, San Francisco.

F.A. Dahlen y J. Tromp. 1998, *Theoretical Global Seismology*. Princeton University Press.

G. Payo. *Introducción al análisis de sismogramas*. Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1986.

### Recursos en internet

*Campus virtual*

<http://www.ign.es>

<http://www.orfeus-eu.org>

<http://www.iris.washington.edu>

### Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de Sismología, aplicando y profundizando en los conocimientos adquiridos en Propagación de ondas sísmicas, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales y operativas.
- Clases de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada.

- Prácticas de laboratorio, básicamente, procesamiento y análisis de sismogramas y determinación de parámetros focales de los terremotos. Esta parte tiene gran importancia para la aplicación de los conocimientos adquiridos. Algunas de estas prácticas corresponderán a trabajos on-line por parte del alumno

Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. Las lecciones serán complementadas con casos reales de ocurrencia de terremotos a lo largo del curso, discutiendo las características de los mismos.

La propuesta de problemas y prácticas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual.

### Evaluación

<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
--------------------------------	--------------	-----

El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte práctica de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.

<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
--	--------------	-----

A lo largo del curso y como parte de la evaluación, el alumno entregará de forma individual los problemas y prácticas que le indique el profesor en las fechas que éste determine. También se realizarán tests de control a lo largo del curso (unos 3) sobre cuestiones teóricas y prácticas. El alumno podrá realizar presentaciones orales sobre temas que se propondrán a lo largo del curso. La asistencia y participación en las clases también se tendrá en cuenta en la evaluación. Por últimos los alumnos realizarán de forma individual una exposición oral de un trabajo de investigación publicado en los últimos 5 años en una selección de revistas del SCI

### Calificación final

La calificación final será:

$$N_{Final}=0.6N_{Exámen}+0.4N_{OtrasActiv}$$

donde  $N_{Exámen}$  y  $N_{OtrasActiv}$  son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Modelización Numérica</b>	<b>Código</b>	606830		
<b>Materia:</b>	Meteorología Aplicada	<b>Módulo:</b>	Física de la Atmósfera		
<b>Carácter:</b>	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5	1
<b>Horas presenciales</b>	45	30	15

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Maria Luisa Montoya Redondo			<b>Dpto:</b>	FTAA-II
	<b>Despacho:</b>	6 Baja Oeste	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:mmontoya@ucm.es">mmontoya@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	X J	9:00-10:30	Maria Luisa Montoya Redondo	2º semestre	30	FTAA-II

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
<b>A1</b>	Aula 15	Todos los Jueves a partir del 15 de Febrero. 10 sesiones. 9:00-10:30	Maria Luisa Montoya Redondo	15	FTAA-II

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Maria Luisa Montoya Redondo	X 11:00-13:00 14:30-16:00	mmontoya@ucm.es	Despacho 6, planta baja, módulo Oeste.

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Al finalizar con aprovechamiento esta materia, el alumno sabrá aplicar las ecuaciones fundamentales de los movimientos atmosféricos, en cualquier escala, será capaz de aplicar los métodos numéricos apropiados para la modelización de tales procesos y su evolución para la aplicación a la predicción.

### Competencias de la asignatura

**CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG1, CG2, CG3, CG6, CG7, CG8, CT1, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CE1, CE2, CE4, CE5, CE7**

### Resumen

Discretización de las ecuaciones fundamentales. Parametrizaciones de los procesos físicos de sub-malla. Modelos meteorológicos. Modelos acoplados océano-atmósfera. Modelos climáticos. Evaluación de los modelos. Predictibilidad.

### Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de física del clima, dinámica de fluidos, computación, estadística e inglés.

### Programa de la asignatura

- **Introducción.** *Introducción histórica. Aspectos fundamentales de la modelización numérica de la atmósfera y el clima.*
- **Discretización numérica de las ecuaciones fundamentales.** *Ecuaciones fundamentales. Sistemas de coordenadas. Clasificación de las ecuaciones diferenciales parciales. Problemas de valores iniciales y de condiciones de contorno. Métodos de diferencias finitas. Volúmenes finitos.*
- **Modelización de las componentes del sistema climático.** *Modelos de atmósfera y océano: discretización, dinámica, física y parametrizaciones. Modelización del hielo marino, hielo terrestre, vegetación terrestre, biogeoquímica oceánica, química atmosférica.*
- **Integración de los modelos.** *Acoplamiento de los modelos. Integración. Inicialización.*
- **Evaluación de los modelos.** *Intercomparación de los modelos. Comparación con registros atmosféricos y oceánicos. Variabilidad climática. Extremos. Sensibilidad climática.*

- **Aplicaciones.** Experimentos de sensibilidad. Simulaciones paleoclimáticas  
Simulaciones del clima futuro

### Programa práctico (a desarrollar en el aula de informática)

Introducción a las herramientas computacionales fundamentales (Linux, fortran, R).

Realización de sesiones prácticas de diferentes aplicaciones de la asignatura:

- Impacto del uso de diferentes esquemas en diferencias finitas.
- Simulaciones climáticas mediante un modelo de circulación general atmosférico.

### Bibliografía

Goosse H., P.Y. Barriat, W. Lefebvre, M.F. Loutre and V. Zunz. *Introduction to climate dynamics and climate modeling*, 2008: <http://www.elic.ucl.ac.be/textbook>.

Haltiner, G.J., R.T. Williams, 1980, *Numerical Prediction and Dynamic Meteorology*. Wiley, 477 pp

Kalnay, E., 2003, *Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability*, 2003 Cambridge University Press, ISBN: 052179179, 2003.

McGuffie K., A. Henderson-Sellers, 2005, *A Climate Modelling Primer*, 3rd ed., John Wiley, 296 pp.

Randall, D. *An Introduction to Atmospheric Modelling*:  
<http://kiwi.atmos.colostate.edu/group/dave/at604.html>

Stocker, T., 2011, *Introduction to Climate Modelling*, Advances in Geophysical and Environmental Mechanics and Mathematics, K. Hutter (ed.), Springer Verlag. DOI 10.1007/978-3-642-00773-6\_1, 179 pp.

Stocker, T.F., et al., 2013: Technical Summary. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Trenberth, K. E. (Editor), *Climate System Modeling*, 1992, Cambridge University Press, 788 pp.

Washington W.M., C.L. Parkinson, 2005, *An Introduction to Three-Dimensional Climate Modeling*, University Science Books, 354 pp.

### Recursos en internet

<p>Campus virtual</p> <p><i>Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change</i>  <a href="http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/">http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/</a></p>		
<b>Metodología</b>		
<p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases teóricas en las que se explicarán los principales conceptos de la simulación numérica del clima utilizando presentaciones proyectadas desde el ordenador.</li> <li>• Sesiones prácticas de laboratorio en el aula de informática que incluirán ejercicios prácticos de simulación numérica con ordenadores y que se evaluarán a través de memorias.</li> <li>• Presentaciones breves basadas en publicaciones científicas con discusión en común.</li> </ul> <p>Se facilitará a los alumnos el material de las presentaciones de las clases teóricas con antelación suficiente por medio del campus virtual.</p>		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
<p>Se realizará un examen final al término del curso que comprenderá preguntas de razonamiento teórico-práctico. La calificación final, relativa al examen (<math>N_{Exam}</math>), se valora sobre 10 puntos.</p>		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de prácticas de laboratorio* (10%)</li> <li>• Presentación oral de artículos (10%)</li> <li>• Presentación de trabajos escritos (10%)</li> <li>• Participación activa en clase (10%)</li> </ul> <p>* El trabajo de laboratorio incluye las memorias exigidas y su realización será requisito obligatorio para la calificación del resto de actividades.</p>		
<b>Calificación final</b>		
<p>La calificación final será el resultado de la media ponderada de cada uno de los métodos de evaluación según su peso indicado anteriormente:</p> $C_{Final} = 0.60 \cdot N_{Exam} + 0.40 \cdot N_{OA}$ <p>donde <math>N_{Exam}</math> es la calificación obtenida en el examen y <math>N_{OA}</math> la correspondiente a Otras Actividades</p>		



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Variabilidad Climática</b>	<b>Código</b>	606834	
<b>Materia:</b>	Clima	<b>Módulo:</b>	Física de la Atmósfera	
<b>Carácter:</b>	Optativa	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b> 2º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5	1
<b>Horas presenciales</b>	45	30	15

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	J. Fidel González Rouco			<b>Dpto:</b>	FTAA-II
	<b>Despacho:</b>	4, Baja -Oeste	<b>e-mail</b>	fidelgr@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	X J	12:00- 13:30	J. Fidel González Rouco	2º Semestre	30	FTAA-II

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula de inf. A1	2 sesiones a partir del 12 de marzo.	J. Fidel González Rouco	3h	FTAA-II
A1	12	8 sesiones intercaladas con temas de teoría en el aula	J. Fidel González Rouco	12h	FTAA-II

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado					
--	--	--	--	--	--

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
J. Fidel González Rouco	L y M, 12.00-13.30	fidelgr@ucm.es	Dcho 4, P. Baja - Oeste

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Tras cursar esta asignatura el alumno:

- estará familiarizado con el sistema climático y las variables que describen su comportamiento;
- profundizará en los conceptos de clima, variabilidad y cambio climático desde la perspectiva de los estudios observacionales y de modelización;
- conocerá la influencia de distintos factores que contribuyen a la variabilidad y al cambio climático;
- conocerá mejor las incertidumbres asociadas a las observaciones y a la simulación climática y entenderá su influencia en el desarrollo científico actual de la ciencia del cambio climático.

El alumno estará familiarizado al final del curso con el uso de la literatura científica, la escritura de informes técnicos en inglés y la presentación y discusión de artículos científicos relacionados con el programa.

### Competencias de la asignatura

Básicas: CB6-10  
Generales: CG1-3, CG7-8  
Transversales: CT1-4, CT6-8  
Específicas: CE2-4, CE7

### Resumen

Escalas temporales de la variabilidad climática. Caracterización de la Variabilidad Climática. Variabilidad interna y forzada. Forzamientos externos (naturales y antrópicos). Reconstrucción y simulación de la variabilidad. Predicción estacional y decadal. Simulaciones de cambio climático. Detección y atribución del cambio climático.

### Conocimientos previos necesarios

Se recomienda haber cursado la asignatura de Física del Clima.  
Se recomienda haber adquirido conocimientos de Estadística y Análisis de Datos y Dinámica Atmosférica. Se recomienda buen nivel de inglés.

### Programa de la asignatura

**1. Mecanismos de variabilidad climática I. El período instrumental. Variabilidad**

*observada a escalas global, hemisférica y regional. Modos de variabilidad climática. Mecanismos físicos de conexión tropical-extratropical, Troposfera-Estratosfera.*

**2. Mecanismos de variabilidad climática II. Escalas de variabilidad climática.** *Reconstrucción paleoclimática. Mecanismos de variabilidad climática en escalas multiseccular y milenaria. Estados glaciales e interglaciales. Cambio climático abrupto. Variabilidad en escalas geológicas.*

**3. Causas de variabilidad climática.** *Forzamiento externo y procesos de realimentación. Forzamiento natural: solar, volcánico, orbital. Forzamiento antrópico: cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero, aerosoles, usos y cobertura de suelo, ozono. Ciclos biogeoquímicos.*

**4. Variabilidad interna y respuesta al forzamiento externo.** *Aplicaciones de la modelización numérica al estudio de la variabilidad y el cambio climático: simulaciones de control, experimentos de sensibilidad, simulaciones históricas, predicción estacional y decadal, proyecciones de cambio climático. Simulaciones paleoclimáticas con modelos de diferente complejidad. Estados de equilibrio. Sensibilidad climática y respuesta transitoria del sistema.*

**5. Detección y atribución (D+A).** *Discriminación entre variabilidad interna y variabilidad forzada. D+A de valores medios. D+A extremos. D+A en el último milenio.*

#### **Programa de Prácticas.**

Se desarrollarán 2 sesiones de prácticas de laboratorio:

-P1: 'Análisis de variabilidad interna en experimentos de control'.

Horario de prácticas (Aula de Informática): 2 sesiones en el mismo horario de clase miércoles de 12:00-13:30 a partir del 12 de marzo. Se desarrollarán 4 prácticas (8 sesiones) en el aula tratando específicamente:

--P2: 'Forzamiento radiativo: variabilidad interna y respuesta forzada en el sistema climático'.

--P3: "Bases de datos climáticas: incertidumbres observacionales"

--P4: "Modos de circulación atmosférica"

--P5: "Variabilidad y cambio climático pre-industriales"

#### **Bibliografía**

Básica

D. L. Hartmann, 1994: Global Physical Climatology, Academic Press, 411 pp.

Climate Change 2007: The physical Science Basis. Contribution of working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Solomon et al. Eds). Cambridge University Press, 996 pp.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

<p>Change [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA,.</p> <p>Complementaria</p> <p>L. R. Kump, J.F. Kasting, R.G. Crane, 2009: The Earth System (3rd Edition), Prentice Hall, 432 pp.</p> <p>W. F. Rudimann, 2007: Earth's Climate: Past and Future (2nd Edition). W. H. Freeman Ed, 388 pp.</p> <p>J. P. Peixoto, A. H. Oort, 1992: Physics of Climate, American Institute of Physics, New York, 520 pp.</p> <p>K. Alverson, R. Bradley, T. Pederson, 2003: Paleoclimate, Global Change and the Future. Springer</p> <p>J. R. Holton, 1992: An introduction to dynamic meteorology (3er Edition). 511 pp. Academic Press</p> <p>Durante el desarrollo de la asignatura se proporcionará bibliografía adicional a los estudiantes enfocada a la lectura y análisis de publicaciones científicas.</p>		
<b>Recursos en internet</b>		
<p>Campus virtual, enlaces de interés para la asignatura</p>		
<b>Metodología</b>		
<p>Se desarrollarán las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clases teóricas utilizando presentaciones powerpoint, que se completarán con la pizarra.</li> <li>▪ Sesiones prácticas de laboratorio en el aula de informática</li> <li>▪ Elaboración de informes breves sobre publicaciones científicas y exposición oral de dichos trabajos.</li> <li>▪ Se desarrollan dinámicas de grupo basadas en la discusión de la literatura científica.</li> </ul> <p>Se facilitará a los alumnos el material de las presentaciones de las clases <b>a través</b> del campus virtual.</p>		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
<p>Se hará un examen final al término del curso que tendrá dos partes. Una será la realización de un informe breve (2 páginas) de discusión técnico/científica orientada al análisis/evaluación de un tema asignado que esté relacionado con los contenidos del curso. La segunda parte constará de una presentación del mismo de 15 minutos seguido de 15 minutos de discusión. La calificación final relativa exámenes, <i>NExam</i>, se evaluará sobre 10 puntos.</p>		

<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
<p>El alumno entregará las tareas de tipo práctico que indique el profesor en las fechas que éste determine, y cuya nota, <i>NOA</i>, se evaluará sobre 10 puntos. Estas actividades incluirán:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Realización de prácticas de laboratorio</li><li>- Presentación de trabajos escritos y/o orales</li></ul> <p>La realización de estas actividades será requisito obligatorio para la calificación global</p>		
<b>Calificación final</b>		
<p>La calificación final será el resultado de la media ponderada de cada uno de los métodos de evaluación según su peso indicado anteriormente:</p> $CFinal = 0.50 \cdot NExam + 0.50 \cdot NOA$ <p>donde <i>NExam</i> es la calificación obtenida en el examen y <i>NOA</i> la correspondiente a Otras Actividades.</p>		



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>		<b>Geofísica Aplicada</b>		<b>Código</b>	606838
<b>Materia:</b>	Aplicaciones de la Geofísica	<b>Módulo:</b>	Física de la Tierra		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4.6	1.4
<b>Horas presenciales</b>	45	20	25

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Fátima Martín Hernández			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	214 - 4ª Planta	<b>e-mail</b>	fatima@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L M	09:00- 10:30 10:30- 12:00	Fátima Martín Hernández	2º Semestre	20	FTAA-I

### Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Lab. Alumnos dep. FTAAI	26 y 27 Febrero 12, 13 y 19 Marzo 9, 10 y 16 de Abril 7 y 8 de Mayo 21, 22 y 29 de Mayo	Fátima Martín Hernández	19.5	FTAA-I
	salidas campo	A determinar según condiciones meteorológicas	Fátima Martín Hernández	5.5	FTAA-I

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Fátima Martín Hernández	J: 10:00-13:00	fatima@ucm.es	Dcho: 214 -4ª Planta

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Tras la adquisición de los conocimientos de esta asignatura, el alumno estará capacitado para la aplicación de los métodos geofísicos dirigida a la búsqueda de recursos naturales de otras estructuras superficiales relacionadas con la ingeniería civil, la arqueología o la delimitación de zonas contaminadas.

### Competencias de la asignatura

CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CE1, CE2, CE3, CE4, CE4, CE5, CE5, CE6, CE7

### Resumen

Métodos de Exploración Geofísica. Métodos electromagnéticos: tomografía eléctrica; calicateo electromagnético; sondeos magnetotelérfico; geo-radar. Métodos gravimétrico y magnético. Métodos sísmicos: método de reflexión y de refracción.

### Conocimientos previos necesarios

Los conocimientos previos de alumnos admitidos dentro del master son suficientes para el seguimiento del curso.

### Programa de la asignatura

**Programa teoría (20 horas):**

1. **Introducción.** *Revisión histórica. Visión general de las áreas de aplicación de métodos geofísicos, prospección del petróleo, arqueología, ingeniería civil, etc.*
2. **Propiedades físicas de materiales terrestres.** *Velocidad sísmica, densidad, porosidad, imanación inducida y remanente, resistividad del terreno.*
3. **Modelos directos y modelos inversos.** *Introducción a técnicas de inversión. Inversa generalizada. Descomposición en valores singulares. Mínimos cuadrados con factor de amortiguamiento.*
4. **Métodos gravimétricos.** *Anomalía gravimétrica y corrección gravimétrica. Anomalías de cuerpos sencillos. Interpretación de mapas de anomalías.*
5. **Métodos magnéticos.** *Muestreo y correcciones. Gradiómetros. Procesado, reducción al polo.*
6. **Métodos electromagnéticos.** *Calicatas. Perfiles de resistividad eléctrica. Principales configuraciones de electrodos. Tomografía eléctrica. Métodos magnetotelúricos.*
7. **Georadar.** *Información a partir de las diferencias respuestas a frecuencias. Procesado básico, transformación tiempo-profundidad, migración.*
8. **Métodos sísmicos.** *Reflexión y refracción sísmica. Métodos de sísmica pasiva.*

**Programa de prácticas (25 horas):**

P1: Técnicas de inversión, inversión de datos geofísicos y elaboración de modelos 2D (26 y 27 febrero).

P2: Medidas gravimetría, gravímetro. Medida con un gravímetro y cálculo de anomalías gravimétricas a partir de bases de datos y datos experimentales. Interpretación de resultados (12, 13 y 19 Marzo. Salida al campo y Laboratorio de Alumnos 216: LA)

P3: Medidas magnéticas, magnetómetro de protones. Medida y cálculo de anomalías magnéticas y modelado; reducción al polo (9 , 10 y 16 Abril. Salida al campo y LA).

P4. Medidas electromagnéticas de resistividad. Cálculo y procesado de modelos de resistividad del subsuelo (7 y 8 de Mayo LA).

P5: Aplicaciones geotécnicas y arqueológicas del georadar. (21 y 22 de Mayo). Salida al campo y LA),

P6: Sismología aplicada, sísmica de refracción (29, Mayo. Salida al campo y LA).

Las prácticas se realizarán en el horario de clase de los días indicados. Algunas de las prácticas son de campo y no se realizarán íntegramente en el LA 216, Dep. Geofísica, pudiendo haber alguna variación en el cronograma dependiendo de las condiciones meteorológicas.

**Bibliografía**

<b>Básica</b>		
Telford, W.M., L.P. Geldart and R. E. Sheriff, 1990, <i>Applied Geophysics</i> , Society of Cambridge University Press.		
Milsom, J. J., and Eriksen. A. <i>Field Geophysics (Geological Field Guide)</i> , 2011, Willey and Sons, 304 pag.		
Lowrie, W., 2007, <i>Fundamentals of Geophysics</i> , Cambridge University Press		
Udías A. y J. Mezcua, 1996, <i>Fundamentos de Geofísica</i> , Ed. Alianza		
<b>Complementaria</b>		
Burger, H.R., Sheehan, A.F. y Graig. H., 2006, <i>Introduction to applied Geophysics: Exploring the Shallow Subsurface</i> , WW Norton & Co, 622 pag.		
John M. Reynolds, 2011, <i>An Introduction to Applied and Environmental Geophysics</i> , Wiley-Blackwell, 712 pag.		
<b>Recursos en internet</b>		
Campus virtual, enlaces de interés para la asignatura.		
<b>Metodología</b>		
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lecciones de teoría, tres bloques introductorios a la asignatura como base para continuar con la asignatura, inminentemente práctica. Lecciones de teoría en cada bloque temático.</li> <li>▪ Trabajos prácticos de laboratorio en el aula de informática y trabajo práctico de adquisición de datos. Estas dos últimas actividades descritas serán impartidas en el horario de clase de la asignatura.</li> </ul>		
Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. Con un programa de 15 semanas y 20h teóricas y 25 h prácticas, se calcula una clase teórica por bloque temático (excepto temas 2 y 3 que necesitan 2) y tres clases prácticas por bloque temático.		
La propuesta de problemas y prácticas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual y la aplicación directa de instrumentos de medida.		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte práctica de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolución de problemas a lo largo del curso</li> <li>• Realización de prácticas y/o trabajos en grupo o individuales con elaboración de memorias y exposición de resultados</li> </ul>		

- Presentaciones orales por parte de los alumnos de artículos de investigación recientes publicados en revistas científicas de calidad

**Calificación final**

La calificación final será:

$$N_{Final} = 0.5N_{Exámen} + 0.5 N_{OtrasActiv.}$$



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2015-16)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Prácticas en Empresa (PE)</b>	<b>Código</b>	606841	
<b>Materia:</b>	PE	<b>Módulo:</b>	PE	
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b> 1ºo 2º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	6		
<b>Horas presenciales</b>	15		

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Fátima Martín Hernández			<b>Dpto:</b>	FTAA-I
	<b>Despacho:</b>	102- 4ª planta	<b>e-mail</b>	fatima@ucm.es	

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

La realización de Prácticas en Empresa permitirá evaluar el carácter práctico de los conocimientos que se van adquiriendo en el Máster, particularizados para la actividad profesional desarrollada en la empresa en que se realicen dichas prácticas. Además, permitirá al alumno profundizar, analizar y desarrollar temas específicos de las materias impartidas en el Máster. Finalmente el alumno desarrollará la capacidad de aplicar las habilidades y competencias adquiridas durante los estudios del Máster a situaciones concretas y nuevas, siendo capaz de redactar una Memoria y hacer una defensa oral de ésta.

### Contenidos

Las prácticas en Empresa se podrán realizar sobre temas de interés para el estudiante dentro del ámbito profesional de la Meteorología y/o Geofísica. En éstas prácticas el alumno tendrá la oportunidad de realizar una aplicación concreta de los conocimientos teórico/prácticos a aquellas situaciones de interés para las empresas u organismos que desarrollan actividad profesional en el ámbito de la Meteorología y/o Geofísica. El tutor deberá aprobar el tema de trabajo y asesorar al estudiante en su realización.

Las prácticas se podrán realizar en Empresas, Organismos Públicos de

Investigación y centros con los que el Máster tenga firmado un convenio con la UCM.

### Competencias de la asignatura

CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG1, CG2, CG3, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CE1, CE2, CE3, CE4, CE7

### Sistema de evaluación

Tras la realización de las prácticas en la institución externa, los estudiantes deberán realizar una memoria con una extensión máxima de 25 páginas que puede estar supervisadas por el tutor UCM. Deberán también hacer llegar a la comisión una versión digital que puede contener anexos.

El alumno realizará una defensa pública del trabajo frente a un tribunal conformado por tres de los seis profesores que constituyen la Comisión Coordinadora del Máster en Meteorología y Geofísica. La Comisión está constituida por los Prof. F. Martín, A.M. Negrodo, B. Rodríguez, M. Mattesini, M. Montoya y G. Maqueda

En la nota final de la asignatura, el tribunal tiene en cuenta la calidad de la memoria, el informe confidencial del tutor en la empresa y la defensa y exposición del trabajo.



## MASTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Trabajo Fin de Máster (TFM)</b>	<b>Código</b>	606840		
<b>Materia:</b>	TFM	<b>Módulo:</b>	TFM		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Problemas Seminarios	Prácticas
<b>Créditos ECTS:</b>	12		
<b>Horas presenciales</b>	56		

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Todos los Doctores del ámbito de la Meteorología y la Geofísica (área del Conocimiento de Física de la Tierra) de los Dep. FTAAl y FTAAlI. Posibles co-tutores externos			Dep. FTAAl y FTAAlI

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<p>Según el Real Decreto 1393/2007 las enseñanzas del Máster concluirán con la elaboración y defensa pública del Trabajo Fin de Máster (TFM). El TFM es un elemento formativo esencial que, con una carga de 12 ECTS, exige al alumno una gran dedicación y permite a los estudiantes acreditar la adquisición de los conocimientos y competencias asociados al título, mediante el desarrollo de un trabajo de investigación dirigido por uno o varios profesores de la UCM con grado de Doctor. Asimismo, el TFM podrá ser codirigido con profesores externos a la UCM y profesionales de empresas u organismos públicos relacionados con la Meteorología y la Geofísica.</p> <p>Al finalizar el TFM el alumno habrá adquirido capacidad para iniciar y desarrollar proyectos de investigación, para integrar herramientas teóricas, experimentales y de simulación, para trabajar de manera autónoma, gestionando de manera eficaz los recursos disponibles, así como para evaluar</p>

críticamente los resultados de su propio trabajo.  
Se fomentará la participación de empresas y centros públicos y privados de investigación en la dirección de TFM. De este modo, la oferta de trabajos de investigación que hagan los departamentos universitarios implicados en el Master se verá enriquecida por la participación de centros externos a la UCM y una parte significativa de los alumnos podrán incluir en su curriculum una experiencia de gran valor. En el caso de participar personal externo a la UCM deberá acreditar una experiencia probada en la temática de TFM.  
La Comisión Coordinadora del Máster en Meteorología y Geofísica asignará a cada estudiante matriculado un tutor de TFM. El tema del TFM corresponderá a alguna de las líneas de investigación que se desarrollen en los departamentos responsables del Máster o afines. La asignación definitiva de TFM se publicará en la página web del Máster.  
El Tribunal calificador o Comisión del TFM estará integrado, al menos, por 3 profesores de La Comisión Coordinadora del Máster pudiéndose publicar dos tribunales, uno por cada itinerario.

### Competencias de la asignatura

CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CG3, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT4, CT6, CT7, CE2, CE3, CE5, CE7

### Contenidos

Esta materia pretende el desarrollo por parte del alumno de un trabajo original en el ámbito de una de las asignaturas del programa del Máster en Meteorología y Geofísica. Los TFM podrán tener un perfil investigador, realizándose en el ámbito de la Universidad o centros de investigación con los que se tiene estrecho contacto o bien un perfil profesional realizándose en colaboración con empresas o instituciones con algunas de las cuales se tienen firmados convenio específicos para este tema (ver punto 2.1 de 'Justificación del Título'). El estudiante llevará a cabo una defensa pública de su TFM en las fechas que se establezcan para cada una de las dos convocatorias existentes en cada curso académico.

### Sistema de evaluación

Los estudiantes deberán elaborar una memoria de extensión máxima de 25 páginas que deberá a su vez contar con el visto Bueno de los directores del trabajo. Deberán proporcionar además una versión digital que puede conter anexos.

El alumno realizará una defensa pública del trabajo frente a un tribunal conformado por tres de los seis profesores que constituyen la Comisión Coordinadora del Máster en Meteorología y Geofísica. La defensa constará de una exposición de 10 min y un período de preguntas también de 10 min. La Comisión está constituida por los Prof. F. Martín, A.M. Negro, B. Rodríguez, M. Mattesini, M. Montoya y G. Maqueda.

Los miembros del tribunal pedirán a los tutores la elaboración de un informe confidencial sobre el desarrollo del trabajo que deberá entregarse en el momento de la entrega de la memoria .

En la nota final de la asignatura, el barémo a utilizar es el siguiente:

- Estructura y Calidad de la Memoria (30%)

- Desarrollo del trabajo (40%)
- Presentación oral y defensa del trabajo (30%)

## 4. Adaptación de los estudios del Máster en Geofísica y Meteorología al Máster en Meteorología y Geofísica

Con el fin de adaptar los estudios del Máster en Geofísica y Meteorología a la nueva titulación de Máster en Meteorología y Geofísica se establecerán los siguientes procedimientos:

1. Aquellos estudiantes del Máster en Geofísica y Meteorología que hayan superado 90 ECTS (incluyendo los 30 ECTS obligatorios) en asignaturas del plan de estudios vigente en el curso 2012-13 en la UCM, podrán obtener el título de Máster en Meteorología y Geofísica tras realizar el Trabajo Fin de Máster.

2. Aquellos estudiantes que, sin cumplir las condiciones del punto anterior, quieran adaptar sus estudios parciales del Máster en Geofísica y Meteorología al Máster en Meteorología y Geofísica verán reconocidos los créditos superados en el Máster en Geofísica y Meteorología por los de Materias del Máster en Meteorología y Geofísica de acuerdo con la Tabla de equivalencias que se incluye a continuación. Para la aplicación de estas adaptaciones se seguirá el siguiente reglamento:

a) Para aquellas Materias del Máster en Meteorología y Geofísica en las que se especifican dos o más posibles asignaturas del Máster en Geofísica y Meteorología, cualquiera de estas últimas puede ser utilizada para la adaptación a la Materia en el Máster en Meteorología y Geofísica.

b) Para poder obtener el título de Máster en Meteorología y Geofísica, el estudiante deberá poder adaptar (o cursar y superar en el nuevo Plan) los 48 ECTS de Materias del Máster en Meteorología y Geofísica. Para poder obtener la Especialidad en Física de la Atmósfera o en Física de la Tierra, el estudiante deberá poder adaptar (o cursar y superar en el nuevo Plan) los 36 ECTS obligatorios correspondientes a cada una de las Especialidades.

c) En cualquier caso, en la adaptación del Máster en Geofísica y Meteorología, los estudiantes habrán de cursar el Trabajo Fin de Máster previamente a la obtención del título de Máster en Meteorología y Geofísica.

d) Una Comisión designada al efecto resolverá los posibles conflictos que puedan surgir en la aplicación de la Tabla de equivalencias.

### **Tabla de equivalencias**

Máster en Meteorología y Geofísica	Máster en Geofísica y Meteorología
Asignaturas	Asignatura
Meteorología Física	Termodinámica de la Atmósfera o Física de Nubes
Dinámica Atmosférica	Dinámica Atmosférica o Ampliación de Dinámica Atmosférica
Física del Clima	Física del Clima
Campo de Gravedad de la Tierra	Gravimetría
Campo Magnético de la Tierra	Geomagnetismo Campo Externo o Campos constituyentes del Magnetismo Terrestre
Propagación de Ondas Sísmicas	Ondas Sísmicas o Sismología
Modelización Numérica	Predicción Numérica
Técnicas Aplicadas a la Meteorología	Sin equivalencia
Micrometeorología	Física Atmosférica o Micrometeorología y Contaminación Atmosférica
Oceanografía Física	Oceanografía Física
Variabilidad Climática	Variabilidad Climática en el Atlántico Norte
Dinámica del Interior de la Tierra	Geofísica Interna o Estructura y Dinámica Litosférica
Sismología Avanzada	Sismicidad y Riesgo Sísmico o Física del Foco Sísmico y Sismotectónica
Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas	Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas
Geofísica Aplicada	Prospección Geofísica Sísmica y Gravimétrica o Prospección Geofísica Electromagnética
Física Planetaria	Sin equivalencia
Prácticas en Empresa	Sin equivalencia

## 5. Calendario Académico y Fechas de Examen



### UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Calendario Académico del Curso 2017/2018

2017

Septiembre - Octubre							
L	M	X	J	V	S	D	
25	26	27	28	29	30	1	
2	3	4	5	6	7	8	
9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	
23	24	25	26	27	28	29	
30	31						

Noviembre							
L	M	X	J	V	S	D	
		1	2	3	4	5	
6	7	8	9	10	11	12	
13	14	15	16	17	18	19	
20	21	22	23	24	25	26	
27	28	29	30				

Diciembre							
L	M	X	J	V	S	D	
				1	2	3	
4	5	6	7	8	9	10	
11	12	13	14	15	16	17	
18	19	20	21	22	23	24	
25	26	27	28	29	30	31	

2018

Enero							
L	M	X	J	V	S	D	
						7	
8	9	10	11	12	13	14	
15	16	17	18	19	20	21	
22	23	24	25	26	27	28	
29	30	31					

Febrero							
L	M	X	J	V	S	D	
			1	2	3	4	
5	6	7	8	9	10	11	
12	13	14	15	16	17	18	
19	20	21	22	23	24	25	
26	27	28					

Marzo							
L	M	X	J	V	S	D	
			1	2	3	4	
5	6	7	8	9	10	11	
12	13	14	15	16	17	18	
19	20	21	22	23	24	25	
26	27	28	29	30	31		

Abril							
L	M	X	J	V	S	D	
						1	
2	3	4	5	6	7	8	
9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	
23	24	25	26	27	28	29	
30							

Mayo							
L	M	X	J	V	S	D	
		1	2	3	4	5	
6	7	8	9	10	11	12	
13	14	15	16	17	18	19	
20	21	22	23	24	25	26	
27	28	29	30	31			

Junio							
L	M	X	J	V	S	D	
				1	2	3	
4	5	6	7	8	9	10	
11	12	13	14	15	16	17	
18	19	20	21	22	23	24	
25	26	27	28	29	30		

Julio							
L	M	X	J	V	S	D	
						1	
2	3	4	5	6	7	8	
9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	
23	24	25	26	27	28	29	
30	31						

Agosto							
L	M	X	J	V	S	D	
			1	2	3	4	
5	6	7	8	9	10	11	
12	13	14	15	16	17	18	
19	20	21	22	23	24	25	
26	27	28	29	30	31		

Septiembre							
L	M	X	J	V	S	D	
					1	2	
3	4	5	6	7	8	9	
10	11	12	13	14	15	16	
17	18	19	20	21	22	23	
24	25	26	27	28	29	30	

25/9/2017 y 12/9/2018 Inicio clases

26 Sto. Tomás de Aquino 10 S. Alberto Magno

Periodos de exámenes    Periodos no lectivos    Fin plazo entrega actas  
 Exámenes parciales de 1º Grado en Física    Tribunales Trabajos Fin de Grado en Física / Ingenierías

Dado que el Rectorado ha decidido aplicar el nuevo calendario para 2018-19, este ya incluye los traslados de periodos de examen (septiembre a julio) previstos para tal caso en Junta de Facultad del 14/7/2017.

Aprobado en Junta de Facultad del 14-7-2017. Una vez que se publiquen en el BOE y en el BOCM las correspondientes normas sobre días festivos para el próximo año 2018, tanto de ámbito nacional, autonómico y local, se reflejarán en este calendario

Periodos de clases y exámenes	
Clases Primer Semestre:	del 25* de septiembre al 21 de diciembre de 2017 y del 8 de enero al 19 de enero de 2018
Exámenes Primer Semestre (febrero):	del 22 de enero al 12 de febrero de 2018
Clases Segundo Semestre:	del 13 de febrero al 22 de marzo de 2018 y del 3 de abril al 1 de junio de 2018
Exámenes Segundo Semestre (junio):	del 4 al 26 de junio de 2018
Exámenes Segunda Convocatoria (septiembre)	del 6 al 13 de Julio, y 3 al 11 de septiembre de 2018 <sup>1</sup>

\*La apertura del curso académico se celebrará el día 29 de septiembre, siendo día lectivo.

Festividades y días no lectivos	
12 de octubre	Fiesta Nacional
1 de noviembre	Festividad de Todos los Santos
9 de noviembre	Madrid, festividad de La Almudena
10 de noviembre	San Alberto Magno
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
8 de diciembre	Festividad Inmaculada Concepción
26 de enero	Santo Tomás de Aquino
1 de mayo	Día del Trabajo
2 de mayo	Festividad Comunidad de Madrid
15 de mayo	Madrid, festividad de San Isidro
Del 22 de diciembre al 5 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 23 de marzo al 2 de abril	Vacaciones de Semana Santa
Del 23 de julio al 31 de agosto	Vacaciones de Verano

Calendario aprobado por la Comisión Permanente del Consejo de Gobierno en su sesión de 2 de junio de 2017, sin perjuicio de lo que el calendario laboral establezca en relación con los días inhábiles. Los periodos no lectivos han sido establecidos en el calendario de organización docente oficial del curso académico 2017-2018, aprobado por Acuerdo del Consejo de Gobierno en su sesión de 28 de febrero de 2017.

<sup>1</sup> Dado que el Rectorado ha decidido aplicar el nuevo calendario para 2018-19, éste ya incluye los traslados de periodos de examen (septiembre a julio) previstos para tal caso en Junta de Facultad del 14/7/2017

Las fechas de exámenes se pueden consultar en la página web de la Facultad de Ciencias Físicas.

<http://fisicas.ucm.es/data/cont/docs/18-2017-10-06-Masters.pdf>

## Calendario de Exámenes

Consultar la Página Web de la Facultad para el calendario de exámenes