Curso | 2022-2023

Guía Docente del Máster en Meteorología y Geofísica

Facultad de Ciencias Físicas

Universidad Complutense de Madrid

Versión 2.4 – 19/01/2023

APROBADA EN JUNTA DE FACULTAD EL 29 DE JUNIO DE 2022

Contenido

1. Información y Estructura del Plan de Estudios 3
1.1. Objetivos del Máster 3
1.2. Acceso y admisión de estudiantes 3
1.3. Transferencia y Reconocimiento de créditos 4
1.4. Estructura general 5
1.5. Asignaturas del Plan de Estudios distribuidas por semestres 8
1.6. Adquisición de competencias 9
2. Tabla de horarios, Aulas y Profesorado. 12
3. Fichas de las Asignaturas 15
Meteorología Física 15
Dinámica Atmosférica 19
Terremotos: prevención y mitigación de daños 27
Procesado, computación y análisis de datos geofísicos 30
Componentes y evolución del magnetismo terrestre 34
Física del Interior de la Tierra y Tectonofísica 38
Circulación de la Atmósfera y el Océano 42
Análisis de Datos en Meteorología 46
Modelización y Predicción 50
Variabilidad y Cambio Climático 54
Meteorología de la Capa Límite 58
Observación Geofísica desde el Espacio 62
Retos en Geofísica 67
Geofísica Aplicada 71
Prácticas en Empresa (PE) 74
Trabajo Fin de Máster (TFM) 76
4. Calendario Académico 78
5. Anexos y enlaces de interés 80
6. Control de Cambios 81

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, formándose 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), más 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 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, en 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 facultan, en el país expedidor del título, para el acceso a enseñanzas de postgrado. El acceso por esta vía no implicará, en ningún caso, la homologación del título previo de que esté en posesión el interesado, ni su reconocimiento a otros efectos distintos que el de cursar las enseñanzas de Máster.

La comisión Coordinadora 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%).
- Currículo 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.

Tabla I: Estructura del Máster en Meteorología y Geofísica

Estructura del Máster en Meteorología y Geofísica			
MÓDULOS	**MATERIAS**	**ASIGNATURAS**	
		1er Semestre	**2º Semestre**
MÓDULO BÁSICO	FUNDAMENTOS DE METEOROLOGÍA	- Meteorología Física - Dinámica Atmosférica - Física del Clima	
	FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA	- Procesado, Computación y Análisis de Datos -Componentes y Evolución del Magnetismo Terrestre - Terremotos: Prevención y Mitigación de Daños	
MÓDULO DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA	METEOROLOGÍA APLICADA	- Análisis de Datos en Meteorología	-Meteorología de la Capa Límite - Modelización y predicción
MÓDULO DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA	CLIMA	- Variabilidad y Cambio Climático	- Circulación de la atmósfera y el océano
MÓDULO DE FISICA DE LA TIERRA	GEOFÍSICA AVANZADA	- Física del Interior de la Tierra y Tectonofísica	- Retos en Geofísica - Observación Geofísica desde el Espacio
	APLICACIONES DE LA GEOFÍSICA		- Geofísica Aplicada
MÓDULO PRÁCTICAS EN EMPRESA	PRÁCTICAS EN EMPRESA	- Prácticas en Empresa	- Prácticas en Empresa
MÓDULO TFM	TRABAJO FIN DE MÁSTER		- Trabajo Fin Máster

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).

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

Estructura del Máster en Meteorología y Geofísica Especialidad en Física de la Atmósfera Asignaturas obligatorias			
MÓDULOS	**MATERIAS**	**ASIGNATURAS**	
		1er Semestre	**2º Semestre**
MÓDULO BÁSICO	FUNDAMENTOS DE METEOROLOGÍA	- Meteorología Física - Dinámica Atmosférica - Física del Clima	
MÓDULO DE FÍSICA DE LA ATMÓSFERA	METEOROLOGÍA APLICADA	- Análisis de Datos en Meteorología	- Meteorología de la Capa Límite - Modelización y Predicción
MÓDULO TFM	TRABAJO FIN DE MÁSTER		- Trabajo Fin Máster

- Para conseguir la **<u>Especialidad en Física de la Tierra</u>** (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).

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

Estructura del Máster en Meteorología y Geofísica Especialidad en Física de la Tierra Asignaturas obligatorias			
MÓDULOS	**MATERIAS**	**ASIGNATURAS**	
		1er Semestre	**2º Semestre**
MÓDULO BÁSICO	FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA	- Procesado, Computación y Análisis de Datos -Componentes y Evolución del Magnetismo - Terremotos: Prevención y Mitigación de Daños	
MÓDULO DE FISICA DE LA TIERRA	GEOFÍSICA AVANZADA	- Física del Interior de la Tierra y Tectonofísica	- Retos en Geofísica - Observación Geofísica de desde el Espacio
MÓDULO TFM	TRABAJO FIN DE MÁSTER		- Trabajo Fin Máster

- **<u>Especialidad General</u>**: 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 créditos del TFM. En este caso, todas las demás asignaturas tendrán un carácter optativo.

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 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 de Física de la Atmósfera (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 curso 2021-2022).

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.

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
606825	Dinámica Atmosférica			OBE	6
606826	Física del Clima			OBE	6
609460	Procesado, Computación y Análisis de Datos	Fundamentos de Geofísica		OBE	6
609461	Componentes y Evolución del Magnetismo			OBE	6
609462	Terremotos: Prevención y Mitigación de Daños			OBE	6
606831	Análisis de Datos en Meteorología	Meteorología Aplicada	Física de la Atmósfera	OBE	6
606833	Variabilidad y Cambio Climático	Clima		OP	6
609463	Física del Interior de la Tierra y Tectonofísica	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
606830	Modelización y predicción	Meteorología Aplicada	Física de la Atmósfera	OBE	6
606832	Meteorología de la capa límite			OBE	6
606834	Circulación de la atmósfera y el océano	Clima		OP	6
609464	Retos en Geofísica	Geofísica Avanzada	Física de la Tierra	OBE	6
609465	Observación Geofísica de desde el Espacio			OBE	6
606838	Geofísica Aplicada	Aplicaciones de la Geofísica		OP	3
606840	Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	OB	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 específica 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. Tabla de horarios, Aulas y Profesorado.

Primer semestre:

	L	M	X	J	V
9:00-10:30	Física del Clima	Procesado, Computación y Análisis de Datos Geofísicos	Física del Interior de la Tierra y Tectonofísica	Procesado, Computación y Análisis de Datos Geofísicos	
10:30-12:00	Variabilidad y Cambio Climático	Terremotos: prevención y mitigación de daños	Componentes y Evolución del Magnetismo Terrestre	Terremotos: prevención y mitigación de daños	Componentes y Evolución del Magnetismo Terrestre
12:00-13:30	Dinámica Atmosférica	Variabilidad y Cambio Climático	Meteorología Física	Física del Clima	Física del Interior de la Tierra y Tectonofísica
13:30-15:00	Meteorología Física	Análisis de Datos en Meteorología	Dinámica Atmosférica	Análisis de Datos en Meteorología	

Segundo semestre:

	L	M	X	J	V
9:00-10:30	Geofísica aplicada	Geofísica aplicada		Circulación de la atmósfera y el océano	Meteorología de la Capa Límite
10:30-12:00	Retos en Geofísica	Retos en Geofísica		Modelización y predicción	Circulación de la atmósfera y el océano
12:00-13:30	Observación Geofísica desde el Espacio	Observación Geofísica desde el Espacio		Meteorología de la Capa Límite	Modelización y predicción

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

Código	Asignatura	Módulo	ECTS	Horario	Aula	Sem	Profesor/a	Dpto.
606824	Meteorología Física	Básico	6	L: 13:30 – 15:00 X: 12:00 – 13:30	M2	1	Encarna Serrano	FTA
606825	Dinámica Atmosférica		6	L:12:00-13:30 X: 13:30 – 15:00	M2	1	Teresa Losada	FTA
606826	Física del Clima		6	L: 9:00 – 10:30 J: 12:00 – 13:30	M2	1	Marisa Montoya	FTA
606831	Análisis de Datos en Meteorología	Física de la Atmósfera	6	M: 13:30-15: J:13:30-15:00	M2	1	Belén Rodríguez	FTA
606830	Modelización y Predicción		6	J: 10:30–12:00 V:10:30–12:00	Sem.3.4	2	Natalia Calvo	FTA
606832	Meteorología de la Capa Límite		6	J: 12:00–13:30 V: 9:00-10:30	Sem.3.4	2	Carlos Yagüe	FTA

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

Código	Asignatura	Módulo	ECTS	Horario	Aula	Sem	Profesor	Dpto.
609460	Procesado, computación y análisis de datos geofísicos	Básico	6	M,J: 9:00-10:30	M2	1	Diego Córdoba	FTA
609462	Terremotos: prevención y mitigación de daños		6	M,J: 10:30-12:00	M2	1	Maurizio Mattesini Elisa Buforn	FTA
609461	Componentes y Evolución del Magnetismo Terrestre		6	X: 10:30-12:00 V:10:30-12:00	M2	1	Mª Luisa Osete	FTA
609463	Física del Interior de la Tierra y Tectonofísica	Física de la Tierra	6	X: 9:00 – 10:30 V:12:00-13:30	M2	1	Ana Negredo	FTA
609464	Retos en Geofísica		6	L,M: 10:30-12:00	Sem.3.4	2	Vicente Carlos Ruiz Elisa Buforn	FTA
609465	Observación Geofísica desde el Espacio		6	L,M: 12:00-13:30	Sem.3.4	2	F. Javier Pavón Javier Fullea	FTA

ASIGNATURAS OPTATIVAS (*):

Código	Asignatura	Módulo	ECTS	Horario	Aula	Sem	Profesor	Dpto
606833	Circulación del Océano y la Atmósfera	Física de la Atmósfera	6	J:9:00-10:30 V:12:00-13:30	Sem. 3.4	2	Irene Polo Marta Ábalos	FTA
606834	Variabilidad y Cambio Climático		6	L:10:30-12:00 M:12:00-13:30	Sem. 3.4	1	Álvaro de la Cámara Jorge Álvarez Blanca Ayarzagüena	FTA
606838	Geofísica Aplicada		6	L, M:9:00-10:30	Sem. 3.4	2	Fátima Martín Juan José Ledo	FTA
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:

Código	Asignatura	ECTS	Código en el Grado en Física
607736	Física de la Atmósfera	6	800511
607737	Física de la Tierra	6	800512
607738	Bases Físicas del Cambio Climático	6	800555
607739	Fundamentos en Meteorología	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

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA
(Curso 2022-2023)

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

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5.6	0.4
Horas presenciales	45	38	7

Profesor/a Coordinador/a:	Encarna Serrano Mendoza		**Dpto.:**	FTA
	Despacho:	04.111.0, 4ª Pl Este	**e-mail**	eserrano@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Periodo/ Fechas**	**Horas**	**Dpto.**
M2	L X	13:30 -15:00 12:00 -13:30	Encarna Serrano Mendoza	1er Semestre	38	FTA

Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**Sesiones(*)**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	Aula 15	19/10/2022; 26/10/2022; 23/11/2022; 30/11/2022 07/12/2022	Encarna Serrano Mendoza	7	FTA

(*)Todas las sesiones son Miércoles. Las franjas horarias son: 12:00-13:30 h excepto la 1ª sesión (19/10/2022) que es **12:00-13:00** h

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
Encarna Serrano Mendoza	M, 12:30-14:00h X 10:30-12:00h	eserrano@ucm.es	04.111.0, 4ª Pl Este

(*) (3h no presenciales): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

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
Principios termodinámicos aplicados al aire no saturado y saturado. Condensación del vapor de agua en la atmósfera. Procesos atmosféricos que producen condensación en la atmósfera. Estabilidad atmosférica. Física de las nubes. Nucleación en fase líquida y fase hielo en las nubes. Crecimiento de gotitas y de cristales de hielo. Formación de la 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. ***Fundamentos de la termodinámica de la atmósfera**: Fases del agua en la atmósfera. Índices de humedad. Ecuación de estado del aire. Ecuaciones termodinámicas del aire no saturado y saturado.* 2. ***Condensación del vapor de agua en la atmósfera**: Condensación atmosférica por enfriamiento o evaporación. Condensación por enfriamiento isobárico: rocío y escarcha; nieblas de radiación, de advección y de mezcla. Condensación por enfriamiento adiabático: nieblas orográficas y nubes.* 3. ***Estabilidad atmosférica**: Criterios de estabilidad en aire no saturado y saturado. Inestabilidad condicional. Inestabilidad convectiva. Análisis de estabilidades mediante el diagrama oblicuo.* 4. ***Formación de nubes:** Nucleación en fase líquida. Núcleos de condensación nubosa. Nucleación en fase hielo por deposición. Nucleación en fase hielo por congelación. Núcleos glaciógenos.* 5. ***Crecimiento de gotitas y de cristales de hielo:** Crecimiento de gotitas por difusión y por captura. Cristalización del hielo. Crecimiento de los cristales de hielo por difusión, acreción y agregación.* 6. ***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.*

Prácticas/Laboratorio (5 sesiones, en horario de clase)
Sesiones 1 y 2: Diagrama oblicuo: determinación de índices de humedad y otros parámetros termodinámicos.
Sesión 3: Estudio termodinámico de la troposfera a partir de sondeos aerológicos.
Sesión 4: Clasificación e Identificación de Nubes.
Sesión 5: Niebla de radiación.

Bibliografía

Básica

- *Iribarne, J.V. & W.L. Godson: Atmospheric Thermodynamics. Reidel Publ. Co., Dordrecht (1992)*
- *Rogers, R.R. & M.K.Yau, M.K: A short course in Cloud Physics. Elsevier (1996)*
- *Young, K.C.: Microphysical Processes in Clouds. Oxford Univ. Press (1993)*

Complementaria

- *Ahrens, C.D.: Meteorology Today. West Publ. Co. (1994, …., 2019)*
- *Stull, R.: Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science. U British Columbia. (2017) https://www.eoas.ubc.ca/books/Practical_Meteorology*
- *Wallace, J.M. and P.V. Hobbs: Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press (2006)*

Recursos en internet

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

http://meteolab.fis.ucm.es

Metodología

• Clases teóricas: se explicarán los principales conceptos de la Termodinámica de la Atmósfera y de la formación de nubes y precipitación.
• Clases prácticas: resolución de problemas y sesiones en laboratorio, como apoyo y complemento de las clases de teoría.

Los contenidos de las clases de teoría se explicarán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. Estas presentaciones, junto con todo el material empleado en clases (problemas, guiones de prácticas en laboratorio, enlaces-e de interés, etc), serán facilitadas al estudiante mediante el Campus Virtual de la asignatura con antelación suficiente.

Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entrega de los problemas e informes de las prácticas de laboratorio propuestos para este fin, en las fechas que determine la profesora. Esta entrega se realizará a través del Campus Virtual.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70 %

Se realizarán un examen tipo test (en horario de clase) durante el curso y un examen final. El examen final comprenderá preguntas cortas de razonamiento teórico-práctico. La calificación final, relativa a exámenes, N_{Final}, se obtendrá de la mejor de las opciones:

$$N_{Final} = 0.3N_{Ex_Test} + 0.7N_{Ex_Final}$$

$$N_{Final} = N_{Ex_Final}$$

donde N_{Ex_Test} es la nota media obtenida en los tests y N_{Ex_Final} es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10.

Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30 %
A lo largo del curso, como parte de la evaluación continua, el alumno entregará de forma individual los problemas e informes de las prácticas (*) en las fechas que indique la profesora. Estas actividades se calificarán conjuntamente de 0 a 10 como $N_{OtrasActiv}$, *tal que los problemas entregados* computarán con un 5% en el total del 30%. (*) La realización de las prácticas y entrega del correspondiente informe son de carácter obligatorio.		
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 exámenes. Se requerirá obtener un mínimo de 4 sobre 10 en la nota del examen final (N_{Ex_Final}) para aprobar la asignatura. La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación, conservando la calificación del examen tipo test realizado durante el curso (N_{Ex_Test}) y la de Otras Actividades ($N_{OtrasActiv}$).		

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA
(Curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Dinámica Atmosférica**		**Código**	606825	
Materia:	Fundamentos de Meteorología	**Módulo:**	Básico		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera	**Curso:**	1º	**Semestre:**	1º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5.6	0.4
Horas presenciales	45	38	7

Profesor/a Coordinador/a:	Teresa Losada Doval		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	**04.107.0- 4º Pl Este**	**e-mail**	tlosadad@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Periodo/ Fechas**	**Horas**	**Dpto.**
M2	L X	12:00-13:30 13:30:15:00	Teresa Losada Doval	1º Semestre	38	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	En el aula	Espaciados a lo largo del curso	Teresa Losada Doval	7	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
Teresa Losada	V: 10.30-13.30 h – con cita previa	tlosadad@ucm.es	**04.107.0- 4º Pl Este**

(*) (3h no presenciales): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
las fuerzas que intervienen en los movimientos atmosféricos y ondas. Estar familiarizado con el movimiento de la atmósfera, como principal componente del sistema climático y con las ecuaciones fundamentales para su estudio en distintas escalas temporales.

Competencias de la asignatura
CB6, CB7, CB10, CG3, CG7, CG8, CT1, CT3, CE2, CE3, CE4, CE5, CE7

Resumen
Fuerzas sobre la tierra en rotación. Conservación de momento, masa y energía. Flujo básico de la atmósfera. Circulación, vorticidad y divergencia. Ondas atmosféricas. Frentes y movimientos verticales. Análisis dinámico de situaciones atmosféricas.

Conocimientos previos necesarios
Mecánica clásica: Sistemas de partículas. Dinámica de rotación. Fuerzas sobre la superficie de la Tierra: gravedad, fuerza de Coriolis. Termodinámica. Leyes fundamentales y aplicación a gases ideales. Mecánica de fluidos. Conocimiento de las fuerzas que actúan sobre fluidos. Cinemática de fluidos. Cálculo vectorial. Cálculo diferencial e integral. Ecuaciones diferenciales. Para las sesiones de laboratorio se recomiendan conocimientos previos de programación.
Programa de la asignatura
1. **Elementos y principios básicos.** Cinemática del fluido. Equilibrio estático de la atmósfera. Derivada total y advección. Aplicaciones del operador nabla. Análisis de escala de los movimientos en la atmósfera. 2. **Fuerzas sobre la Tierra en rotación**. Presión y temperatura como coordenadas verticales. Fuerzas reales y aparentes. 3. **Ecuaciones de conservación de la dinámica atmosférica**. Ecuación de conservación del momento. Ecuación de la energía. Ecuación de continuidad. Movimiento vertical. Aplicación a la interpretación de mapas meteorológicos. 4. **Aplicaciones de las ecuaciones del movimiento**. Coordenadas naturales. Flujos de balance. Viento térmico. Aplicación a la interpretación de mapas meteorológicos. 5. **Ecuación de la vorticidad.** Teoremas de la circulación. Vorticidades relativa y planetaria**.** Vorticidad potencial. Ecuación de la vorticidad**.** Ondas de Rossby**.** Aplicación a la interpretación de mapas meteorológicos. 6. **Aproximación cuasigeostrófica.** Ecuaciones de la energía y la vorticidad. Ecuación de la tendencia del geopotencial**.** Ecuación omega. Aplicación a la interpretación de mapas meteorológicos. 7. **Circulación vertical y formación de frentes**. Características de los frentes de latitudes medias. Frontogénesis. Ecuación de Sawyer-Eliassen. Identificación de frentes en mapas meteorológicos.

Sesiones prácticas:

1. Laboratorio
   - Equilibrio estático de la atmósfera: cálculo de alturas geopotenciales y ecuación hipsométrica.
   - Viento geostrófico y viento térmico.
   - Vorticidad y advección de vorticidad.
2. Interpretación de mapas sinópticos. Casos prácticos.

Bibliografía

Básica

- Holton, 2004, 'An introduction to dynamic meteorology'. Academic Press. 4th edition.
- Martin, 2006, 'Mid-latitude Atmospheric Dynamics´, John Wiley & Sons

Complementaria

- Lindzen, 1990, 'Dynamics in Atmospheric Physics'. Cambridge University Press.
- Vallis, 2006, 'Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Fundamentals and Large Scale Circulation'. Cambridge University Press

Recursos en internet

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

Metodología

Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la dinámica atmosférica, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales y operativas. Parte de las lecciones de teoría se realizarán utilizando clase invertida: se facilitarán con antelación videos explicativos a los alumnos a través del campus virtual y, en las clases presenciales, se trabajarán los conceptos explicados en los videos y se resolverán las dudas que hayan surgido y la resolución de problemas.

Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada.

Las presentaciones de las lecciones, así como la lista de problemas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual.
Cuatro sesiones prácticas. Los alumnos entregarán las correspondientes memorias de las prácticas.
Sesiones prácticas de interpretación de mapas meteorológicos en el aula de teoría.
Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entrega de los distintos casos prácticos de interpretación de mapas meteorológicos propuestos, en las fechas que determine el profesor.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	60%

Periódicamente 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 15% 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 45% en la nota final de la asignatura.

Otras actividades de evaluación	Peso:	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 20% a la calificación final. Los ejercicios prácticos de clase tendrán un peso del 20% en la calificación final.
Calificación final
La calificación final será: $N_{Final} = 0.45\ N_{Exámen\ Final} + 0.15\ N_{Tests} + 0.2 N_{Prácticas} + 0.2 N_{Interpretación_mapas}$ Para poder aprobar la asignatura se necesita una calificación mínima de 4.0 en el examen final.

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA

(curso 2022-2023)

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

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5.6	0.4
Horas presenciales	45	38	7

Profesor/a Coordinador/a:	María Luisa Montoya Redondo		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	**00.319.0 Pl. Baja**	**e-mail**	mmontoya@ucm.es

Teoría/Problemas - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Periodo/ Fechas**	**Horas**	**Dpto.**
M2	L J	9:00-10:30 12:00-13:30	María Luisa Montoya Redondo	1er semestre	38	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	Aula	Espaciados a lo largo del curso	María Luisa Montoya Redondo	7	FTA

(*) Si todos los alumnos disponen de ordenador portátil

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
María Luisa Montoya Redondo	X 9:00-12:00 *	mmontoya@ucm.es	**00.319.0 Pl. Baja**

* 3 h. no presenciales: Horas de tutorías no presenciales a través de correo electrónico y campus virtual en días lectivos

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
El alumno, una vez cursada esta asignatura con aprovechamiento, conocerá los procesos físicos involucrados en 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. Forzamiento radiativo. Balance de energía. El ciclo hidrológico. Ciclos biogeoquímicos relevantes a escala global. Interacciones entre componentes del sistema climático (sistemas acoplados). 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. Es recomendable tener conocimientos de inglés y cursar la asignatura de Análisis de Datos en Meteorología del máster.

Programa de la asignatura
1. El Sistema Climático y sus componentes: Concepto de Sistema climático y de clima. Componentes del sistema climático y sus propiedades relativas al clima. Estados medios observados. Interacciones entre componentes del sistema climático. **2. Balance de energía**: Balance global de energía. Balance de energía en la cima de la atmósfera: variaciones latitudinal y estacional. Efecto invernadero. **3. Transferencia radiativa en la Atmósfera**: Leyes fundamentales de radiación. Radiación solar y terrestre. Absorción radiativa selectiva de la atmósfera. Equilibrio radiativo global. Calentamiento atmosférico por radiación (onda corta y onda larga). Efecto de las nubes en el equilibrio radiativo de la atmósfera. **4. 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. Conexión entre balance de energía y circulación general. **5. El ciclo hidrológico**: Balance hídrico global. Balance hídrico en superficie y sus componentes. Variación latitudinal y anual del balance hídrico en superficie. **6. Ciclos biogeoquímicos relevantes a escala global.** Ciclos de carbono y nitrógeno. Flujos entre componentes del sistema climático. **7. Sensibilidad del clima y mecanismos de retroalimentación**. Retroalimentaciones radiativas, entre el hielo y el albedo, dinámicas, asociadas a las nubes, biogeoquímicas. **8. Cambio climático natural y antropogénico**: Factores de forzamiento. Variabilidad solar. Aerosoles naturales. Erupciones volcánicas y aerosoles estratosféricos. Variaciones orbitales.

Gases de efecto invernadero. Condiciones del suelo.

Prácticas/Laboratorio: 5 sesiones utilizando Python como lenguaje de programación.

- Modelos conceptuales de las componentes del sistema climático.
- Equilibrio radiativo y nubes.
- Insolación y parámetros orbitales.
- Procesos de retroalimentación.

Bibliografía

Básica

- Hartmann, D.L.: Global Physical Climatology. Academic Press Inc. (1994, 2016)
- Peixoto, J.P. & A.H. Oort: Physics of Climate. American Institute of Physics. (1992, 1995).
- Pierrehumbert, Raymond T. Principles of planetary climate. Cambridge University Press (2010)

Complementaria

- Curry, J.A. and P.J. Webster: Thermodynamics of Atmospheres & Oceans. Academic Press (1999).
- 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)
- Understanding Climate Change Feedbacks. National Research Council Staff, Board on Atmospheric Sciences and Climate Staff, Division on Earth and Life Studies Staff, Climate Research Committee, National Research Council, and National Academy of Sciences
- The Global Carbon Cycle. Integrating Humans, Climate, and the Natural World. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) Ser. 62 Ed. Christopher B. Field and Michael R. Raupach, Island Press, 2004

Recursos en internet

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

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

https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/

https://brian-rose.github.io/ClimateLaboratoryBook/home

https://users.physics.ox.ac.uk/~pierrehumbert/PrinciplesPlanetaryClimate/index.html

http://monash.edu/research/simple-climate-model/mscm/overview_i18n.html?locale=EN

http://geosci.uchicago.edu/~rtp1/PrinciplesPlanetaryClimate/Python/pythonPortal.html

Metodología

- 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.

Los estudiantes tendrán que hacer entrega de los informes de las prácticas en las fechas que determine el profesor.

Los contenidos de las clases de teoría se explicarán utilizando presentaciones proyectadas desde el ordenador. Estas presentaciones, junto con todo el material empleado en clase, serán facilitadas

al alumno a través del Campus Virtual de la asignatura con antelación suficiente.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Se realizará un examen final al término del curso que comprenderá preguntas de razonamiento teórico-práctico. La calificación final del examen (N_{Exam}) se valora sobre 10 puntos.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
A lo largo del curso, como parte de la evaluación continua, el alumno realizará otras actividades que se calificarán de 0 a 10 como $N_{OtrasActiv}$, *a saber:* ● Realización de prácticas en el aula de informática y entrega de informes (20%). ● Presentación oral de trabajos (20%) La asistencia a las clases prácticas en el aula de informática será obligatoria salvo causa justificada.		
Calificación final		
La calificación final será: $C_{Final}=0.6N_{Exam}+0.4N_{OtrasActiv}$ donde $N_{OtrasActiv}$ es la calificación correspondiente a Otras Actividades y $N_{Exam\ I}$ la calificación obtenida en la realización de los exámenes. La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento, conservando la calificación de Otras Actividades ($N_{OtrasActiv}$).		

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA

(Curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Terremotos: prevención y mitigación de daños**			**Código**	609462
Materia:	Fundamentos de Geofísica	**Módulo:**	Básico		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	**Curso:**	1º	**Semestre:**	1º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5.7	0.3
Horas presenciales	45	39	6

Profesor/a Coordinador/a:	Elisa Buforn y Maurizio Mattesini		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	04.116.0 4ª Pl. Central **04.109.0. Pl. Este**	**e-mail**	ebufornp@ucm.es mmattesi@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
M2	M	10:30-12:00	Elisa Buforn	Temas 1, 2, 3	19,5	FTA
	J	10:30-12.00	Maurizio Mattesini	Temas 4, 5, 6	19,5	

Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula 1 de Informática (4ª planta)	27 de septiembre, 4 de octubre, 22 noviembre y 13 de diciembre. (en horario de clase 10:30-12:00)	Elisa Buforn Maurizio Mattesini	3 3	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Elisa Buforn	X 10.30 – 13.30 h* *más 3h de tutorías on-line	ebufornp@ucm.es	04.116.0 4ª Pl. Central
Maurizio Mattesini	L 14.00 -17.00 h V 10.00-13.00 h	mmattesi@ucm.es	**04.109.0. Pl. 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 a la generación y propagación de ondas sísmicas.

Competencias de la asignatura
Competencias básicas: CB6, CB7, CB8, CB9, CB10 Competencias Generales: CG3, CG6, CG7, CG8
Resumen
La Tierra como un medio elástico. Ondas internas, teoría de rayos. Ondas superficiales. Oscilaciones libres de la Tierra: modos normales. Terremotos y fallas. Parámetros focales.
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
1. Introducción. *Como se genera un terremoto. Observaciones. Sismómetro. Otro tipo de observaciones.* ***2. La Tierra como un medio elástico.*** *Desplazamientos, esfuerzos y deformaciones. Ecuaciones de continuidad y movimiento. Función de Green, teoremas de reciprocidad y representación. Soluciones de la ecuación de onda: Ondas P y S. Geometría de los desplazamientos. Reflexión y refracción en medios elásticos estratificados.*** ***3. Teoría general de rayos. Ecuación eikonal.*** *Trayectorias de rayos. Curvas dromocronas en Tierra plana y esférica. Energía, expansión geométrica, atenuación.* ***4.- Ondas Rayleigh y Love.*** *Generación de ondas superficiales en medios elásticos estratificados. Características de los desplazamientos de ondas LR y LQ. Dispersión. Oscilaciones libres de la Tierra. Modos normales, esferoidales y toroidales. Ecuación de Sturm-Liouville.* ***5.- El problema inverso.*** *Ecuación de Herglotz-Wiechert: el problema de la no unicidad. Parámetros y modelos globales de Tierra.*** ***6.- Terremotos y fallas. Localización espacio-temporal.*** *Tamaño del terremoto. Momento sísmico escalar, energía y caída de esfuerzos. Terremotos y fallas. Prevención y mitigación de daños de terremotos.* **Práctica 1.-** Procesamiento de sismogramas. Deconvolución instrumental, rotación de componentes, filtrado. **Práctica 2.-** Movimiento de la partícula. Calculo back azimut, ángulo de incidencia. **Práctica 3.-** Parámetros focales. Calculo de magnitud, atenuación de la intensidad con la distancia *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: Ammon, C., A. A. Velasco, T. Lay y T. Wallace (2020). *Foundations of Modern Global Seismology.* Elsevier, Academic Press. Buforn, E., C. Pro y A. Udías (2012), *Solved problems in Geophysics*. Cambridge University Press. Stein, S. y M. Wysession (2003), *An introduction to seismology and Earth structure*. Blackwell.

Udías, A. y E. Buforn (2018), *Principles of Seismology (2ª ed.)*. Cambridge University Press.

Complementaria:

Aki, K. y P. G. Richards (2002), *Quantitative Seismology*. W. H. Freeman, 2ª edición, San Francisco.
Pujol, J (2003), *Elastic wave propagation and generation in Seismolog*y. Cambridge University Press, Cambridge.
H. W. Zhou (2014). *Practical Seismic Data Analysis.Cambridge* University Press,

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 en la inversión de datos sísmicos. Los conceptos teóricos se interpretarán en base a las observaciones (sismogramas)
- 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.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	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.

Otras actividades de evaluación	Peso:	40%

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.

Calificación final

La calificación final será:

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

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

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA
(Curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Procesado, computación y análisis de datos geofísicos**			**Código**	609460
Materia:	Fundamentos Geofísica	**Módulo:**	Básico		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	**Curso:**	1º	**Sem.:**	1º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5.6	0.4
Horas presenciales	45	39	6

Profesor/a Coordinador/a:	Diego Córdoba Barba			**Dpto:**	FTA
	Despacho:	**04.119.04ª Pl. Este**	**e-mail**	dcordoba@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
M2	M J	9:00-10:30 9:00-10:30	Diego Córdoba Barba	1er Semestre	33	FTA
			Diana Núñez Escribano		6	

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula 214	4 de 1.5 horas	Diana Núñez Escribano	6	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Diego Córdoba Barba	M, J de 11:00-12:30(*)	dcordoba@fis.ucm.es	**04.119.04ª Pl. Este**
Diana Núñez Escribano	M, J 11:30 a 13:30 (**)	dianan01@ucm.es	S3

(*) (3h no presenciales): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.
(**) online a la misma hora los miércoles

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 a los campos potenciales de gravedad y magnetismo terrestre y a la propagación de ondas sísmicas en un medio elástico como es la Tierra.

Competencias de la asignatura
CB6, CB7, CB8, CB10, CG3, CG6, CG7, CG8
Resumen
Herramientas matemáticas en Geofísica. Herramientas estadísticas y análisis de series temporales en Geofísica. Uso de programas informáticos aplicados a problemas geofísicos. Modelización y algoritmos de inversión numérica en geofísica. Aplicaciones en geomagnetismo, gravimetría y sismología.
Conocimientos previos necesarios
Se recomienda que el alumnado tenga conocimientos básicos de Física de la Tierra, incluyendo los campos potenciales de gravedad y geomagnético, así como la Física y Estructura de la Tierra sólida. Se recomienda también un conocimiento básico de programación científica.
Programa de la asignatura
1. INTRODUCCIÓN. Diseño y realización de campañas geofísicas. Adquisición y procesado de datos. Bases de datos. Ajuste y representación de observaciones. Introducción al software de representación gráfica GMT. **2. HERRAMIENTAS GEOFÍSICAS PARA PROCESADO DE DATOS**. Señales analógicas y digitales. Convolución y correlación. Uso y aplicación de transformadas. **3. DISEÑO DE FILTROS PARA DATOS GEOFÍSICOS.** Filtros en el dominio de frecuencias y tiempo. Aplicaciones. **4. PROCESADO DE DATOS DE TERREMOTOS.** Sistemas de adquisición. Formatos de datos. Análisis de la relación señal/ruido. Análisis espectral de sismogramas. Corrección de la respuesta del sismómetro. Correlación y autocorrelación de sismogramas. Rotación de componentes de un sismograma. Aplicaciones. **5. PROCESADO DE DATOS DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN.** Metodología de la adquisición y procesado de datos. Edición de trazas. Stacking. Filtrado de datos. Correcciones MO y DMO. Muting. Migración. Procesado τ-p y f-k. Introducción al software de procesado de datos SEISMIC UNIX. Aplicaciones. **6. PROCESADO DE DATOS DE CAMPOS POTENCIALES.** Bases de datos de campos potenciales. Correcciones, interpolación y procesado de datos. Separación de anomalías regional y residual. Análisis de frecuencias de las anomalías. Prolongación ascendente. Cálculo de la segunda derivada. **7. MODELIZACIÓN.** Algoritmos de inversión numérica en Geofísica**.** Aplicaciones. **Prácticas/Laboratorio** (4 sesiones en el Aula de Informática 214, en horario de clase) P1 (20/10).- Uso del programa GMT para la representación gráfica de datos geofísicos P2 (17/11).- Uso del programa SEISMIC UNIX en sísmica de reflexión multicanal. Cálculo de Stacking y correcciones MO y DMO.

P3 (20/11).- Procesado de una sección sísmica de reflexión multicanal. Convolución. Correlación cruzada. Filtros F-K. Análisis de velocidad. Migración.
P4 (18/12).- Procesado de datos de campos potenciales. Filtrado de anomalías. Prolongación ascendente.

Las fechas de las sesiones de prácticas quedan supeditadas al desarrollo del programa.

Bibliografía

Básica:

Öz Yilmaz (2001). ***Seismic data analysis. Processing, Inversion and Interpretation of Seismic Data***. Vol. I. Society of Exploration Geophysics. ISBN 978-I-56080-098-9.
Jacoby, W. y P. L. Smilde (2009), ***Gravity Interpretation. Fundamentals and application of gravity inversion and geological interpretation***. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-85328-2.
Milsom, J. y A. Eriksen (2011). ***Field Geophysics***. Fourth Edition. Wiley. ISBN 978-0-470-74984-5.
Sheriff, R.E. y Lloyd P. Geldart (1995), ***Exploration Seismology***. Cambridge University Press. Second Edition, 1995. ISBN: 0-521-46826-4.
Telford, W. M., L.P. Geldart y R.E. Sheriff (1990), ***Applied Geophysics***, Second Edition. Cambridge University Press.
Timothy, L., y R. Douglas Kaufmann (2013), ***Acquisition and analysis of terrestrial gravity data***. Cambridge University Press. ISBN: 978-1-107-02413-7.

Complementaria:

- E.Buforn, C. Pro y A. Udías. 2012, *Solved problems in Geophysics*. Cambridge University Press.
- J. Wahr. 1996, *Geodesy and gravity, class notes*. Samizdat Press. Golden, Colorado.
- W. Torge. 2001, *Geodesy,* Third edition. Walter de Gruyter. New York. ISBN 3-11-017072-8
- Martin H. Trauth. 2010. MATLAB Recipes for Earth Sciences (Third Edition). Springer Heidelberg Dordrecht, London, New York. ISBN 978-3-642-12761-8. DOI 10.1007/978-3-642-12762-5.

Recursos en internet

Campus virtual UCM
http://www.ign.es
http://bgi.omp.obs-mip.fr/overview
http://agrav.bkg.bund.de/agrav-meta/
http://www.soest.hawaii.edu/gmt/
https://wiki.seismic-unix.org/doku.php

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán las principales técnicas de procesado y análisis de datos geofísicos, basados en series de datos temporales y series de datos espaciales. Se harán aplicaciones a datos de: terremotos, sísmica de reflexión multicanal, sísmica de gran ángulo y campos potenciales para obtener la estructura interna de la Tierra.
- Clases de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas, a fin de 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 en las clases presenciales y por medio del campus virtual.		
Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	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.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40 %
Resolución de problemas a lo largo del curso. Realización de prácticas y/o trabajos en 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.		

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA
(Curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Componentes y evolución del magnetismo terrestre**			**Código**	609461
Materia:	Fundamentos Geofísica	**Módulo:**	Básico		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	**Curso:**	1º	**Semestre:**	1º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5.6	0.4
Horas presenciales	45	39	6

Profesor/a Coordinador/a:	María Luisa Osete López Saioa Arquero Campuzano		**Dpto:**	FTA
	Despachos:	04.115.0 4ª Pl Este 04.205.0 4ª Pl. Central	**e-mail**	mlosete@ucm.es sacampuzano@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Periodo/ Fechas**	**Horas**	**Dpto.**
M2	X y V	10:30 – 12:00	M.L. Osete	Todo el primer semestre	39	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	Aula 1	5/10/2022 02/11/2022 30/11/2022 14/12/2022(*)	Saioa Arquero Campuzano	6	FTA

(*) solicitado al Aula de Informática. Pendiente de confirmar

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
M.L. Osete S. Arquero Campuzano	X: 15.00-18.00(*) M-J: 15:30-17:30	mlosete@ucm.es sacampuzano@ucm.es	04.115.0 4ª Pl Este 04.205.0 4ª Pl. Central

(*) 3h no presenciales: horas de tutorías no presenciales a través de correo, campus virtual etc.

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
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. Plasmas. Influencia del Sol sobre la Tierra. Magnetosfera. Ionosfera. Efectos. Variaciones periódicas y no periódicas del Campo Externo. Meteorología espacial.
Conocimientos previos necesarios
Se recomienda que el alumnado tenga conocimientos básicos de Física de la Tierra, incluyendo el campo geomagnético, así como de Física y Estructura de la Tierra sólida.
Programa de la asignatura
1. Campo Magnético de la Tierra. Aproximación histórica. Conceptos fundamentales del electromagnetismo aplicados al estudio del Campo Magnético de la Tierra. **2.** Conceptos básicos de geomagnetismo. Campo dipolar. Coordenadas geomagnéticas. Polos geomagnéticos. Polos virtuales. **3.** Magnetismo de la materia. Magnetización remanente e inducida. Imanación de monodominios. Teoría de Néel. **4.** Fuentes del campo magnético terrestre. Campos constituyentes. Observación y medida del campo magnético. Técnicas de medida. Magnetómetros. Campo local y anomalías magnéticas. **5.** Campo Principal. Variación secular y paleosecular; excursiones e inversiones del campo principal. Jerks. Modelos del campo principal. **6.** Origen del campo principal. Magnetohidrodinámica. Ecuación de inducción magnética. Efectos Alpha y omega. Principales números magnéticos adimensionales. Modelos de geodinamo. Dinamos que se autoinvierten. Estado actual del tema y retos futuros. **7.** Campo Externo; características fundamentales. Plasmas. Movimientos de partículas cargadas en plasmas. Invariantes adiabáticos. **8.** Influencia del Sol sobre el Campo Magnético de la Tierra: viento solar y Campo Magnético Interplanetario (IMF). Formación de la Magnetosfera. Cinturones de Van Allen. **9.** Ionosfera: Formación, observación y evaluación de su estado. Parámetros y Modelos ionosféricos. Fenómenos en la ionosfera: Auroras y Airglow. Efectos ionosféricos sobre la transmisión de ondas electromagnéticas y los Sistemas de Navegación y Posicionamiento Satelital (GNSS). Influencia de terremotos, tsunamis y huracanes sobre la ionosfera. Aplicaciones. **10.** Origen y características de las Variaciones Periódicas del Campo Externo. Variaciones no periódicas del Campo Externo: índices de perturbación. Tormentas geomagnéticas y Sistemas de Alerta. Meteorología Espacial (Space Weather). Fenómenos luminosos transitorios (TLEs) y fenómenos magnetosféricos. **11.** Campos magnéticos Planetarios.

Prácticas
Práctica 1. Medida del campo magnético. Magnetómetros. Campo anómalo
Práctica 2. Modelado del campo geomagnético
Práctica 3. Tormentas magnéticas
Práctica 4. Campos Magnéticos Planetarios

Bibliografía

Básica:

Campbell, W.H. (1997), *Introduction to Geomagnetic Fields*. Cambridge Univ. Press.
Merril, 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.
Schuber, G. (2015) Teatrise on Geophysics (capítulos 5 y 8). Elsevier. Amsterdam

Complementaria:

Evans, M.E. and F. Heller (2003), *Environmental Magnetism*. Academic Press. Elsevier Science.
Jacobs, J.A. -Editor- (1991), *Geomagnetism*. Academic Press, New York.

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 pizarra y medios audiovisuales. Los contenidos principales de las clases teóricas así como la lista de problemas serán facilitados al alumno por medio del campus virtual con antelación suficiente.

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.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	60 %

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:	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: NFinal =0.6*NExamen + 0.4*NOtrasActiv donde NExamen y NOtrasActiv son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA
(Curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Física del Interior de la Tierra y Tectonofísica**			**Código**	609463
Materia:	Geofísica Avanzada	**Módulo:**	Física de la Tierra		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	**Curso:**	1º	**Sem.:**	1º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5	1
Horas presenciales	45	30	15

Profesor/a Coordinador/a:	Ana Mª Negredo Moreno			**Dpto:**	FTA
	Despacho:	**04.114.0 4º Pl. Este**	**e-mail**	anegredo@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Periodo/ Fechas**	**Horas**	**Dpto.**
M2	X V	9.00 – 10.30 12.00 – 13.30	Ana Negredo Moreno	1er Semestre	30	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	Lab de alumnos (216) Dp. FTA /Aula-M2	Los viernes desde 7/10/2022 al 9/12/22 (10 sesiones)	Ana Negredo Moreno	15	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
Ana Negredo Moreno	Martes de 10:00 a 11:00 y Miércoles de 11:00 a 13:00 (*)	anegredo@fis.ucm.es	**04.114.0 4º Pl. Este**

(*) 3h no presenciales: horas de tutorías no presenciales a través de correo, campus virtual etc.

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

Competencias de la asignatura
CB6, CB7, CB9, CB10, CG1, CG2, CG3, CG4, CG6, CG7, CG8, CT1, CT2, CT3, CT5, CT6, CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7
Resumen
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. Aplicaciones geodinámicas del paleomagnetismo.
Conocimientos previos necesarios
Es conveniente tener conocimientos de Física de la Tierra.
Programa de la asignatura

1. ***Modelos Físicos y Mineralógicos de la Tierra.*** *Modelos 1D de 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. Ecuación de estado. Cambios de fase. Implicaciones geodinámicas de las desviaciones de los modelos 1D.*
2. ***Transporte de calor en la Tierra****.*

   2.1 Transporte de calor en la litosfera. *Ecuación de la conducción. Generación radiactiva de calor. Estado térmico de la litosfera continental y de la oceánica: modelo de espacio semi-infinito vs. modelo de placa.*

   2.2 Transporte de calor en el manto y núcleo*. Equilibrio adiabático gravitacional. Patrones de convección. Modelos del núcleo. Fusión parcial: fundamentos de magmatismo y vulcanismo.*
3. ***Mecánica de fluidos y sus aplicaciones geodinámicas.*** *Ecuaciones de conservación de la masa y del momento para fluidos viscosos. Aplicaciones geodinámicas: viscosidad del manto y ajuste isostático glacial. Convección térmica y número de Rayleigh.*
4. ***Comportamiento mecánico 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.*
5. ***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.*
6. ***Procesos geodinámicos****. Perspectiva histórica. Aportaciones del Paleomagnetismo y de la Sismología. Fuerzas motoras de la tectónica de placas. Velocidad absoluta y relativa de las placas. Extensión y compresión litosférica: formación de cuencas sedimentarias y orógenos.Procesos reciclaje de la litosfera: subducción y delaminación continental. Plumas mantélicas y Puntos Calientes.*

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

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*

Artículos científicos.

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 física 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

Realización de exámenes	Peso:	50%

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

Otras actividades de evaluación	Peso:	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 de 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.

La nota mínima de examen para hacer promedio con otras actividades será 3,5.

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Circulación de la Atmósfera y el Océano**			**Código**	606825
Materia:	Fundamentos de Meteorología	**Módulo:**	Básico		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera	**Curso:**	1º	**Semestre:**	2º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5	1
Horas presenciales	45	30	15

Profesor/a Coordinador/a:	Marta Ábalos Álvarez e Irene Polo Sánchez		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	04.234.0 - 4ª Pl. Central	**e-mail**	mabalosa@ucm.es
	Despacho:	04.104.0 4ª Pl. Este	**e-mail**	ipolo@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Sem.3.4	J V	9:00-10:30 12:00-13:30	Marta Ábalos Álvarez Irene Polo Sánchez	15 h (Circulación de la atmósfera) 15 h (Circulación del océano)	30	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula 15	Espaciadas a lo largo del curso	Marta Ábalos Álvarez (7.5 h) Irene Polo Sánchez (7.5 h)	15	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Marta Ábalos Álvarez	L,M: 15:00-16:30	mabalosa@ucm.es	04.234.0 - 4ª Pl. Central
Irene Polo Sánchez	L: 11:00-13:00 M: 15:00-17:00	ipolo@ucm.es	04.104.0 4ª Pl. Este

(*)2 horas cada profesor de tutorías online por el CV, correo electrónico etc.

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la tí)
Al finalizar el curso el alumno estará familiarizado con las componentes del sistema climático, océano y 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-CB10, CG1-CG3, CG6-CG8, CT1-CT8, CE1-CE7

Resumen
Estructura de la Circulación de la Atmósfera y el Océano Propiedades del agua del mar. Ecuaciones de movimiento. Flujo geostrófico. Vorticidad. Ondas. Interacción océano-atmósfera. Circulación termohalina. Interacción onda-flujo básico y variabilidad interna en la atmósfera y el océano. Propagación de ondas y teleconexiones. Dinámica de las celdas de Hadley y Ferrel. Circulación no zonal.

Conocimientos previos necesarios
Se recomiendan conocimientos previos de Mecánica de Fluidos y Termodinámica Atmosférica. Idealmente el alumno habría cursado anteriormente las asignaturas de Dinámica Atmosférica y Meteorología Física. Para las sesiones prácticas se recomiendan conocimientos previos de programación en Matlab y rudimentos de estadística. Se recomienda conocimientos de inglés.

Programa de la asignatura
Bloque 1: Circulación atmosférica **1. *Mantenimiento de la circulación atmosférica.*** *Circulación media zonal. Transporte Eddy de calor y momento. Eddies transitorios y estacionarios. Variabilidad interna y forzada.* **2. *Dinámica de capas altas.*** *Conservación de la vorticidad y ondas de Rossby. Conversiones barotrópicas y balance energético. Flujos Eddy de momento y forzamiento del jet extratropical. Propagación de ondas forzadas.* **3. *Dinámica baroclina.*** *Conservación de la vorticidad potencial. Energía potencial disponible. Balance energético de un fluido baroclino. Inestabilidad baroclina. Ciclos de vida y ruptura de ondas* **4. *Interacción onda-flujo básico***. *Circulación ageostrófica y forzamiento eddy neto. Flujos de Eliassen-Palm. Circulación media Euleriana y Lagrangiana. Media Euleriana Transformada. Circulación en la atmósfera media. Célula de Brewer-Dobson.* **5. *Circulación tropical.*** *Celdas de Hadley y de Walker. Respuesta de Gill. Fuente de ondas y respuesta remota. Ondas ecuatoriales de Rossby y de gravedad. La oscilación cuasi-bienal.* **Bloque 2: Circulación oceánica** ***6. Ecuaciones básicas del océano.*** *Ecuación de estado del agua de mar. Ecuaciones de continuidad y de momento. Aproximación de Boussinesq y balance hidrostático. Conservación de la Sal. Flujos de calor y de agua dulce. Transporte de calor en el océano.* ***7. Teoría geostrófica.*** *Aproximación Geostrófica. Ecuaciones de viento térmico. Cálculo de corrientes geostróficas con datos de altimetría y con datos hidrográficos.*

8. Fricción y Turbulencia en el océano. *Flujos viscosos. Esfuerzo de Reynolds y su divergencia. Ecuaciones de momento turbulentas. Coeficientes de viscosidad turbulenta. La capa límite de Ekman. Transporte y bombeo de Ekman.*

9. Circulación a gran escala en el océano. *Conservación de la vorticidad potencial Circulación de giros y corrientes frontera oeste. Circulación meridional de Retorno.*

10. Circulación ecuatorial y ondas. *Circulación ecuatorial. Ajuste de Rossby. Ondas de Poincaré, ondas de Kelvin y ondas de Rossby.*

Bloque 3: Interacciones atmósfera-océano

11. Interacciones atmósfera-océano: el ejemplo de ENSO. Interacciones en el trópico y en el extratrópico. El fenómeno de El Niño / Oscilación del Sur (ENSO) como ejemplo paradigmático de los procesos de interacción atmósfera-océano.

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.
- Steward, R, 2008: 'Introduction to Physical Oceanography'. https://earthweb.ess.washington.edu/booker/ESS514/stewart/stewart_ocean_book.pdf
- Philander S. G., 1990, 'El Niño, la Niña and the Southern Oscillation'. Academic Press

Complementaria

- Martin, 2006, 'Mid-latitude Atmospheric Dynamics', John Wiley & Sons.
- Andrews, Holton y Leovy, 1987, 'Middle Atmosphere Dynamics'. Academic Press.
- Pedlosky, 1987, 'Geophysical Fluid Dynamics', Springer, 2nd edition .
- Pond,S.A.; G. L . Pickard, 1983, 'Introduction to Dynamical Oceanography'. Elsevier Ltd.
- Csanady, G. T., 2001, 'Air-sea interaction: laws and mechanisms'. Cambridge University Press.
- Talley, L. D., 2011, 'Descriptive physical oceanography: an introduction'. Academic press.

Recursos en internet

La asignatura dispondrá de una página dedicada en el campus virtual, en la que además de colgar el material docente empleado se enlazará a recursos externos.

http://meteolab.fis.ucm.es

Metodología

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 prácticas donde se aplicarán los conceptos estudiados a datos atmosféricos y oceánicos reales.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	50%

Se hará un examen final que tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas El examen final tendrá un peso del 50% en la nota final de la asignatura.

Otras actividades de evaluación	Peso:	50%

Periódicamente y en horario de clase se podrán realizar ejercicios cortos de tipo test que permitan

evaluar el grado de seguimiento de la asignatura por parte del alumno. La realización de las prácticas con su correspondiente informe es requisito obligatorio para la superación de la asignatura. El total de estas actividades contribuirán con un peso del 50% a la calificación final.
Calificación final
La calificación final será: $N_{Final} = 0.5\ N_{Exámen\ Final} + 0.5\ N_{otras\ actividades}$

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA
(Curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Análisis de Datos en Meteorología**			**Código**	606831
Materia:	Meteorología Aplicada	**Módulo:**	Física de la Atmósfera		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera	**Curso:**	1º	**Semestre:**	1º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5	1
Horas presenciales	45	30	15

Profesor/a Coordinador/a:	Belén Rodríguez de Fonseca		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	04.112.0 4ª Pl. Este	**e-mail**	brfonsec@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Periodo/ Fechas**	**Horas**	**Dpto.**
M2	M J	13:30-15:00 13:30-15:00	Belén Rodríguez-Fonseca	Todo el cuatrimestre	30	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	Aula de clase	M:13:30-15:00 J:13:30-15:00	Belén Rodríguez Fonseca	15	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
Belén Rodríguez Fonseca	M,J: 16:00-18:00(*)	brfonsec@ucm.es	04.112.0 4ª Pl. Este

(*) (3h no presenciales): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Al final con el aprovechamiento de esta asignatura, el alumno sabrá aplicar las principales técnicas estadísticas de análisis de datos en empleadas en la actualidad en meteorología y climatología, incluyendo algunas técnicas de *machine learning.*.

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

Resumen
Técnicas de observación de la atmósfera. Tratamiento de series temporales. Análisis de datos: univariantes y multivariantes.

Conocimientos previos necesarios
Se recomienda que el alumno tenga conocimientos previos de estadística básica, de meteorología aplicada y/o climatología y de programación básica. Se recomienda que el alumno, antes de comenzar la asignatura, siga este curso (cuaderno jupyter): https://drive.google.com/file/d/1c8XZADBCH08k-Iko-oPXiKmBRmjk3bI5/view?usp=sharing Para abrirlo, el alumno deberá tener instalado jupyter notebook (Anaconda) en el ordenador, o, en google, la aplicación google Colaboratory

Programa de la asignatura
1. **Fundamentos básicos de programación.** Programación en Python 2. ***Técnicas de observación****. Sistemas de observación y bases de datos meteorológicas/climáticas. Herramientas para adquisición y lectura de datos.* 3. ***Fundamentos de Estadística:*** *Estadística básica; Inferencia y contraste de hipótesis. Métodos de Bootstrap* 4. ***Representación preliminar de los datos****. Ciclos diario y estacional; histogramas; scatterplots; Perfiles; Hovmoller.* 5. ***Análisis univariante****.; Análisis espectral; Filtros; Extremos; Tendencias.* 6. ***Análisis multivariante I.*** *Análisis de covarianza y correlación; Análisis de regresión; Compuestos.* Métodos de Bootstrap 7. ***Análisis multivariante II.*** *Análisis de Componentes Principales uni y multivariante; Análisis de Covarianza Máxima (MCA), Análisis de Correlación Canónica (CCA).* 8. ***Análisis multivariante III****: Técnicas no lineales; Análisis "cluster". Aplicación a tipos de tiempo.* 9. ***Modelización y predicción estadística****: Regresión lineal múltiple; Predicción usando MCA y CCA Validación Cruzada.* *Se realizarán 4 prácticas como aplicación de los temas del curso.* Las prácticas se realizarán en el Aula los martes o jueves en horario de clase –(13:30-15:00) a partir de la segunda semana de curso. Las prácticas incluyen la programación de los algoritmos en

lenguaje de alto nivel (principalmente Python).

Bibliografía

Bibliografía básica:

- Wilks, D. S. (2011). Statistical methods in the atmospheric sciences (3rd ed., Ser. International geophysics series, v. 100). Elsevier/Academic Press. [Accesible como libro electrónico en la biblioteca UCM]
- Storch, H. von, & Zwiers, F. W. (2001). *Statistical analysis in climate research* (1st pbk. ed. (with corrections). Cambridge University Press. [Accesible como libro electrónico en la biblioteca UCM].
- Shen, S. S., & Somerville, R. C. (2019). *Climate Mathematics: theory and applications*. Cambridge University Press. [Accesible como libro electrónico en la biblioteca UCM].

Bibliografía complementaria

- Gorgas García, J., Cardiel López, N., & Zamorano Calvo, J. (2009). *Estadística básica para estudiantes de ciencias*. Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera, Universidad Complutense de Madrid. [Accesible también como libro electrónico: https://webs.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf]
- Trauth, M. H. (2015). Matlab® recipes for earth sciences (Fourth Edition). Springer. [Accesible como libro electrónico en la biblioteca UCM]
- Mudelsee, M. (2014). Climate time series analysis: classical statistical and bootstrap methods (Second, Ser. Atmospheric and oceanographic sciences library, volume 51). Springer.[Accesible como libro electrónico en la biblioteca UCM]

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:

Open data de AEMET https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio

NOAA https://psl.noaa.gov/data/gridded/tables/daily.html

NOAA National Climatic Data Center (https://psl.noaa.gov/cgi-bin/data/composites/printpage.pl), Centro Europeo de Predicción a Medio y Largo Plazo(www.ecmwf.int)

Climate Reanalyzer (https://climatereanalyzer.org/)

Climate Explorer (https://climexp.knmi.nl/start.cgi)etc.)

Earth Null School (https://earth.nullschool.net/)

https://runebook.dev/es/docs/matplotlib/_as_gen/matplotlib.pyplot.subplots

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 memorias o presentaciones correspondientes a las prácticas y trabajos propuestos para este fin en las fechas que determine el profesor.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50 %
Prueba final Examen		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50 %
• Evaluación de las prácticas realizadas por los alumnos y/o resolución de problemas propuestos		

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.

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA
(Curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Modelización y Predicción**			**Código**	606830
Materia:	Meteorología Aplicada	**Módulo:**	Física de la Atmósfera		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera	**Curso:**	1º	**Semestre:**	2º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5	1
Horas presenciales	45	30	15

Profesor/a Coordinador/a:	Natalia Calvo Fernández		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	00.311.0 Pl Baja Oeste	**e-mail**	nataliac@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Sem .3.4	J V	10:30-12:00 10:30-12:00	Natalia Calvo Fernández	2º semestre	30	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula (por confirmar)	Jueves 10:30-12:00 (10 últimos jueves del cuatrimestre)	Natalia Calvo Fernández	15	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Natalia Calvo Fernández	M: 10:30-13:30 (*)	nataliac@ucm.es	0.311.0 Pl Baja Oeste

(*) (3h no presenciales): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

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

Resumen
Discretización de las ecuaciones fundamentales. Núcleo dinámico. Parametrizaciones de los procesos físicos de sub-malla. Modelos meteorológicos. 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
Tema 1. Conceptos Generales de la Modelización Numérica. *Introducción histórica (desde la predicción del tiempo a la modelización climática). Los orígenes de la predicción numérica del tiempo. Desarrollo de los modelos de circulación general. Aspectos fundamentales de la modelización numérica de la atmósfera y el clima.* ***Tema 2. Discretización numérica de las ecuaciones fundamentales.*** *Clasificación de las ecuaciones diferenciales parciales. Problemas de valores iniciales y de condiciones de contorno. Métodos de diferencias finitas. Representaciones espectrales. Volúmenes finitos.* ***Tema 3. Modelización atmosférica.*** *Núcleo dinámico del modelo: ecuaciones fundamentales en la atmósfera. Aproximaciones: tradicional e hidrostática. Discretización horizontal: tipos de rejillas. El problema del polo. Ecuaciones primitivas en modelos espectrales. Escalabilidad. Coordenadas verticales. Procesos físicos a pequeña escala: parametrizaciones. Turbulencia. Radiación. Convección. Nubes. Microfísica. Fricción debido a la orografía. Ondas de gravedad.* ***Tema 4. Predicción Numérica del Tiempo.*** *Asimilación de Datos. Predicción por conjuntos. Verificación. Predictibilidad.* ***Tema 5. Modelización Climática. Earth System Models.*** *Modelos de atmósfera y océano. Modelización del hielo marino, hielo terrestre, vegetación terrestre, bioquímica terrestre, bioquímica oceánica, química atmosférica. Acoplamientos en los modelos. Integración. Inicialización. Evaluación.* ***Tema 6. Aplicaciones.*** *Experimentos de sensibilidad. Atribución. Predicciones climáticas: fuentes de predictibilidad. Predicciones estacionales y decadales. Simulaciones del clima futuro: predicciones y proyecciones* **Programa práctico (a desarrollar en el aula de informática)** Realización de 2 o 3 sesiones prácticas con un total de 15 horas, de diferentes aplicaciones de la asignatura para un total de 15 horas.

Bibliografía
Gettelman, A., R.B. Rood, 2016, *Demystifying Climate Models*, *A User Guide to Earth System Models*, Springer Open. Goosse, H. ,2015. *Climate system dynamics and modeling.* Cambridge University Press. https://ucm.on.worldcat.org/oclc/940511348 *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://saddleback.atmos.colostate.edu/group/dave/at604.html Santos Burguete, Carlos, 2018, *Física del caos en la predicción meteorológica.* AEMET. Tomkins Warner T., 2011, *Numerical Weather and Climate Prediction*. Cambridge University Press. 550 pp.
Recursos en internet
Campus virtual, donde se pondrán enlaces de interés externos. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/
Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: · Clases teóricas en las que se explicarán los principales conceptos de la simulación numérica del tiempo y del clima utilizando presentaciones proyectadas desde el ordenador. · Sesiones prácticas en el aula de informática que incluirán ejercicios prácticos de simulación numérica con ordenadores y que se evaluarán a través de memorias. Estas prácticas (2 o 3) se realizarán en linux con Python o Matlab y utilizarán un modelo de núcleo dinámico básico (dynamical core) para estudiar la discretización de un modelo, un modelo de clima y uno de predicción. Presentaciones breves basadas en publicaciones científicas con discusión en común. Se facilitará a los alumnos el material de las presentaciones de las clases teóricas por medio del campus virtual.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60 %
Se realizará un examen final al término del curso que comprenderá preguntas de razonamiento teórico-práctico. La calificación final, relativa al examen (N_{Exam}), se valora sobre 10 puntos. Se necesitará obtener un mínimo de 4 sobre 10 para la calificación del resto de actividades.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40 %

- Realización de prácticas de laboratorio y sus memorias correspondientes (25%). Se necesitará obtener un mínimo de 4 sobre 10 para la calificación del resto de actividades.

- Presentación de temas basados en artículos (10%).

Calificación final

La calificación final será el resultado de la media ponderada de cada uno de los métodos de evaluación según s0 peso indicado anteriormente:

$$C_{Final} = 0.65 \cdot N_{Exam} + 0.35 \cdot N_{OA}$$

donde N_{Exam} es la calificación obtenida en el examen y N_{OA} la correspondiente a Otras Actividades

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA
(Curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Variabilidad y Cambio Climático**			**Código**	606834
Materia:	Clima	**Módulo:**	Física de la Atmósfera		
Carácter:	Optativa	**Curso:**	1º	**Semestre:**	1º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5	1
Horas presenciales	45	27	18

Profesor/a Coordinador/a:	Álvaro de la Cámara Illescas		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	04.229.0 4ªPl. Central	**e-mail**	acamarai@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
M2	L M	10:30-12:00 12:00 – 13:30	Jorge Álvarez Solas Álvaro de la Cámara Blanca Ayarzagüena	Bloque 1 (9 h) Bloque 2 (9 h) Bloque 3 (9 h)	27	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	Aula de clase	12 sesiones	Jorge Álvarez Solas (6 h) Álvaro de la Cámara (6 h) Blanca Ayarzagüena (6 h)	18	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Jorge Álvarez Solas	L y X 12:30-13:00 (*)	jorge.alvarez.solas@fis.ucm.es	04.228.0 4ªPl. Central
Álvaro de la Cámara	V 10:00-13:00 (*)	acamarai@ucm.es	04.229.0 4ªPl. Central
Blanca Ayarzagüena	M 16:00-19:00 (*)	bayarzag@ucm.es	04.233.0 4ªPl. Central

(*) (3h no presenciales): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

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 en distintas escalas temporales. Será capaz de distinguir entre el clima y la variabilidad climática y capaz de diferenciar entre la propia variabilidad interna del sistema y la variabilidad externa, incluyendo la aportada por el hombre en el contexto del cambio climático.

Competencias de la asignatura
CB6-10, CG1-3, CG7-8, CT1-4, CT6-8, CE2-4, CE7

Resumen
Escalas temporales de variabilidad climática. Caracterización de la Variabilidad Climática. Variabilidad interna y forzada. Fenómenos acoplados de variabilidad. Forzamientos externos (naturales y antrópicos). Reconstrucción y simulación de la variabilidad. Predicción estacional y decadal. Simulaciones del cambio climático. Proyecciones climáticas e incertidumbres. Detección y atribución del cambio climático. Impactos 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. Variabilidad larga del clima en la historia de La Tierra. Clima y tiempo meteorológico. Componentes del sistema climático y sus escalas características. La paradoja del Sol joven. Ciclo de carbono. Tierra bola de nieve. Retroacción de Walker. Del Cenozoico al Cuaternario. Parámetros orbitales de La Tierra. Ciclos glaciales-interglaciales. Variabilidad sub-orbital y cambios climáticos abruptos. Último milenio. ***2. Variabilidad del clima en el periodo instrumental.*** Forzamiento radiativo externo (solar, volcánico, antrópico) e interno. Variabilidad climática en escalas desde multidecadal a interanual. Mecanismos de conexión océano-atmósfera, trópicos-extratrópicos, estratosfera-troposfera. Modos de variabilidad climática y teleconexiones atmosféricas a escalas global, hemisférica y regional. Predicción climática estacional y decadal. ***3. Cambio climático antrópico:*** Cambios observados en el clima en las últimas décadas. Aplicación de la modelización numérica al estudio del cambio climático. Proyecciones futuras en los forzamientos antrópicos: emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero, aerosoles y ozono. Proyecciones de cambio climático del estado medio y de la variabilidad interna. Incertidumbres. Detección y atribución de cambios: discriminación entre variabilidad interna y variabilidad forzada. Impactos del cambio climático. **Programa de Prácticas.** Se desarrollarán 10 sesiones en el aula de teoría en las que se discutirá literatura científica sobre cada uno de los temas de cada bloque. Además, se realizarán otras dos sesiones prácticas con ordenador en el aula sobre proyecciones de cambio climático con datos del CMIP6. El Departamento de FTA proporcionará portátiles a los alumnos sin ordenador.

Bibliografía

Básica

Hartmann, D. L., 2016: Global Physical Climatology, Academic Press, 485pp [Accesible como libro electrónico en la biblioteca UCM].

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 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.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

Complementaria

Alverson, K., R. Bradley, T. Pederson, 2003: Paleoclimate, Global Change and the Future. Springer

Holton, J. R., 1992: An introduction to dynamic meteorology (3er Edition). 511 pp. Academic Press

Peixoto, J. P. and A. H. Oort, 1992: Physics of Climate, American Institute of Physics, New York, 520 pp.

Kump, L. R., J.F. Kasting, R.G. Crane, 2009: The Earth System (3rd Edition), Prentice Hall, 432 pp.

Rudimann, W. F., 2007: Earth's Climate: Past and Future (2nd Edition). W. H. Freeman Ed, 388 pp.

Durante el desarrollo de la asignatura se proporcionará bibliografía adicional a los estudiantes enfocada a la lectura y análisis de publicaciones científicas.

Recursos en internet

Campus virtual, enlaces de interés para la asignatura.

http://meteolab.fis.ucm.es

https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades:

- clases teóricas utilizando presentaciones powerpoint, que se completarán con la pizarra. Se facilitará a los alumnos el material de las presentaciones de las clases a través del campus virtual.
- elaboración de informes breves sobre publicaciones científicas y exposición oral de dichos trabajos.
- dinámicas de grupo basadas en la discusión de la literatura científica.
- realización de prácticas con datos observados y salidas de modelos de clima para la visualización de fenómenos explicados en clase.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50 %
Se hará un examen final al término del curso que constará de dos partes. La primera será la realización de un informe breve 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 seguido de una discusión con los profesores. La calificación final relativa a los exámenes, *NExam*, se evaluará sobre 10 puntos.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50 %
Los alumnos se agruparán en pequeños grupos y realizarán una labor de discusión de literatura científica sobre temas específicos de un bloque de la asignatura. Además de la elaboración de los informes, los alumnos realizarán una presentación oral. Al final de los bloques 2 y 3, los alumnos entregarán un informe sobre las prácticas realizadas. La realización de estas actividades será requisito obligatorio para aprobar la asignatura.		
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: $CFinal = 0.50 \cdot NExam + 0.50 \cdot NOA$ donde N*Exam* es la calificación obtenida en el examen y N*OA* la correspondiente a Otras Actividades. Para poder hacer esta media será necesario tener mínimo un 4 en NExam.		

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA
(curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Meteorología de la Capa Límite**			**Código**	606832
Materia:	Meteorología Aplicada	**Módulo:**	Física de la Atmósfera		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Atmósfera.	**Curso:**	1º	**Semestre:**	2º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5	1
Horas presenciales	45	30	15

Profesor/a Coordinador/a:	Carlos Yagüe Anguís		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	04.110.0 4ªPl. Este	**e-mail**	carlos@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Periodo/ Fechas**	**Horas**	**Dpto.**
Sem.3.4	J V	12:00-13:30 9:00-10:30	Carlos Yagüe Anguís	2º Semestre.	30	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	A1/ Aula Informática	J- 12:00-13:30 Sesiones de laboratorio. 16/03/2023; 23/03; 13/04; 27/04; 04/05.	Carlos Yagüe Anguís	15	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
Carlos Yagüe Anguís	M- 11:30-14:30 (*)	carlos@ucm.es	04.110.0 4ªPl. Este

(*) (3h no presenciales): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

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 [CGP1].

Programa de la asignatura

1. **Introducción y conceptos fundamentales:** Escalas atmosféricas. Objetivos de la Meteorología de la Capa Límite. Capa Límite Atmosférica (ABL): definición y subcapas. Transporte turbulento. Estructura de la ABL. Aplicaciones de la Meteorología de la Capa Límite.
2. **Balance de Energía Superficial (SEB) y perfiles verticales en la ABL.** Flujos radiativos. Flujos de calor sensible y latente. Flujo de suelo. Perfiles verticales de temperatura, viento y humedad en la ABL. Estabilidad en la ABL y parámetros fundamentales.
3. **Estructura de la Turbulencia: ecuaciones fundamentales.** Flujos viscosos y no viscosos. Flujos laminares y turbulentos. Inestabilidad del flujo y transición a la turbulencia. Generación y mantenimiento de la turbulencia. Características generales de la turbulencia. Ecuaciones fundamentales.
4. **Teorías semiempíricas de la turbulencia.** Ecuaciones de Reynolds: problema del cierre. Teorías del gradiente-transporte: K. Hipótesis de la difusividad turbulenta y de la longitud de mezcla. Teorías de cierre de orden superior.
5. **Teoría de Semejanza en la ABL.** Teoría de Semejanza de Monin-Obhukov (MOST). Hipótesis y relaciones de semejanza. Funciones universales. Datos e instrumentación. Determinación de parámetros turbulentos. Aplicaciones.
6. **Recurso Eólico.** Introducción. Potencia eólica del viento. Perfiles de viento y aprovechamiento eólico. Influencia orográfica.
7. **Contaminación atmosférica y factores meteorológicos.** Introducción. Principales contaminantes: fuentes, sumideros y efectos. Calidad del aire. Mecanismos de dispersión. Categorías de estabilidad. Inversión térmica: ciclo diario. Penachos y factores locales. Dispersión a diferentes escalas.
8. **Dispersión en la Capa Límite Atmosférica.** Factores fundamentales en la dispersión de contaminantes. Aproximación euleriana y lagrangiana. Ecuación de dispersión. Aplicaciones a dispersión de penachos.

Programa de Prácticas.
Se realizará un programa de prácticas principalmente con análisis de datos de variables atmosféricas. Dichas sesiones se podrán realizar utilizando tanto el aula de informática como el aula

tradicional. Las prácticas programadas ocuparán varias sesiones dependiendo de su desarrollo y extensión. Cada práctica finalizará con la elaboración de un informe.

Las prácticas incluyen las siguientes temáticas:

- Análisis del Balance de Energía Superficial (SEB).
- Caracterización de la ABL. Perfiles verticales.
- Cálculo de flujos turbulentos en la ABL. Influencia de la estabilidad atmosférica.
- Calidad del aire-difusión en la ABL.

Horario de clase: 10 sesiones en el mismo horario de clase, 12:00-13:30h, (Aula de clase/ Aula de Informática (7.5 h)). Las sesiones en Aula de Informática serán en las fechas:
16/03//2023; 23/03/2023; 13/04/2023; 27/04/2023; 04/05/2023.

Bibliografía

Básica

- *Arya, S. P. 'Introduction to micrometeorology'. 2 nd Edt. Academic Press.2001.*
- *Stull, R. B. 'An Introduction to Boundary Layer Meteorology'. Kluwer Acad. Pub. 1988.*
- *Jacobson, M.Z. 'Atmospheric pollution'. Cambridge University Press. 2002.*
- *Arya, S. P. 'Air Pollution Meteorology and Dispersion'. Oxford Unv. Pres. 1999.*

Complementaria

- Sorbjan. Z. 'Structure of the Atmospheric Boundary Layer'. Prentice Hall. 1989.
- Stull, R.B. 'Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science'. University of British Columbia. 2017.
- Vilà-Guerau de Arellano, J., van Heerwaarden, C.C., Van Stratum, B. & Van den Dries, K. 'Atmospheric Boundary Layer: Integrating Air Chemistry and Land Interactions'. Cambridge University Press. 2015.
- Foken, T. 'Micrometeorology'. 2 nd Edt. Springer-Verlag. 2017.
- Seinfeld J.H. & Pandis, S.N. 'Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. 3 rd Edt. Wiley. 2016.

Recursos en internet

Campus virtual, enlaces de interés para la asignatura.
Laboratorio virtual de Meteorología y Clima: http://meteolab.fis.ucm.es/

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la Meteorología de la Capa Límite, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales operativas.
- 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.
- Sesiones prácticas en el Aula de Informática (laboratorio).

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 podrán ser facilitadas al alumno por medio del campus virtual.

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.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Se realizará un examen final al término del curso. Comprenderá preguntas tipo test y preguntas cortas de razonamiento teórico-práctico. La calificación final, relativa al examen N_{Exam}, se valorará sobre 10 puntos. Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
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 (5%) El trabajo práctico en las sesiones presenciales de laboratorio programadas que incluyen las memorias de prácticas, es parte de la evaluación continua (35%). Su realización será requisito obligatorio para la calificación de este apartado. La valoración de otras actividades, $N_{OA,}$ será sobre 10 puntos.		

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:

$$C_{Final} = 0.60 \cdot N_{Exam} + 0.40 \cdot N_{OA}$$

donde N_{Exam} es la calificación obtenida en la realización del examen y N_{OA} es la correspondiente a Otras Actividades.

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Observación Geofísica desde el Espacio**			**Código**	609465
Materia:	Geofísica Avanzada	**Módulo:**	Física de la Tierra		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	**Curso:**	1º	**Semestre:**	2º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5	1
Horas presenciales	45	30	15

Profesor/a Coordinador/a:	F. Javier Pavón Carrasco		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	**04.116.0 4ªPl. Este**	**e-mail**	fjpavon@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Sem.3.4	L,M	12.00 – 13.30	F. Javier Pavón Carrasco	Del 23 enero al 13 febrero 2022	12.5	FTA
			Javier Fullea Urchulutegui	Del 6 de marzo al 17 abril 2022	17.5	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula 216 (4º planta) y A.Inf I2.	21, 27 y 28 febrero: 12.00 – 13.30h.	F. Javier Pavón	4.5	FTA
		14 y 20 febrero: 12.00 – 13.30h.	Saioa A. Campuzano	3.0	FTA
		18, 24, 25 abril 8, 9 de mayo: 12.00 – 13.30h	Javier Fullea	7.5	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Francisco Javier Pavón Carrasco	M: 10.30 a 12.00h J: 12.30 a 14.00h (*)	fjpavon@ucm.es	**04.116.0 4ªPl. Este**
Saioa Arquero Campuzano	M-J: 15:30-17:30	sacampuzano@ucm.es	04.205.0 4ªPl. Central

Javier Fullea Urchulutegui	X: 11.00 a 12.00h V: 10.00 a 12.00h (*)	jfullea@ucm.es	04. 236.0, 4ª Pl. Central

(*) (3h no presenciales): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Tras cursar con aprovechamiento esta materia, el alumno conocerá los principales procesos dinámicos que ocurren en el interior de la Tierra y los mecanismos que los originan, así como el proceso de generación y ocurrencia de los terremotos y la información que aportan para conocer la dinámica terrestre. Asimismo, el conocimiento teórico y práctico de paleomagnetismo 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 regional; geocronología, correlación magnetoestratigráfica y datación paleomagnética; prospección de hidrocarburos: orientación de sondeos, dirección de paleocorrientes y migraciones de fluidos; y medioambiente: contaminación, paleoclimatología).

Competencias de la asignatura
CB6, CB7, CB8, CB10, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CT2, CT3, CT4, CT6, CT7, CG8, CE1, CE2, CE4, CE5, CE6, CE7.
Resumen
Adquisición y procesado de datos gravimétricos en superficie y desde satélites. Interpretación de datos gravimétricos. Adquisición y procesado de datos geomagnéticos. Observatorios y datos satelitales (GNSS y misiones espaciales). Procesos de deformación. Adquisición y procesado de datos en sismología.
Conocimientos previos necesarios
Se recomienda que el alumnado tenga conocimientos básicos de Física de la Tierra, incluyendo los campos potenciales de gravedad y geomagnético, así como la Física y Estructura de la Tierra sólida. Se recomienda también un conocimiento básico de programación científica en lenguaje Python, Matlab, Fortran, etc.
Programa de la asignatura
1. Introducción. Organización de la asignatura. Campos potenciales y geodesia. **2. Geomagnetismo desde tierra.** Medidas geomagnéticas en tierra: observatorios, estaciones seculares y variométricas, datos marinos y aeromagnéticos. Fuentes geomagnéticas internas y externas: técnicas de separación. Procesado y análisis del dato geomagnético en tierra: intermagnet y software IAGA. **3. Geomagnetismo desde el espacio.** Misiones satelitales geomagnéticas. Datos geomagnéticos desde satélite. Parámetros de la órbita satelital: dependencia latitudinal y hora local. Técnicas de separación de fuentes magnéticas. Uso de índices de campo externo. Base de datos satelitales. Procesado de datos geomagnético de satélite y software. **4. Modelado de campo geomagnético**. Integración de datos. Modelos de campo principal basados en datos satelitales: la era *Swarm* y el IGRF-2020. Técnicas de modelado del campo principal. Dinámica del núcleo externo terrestre a partir de modelos de campo principal. Modelos de campo litosférico. Análisis del campo geomagnético externo a través de satélites. **5. Gravimetría en tierra.** Campo potencial de gravedad. Anomalías gravimétricas y geoidales. Procesado de datos gravimétricos: corrección del terreno y por curvatura. Isostasia local en aproximación plana y esférica. Modelos geopotenciales en armónicos esféricos. Aproximación dipolar del geoide. Kernels de sensitividad geoidal y perfiles de viscosidad. Análisis del origen de las anomalías de masa en función del espectro geoidal. Anomalías de Bouguer y aire libre a escala

global.

6. Gravimetría y geodesia en el espacio. Misiones satelitales gravimétricas: instrumentación, resolución, incertidumbres y errores sistemáticos. Procesado de datos gravimétricos (aire libre, geoide, gradientes de gravedad). Bases de datos gravimétricas satelitales y herramientas de procesado y modelización espacial y temporal. Altimetría satelital y Análisis de deformaciones en la litosfera: GPS y SAR.

7. Modelos de Tierra a escala global y regional. Integración de datos satelitales y terrestres: tomografía sísmica, magnetotelúrica, elevación topográfica, isostasia flexural-espesor elástico equivalente. Modelización litosférica directa e inversión de datos geofísicos y petrológicos. Petrología del manto, discontinuidades de fase y modelización termodinámica de densidades y velocidades sísmicas. Estructura litosférica a escala global y regional: temperatura y composición.

Prácticas:

Práctica 1 (5 sesiones prácticas). Generación de un modelo global de campo geomagnético principal mediante el uso de datos de satélite y observatorios. La práctica consistirá en un ejercicio práctico de construcción de un modelo de campo geomagnético principal para el año 2020 y su comparación con el IGRF-13 (2020). Se usará datos de satélite y de observatorios, desarrollando los pasos adecuados del proceso de inversión geofísica para su generación.

Práctica 2 (5 sesiones prácticas). Descargar modelos geopotenciales de Tierra (armónicos esféricos) de repositorios gravimétricos, representar y filtrar anomalías del geoide, aire libre y gradientes de gravedad, así como modelos digitales del terreno. Calcular correcciones gravimétricas por el terreno y curvatura, realizar cálculos de isostasia local. Cálculo de modelos geoidales en aproximación dipolar isostática. Análisis de las variaciones temporales del campo de gravedad terrestre. Modelización geofísica y petrológica de la estructura litosférica usando software termodinámico, así como modelos de tomografía global.

Bibliografía

Glaßmeier, K.-H., Soffel, H., Negendank, J. (2009). ***Geomagnetic Field Variations***. Springer. ISBN: 978-3-3540-76938-5.

Kono, M. (2015). ***Geomagnetism***. Capítulo 5 del "*Treatise on Geophysics*". Segunda Edición. Editor G. Schubert. Elsevier. ISBN: 978-0-444-53802-4.

Trauth, M.H. (2007). ***Matlab Recipes for Earth Sciences***. Springer. ISBN: 978-3-540-72748-4

Heiskanen, W.A. and Moritz, H. (1967) ***Physical Geodesy***. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

Turcotte, D., & Schubert, G. (2014). ***Geodynamics***. Cambridge university press.

Bowin, C. (2000), ***Mass anomaly structure of the Earth***, Rev. Geophys., 38(3), 355– 387, doi:10.1029/1999RG000064.

Afonso, J. C., Moorkamp, M. and Fullea, J. (2016). ***Imaging the Lithosphere and Upper Mantle. In Integrated Imaging of the Earth*** (eds M. Moorkamp, P. G. Lelièvre, N. Linde and A. Khan). doi:10.1002/9781118929063.ch10

Kampes, B. (2006). ***Radar Interferometry – Persistent Scatterer Technique***. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. ISBN 978-1-4020-4576-9

Recursos en internet

http://www.intermagnet.org. International Real-time Magnetic Observatory Network. IAGA.

https://earth.esa.int/web/guest/swarm/data-access. Base de datos Swarm. Agencia Espacial Europea.

https://arxiv.org/abs/1902.08098. Spatial And Temporal Changes Of The Geomagnetic Field: Insights From Forward And Inverse Core Field Models. Gillet, N. (2019). CNRS, ISTerre.

https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Swarm. Swarm mission, Agencia espacial Europea, ESA (2013 - 2019).

https://vires.services. VirES: Earth's magnetic field as observed by Swarm: data and models (2019). Hace falta hacer un registro previo con un email.

https://hanspeterschaub.info/Papers/UnderGradStudents/MagneticField.pdf. Mathematical Modelling of Earth's Magnetic Field. Technical Note. J. Davis (2004). Virginia Tech, Blacksburg.

https://www.bgu.tum.de/iapg/forschung/schwerefeld/goco/. Modelo geopotencial Gravity Observation Combination (GOCO).

https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/GOCE. GOCE mission ESA.

https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/GOCE/Data_products. Base de datos GOCE, ESA.

http://icgem.gfz-potsdam.de/home. International Centre for Global Earth Models (ICGEM).

Metodología

Clases de teoría que incorporan discusión y resolución de ejercicios enfocados en el estudio de la Tierra sólida a través de medidas geofísicas realizadas en superficie y por satélites.
Trabajos prácticos que consisten en la evaluación, tratamiento e interpretación de datos geofísicos reales relacionados con aplicaciones que van desde la variación del campo magnético de la Tierra, el campo de gravedad y la geodesia, hasta la deformación que sufre la litosfera terrestre.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	50%

El examen tendrá una parte de cuestiones y ejercicios relacionada con las clases teóricas y otra parte con las clases prácticas (de nivel similar a lo realizado en clase).

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%

- Entrega de ejercicios y participación en clase
- Realización de prácticas y realización de trabajos de grupo o individuales con elaboración de memorias y exposición de resultados
- Presentaciones orales por parte de los alumnos de artículos de investigación recientes publicados en revistas científicas de calidad

Calificación final

La calificación final será:

$$NFinal = 0.5 \cdot NExamen + 0.5 \cdot NOtrasActiv$$

donde *NExamen* y *NOtrasActiv* son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA

(Curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Retos en Geofísica**			**Código**	609464
Materia:	Geofísica Avanzada	**Módulo:**	Física de la Tierra		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	**Curso:**	1º	**Semestre:**	2º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5	1
Horas presenciales	45	30	15

Profesor/a Coordinador/a:	E. Buforn Peiró		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	04.116.0 4ª Pl. Este	**e-mail**	ebufornp@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Sem.3.4	L, M	10:30-12:00 h	E. Buforn Peiró	23 de enero al 07 de marzo	15	FTA
Sem.3.4	L, M	10:30-12:00 h	V. C. Ruiz Martínez	07 de marzo al 09 de mayo	15	FTA

Practicas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
	Aula Informática Aula 1	30/01, 06/02, 20/02 y 27/02 (10:30-12:00 h)	E. Buforn Peiró	7.5	FTA
	Campo* y/o Laboratorio de Paleomagnetismo de la UCM* (*ver “Prácticas”)	14/03* y 21/03* (10:30-12:00 h)	V. C. Ruiz Martínez	3.0	FTA
	Lab. Alumnos (216, 4ª planta) / Sem.3.4	14/03*, 21/03*, 28/03, 11/04 y 18/04 (10:30-12:00 h)	V. C. Ruiz Martínez	4.5	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	**Horarios**	**e-mail**	**Lugar**
E. Buforn Peiró	L, M: 9:00.10:30* *(más 3h no presenciales)	ebufornp@ucm.es	04.116.0 4ª Pl. Este
V. C. Ruiz Martínez	L : 12:30– 14:00 h; V: 12:45-14:15 h* *(más 3h no presenciales)	vcarlos@ucm.es	04.207.0 4ªPl. Central

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Títulación)

Tras cursar con aprovechamiento esta materia, el alumno conocerá los principales procesos dinámicos que ocurren en el interior de la Tierra y los mecanismos que los originan, así como el proceso de generación y ocurrencia de los terremotos y la información que aportan para conocer la dinámica terrestre. Asimismo, el conocimiento teórico y práctico de paleomagnetismo 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 regional; geocronología, correlación magnetoestratigráfica, datación paleomagnética; prospección, medioambiente).

Competencias de la asignatura

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

Resumen

Sismicidad, sismotectónica y riesgo sísmico. Predicción y prevención de terremotos y tsunamis: sistemas de alerta temprana. Sismología extraterrestre. Propiedades magnéticas de la materia. Mecanismos de adquisición de remanencia. Paleomagnetismo y arqueomagnetismo. Reconstrucciones geomagnéticas y paleomagnéticas. Estudios multidisciplinares del interior de la Tierra

Conocimientos previos necesarios

El alumno deberá tener conocimientos básicos de la propagación de ondas sísmicas; Componentes y evolución del magnetismo terrestre; Física del interior de la Tierra y Tectonofísica.

Programa de la asignatura

1. Mecanismo de los terremotos. Geometría de la fractura. Modelos cinemáticos de fuente. Tensor momento sísmico. Inversión de slip: observaciones sísmicas y GPS. Propagación de la ruptura.

2. Sismotectónica y riesgo sísmico. Sismicidad. Distribución espacio-temporal de terremotos. Modelos de ocurrencia de terremotos. Terremotos interplaca e intraplaca, distribución de esfuerzos. Peligrosidad y vulnerabilidad.

3. Predicción y prevención sísmica. Ciclo sísmico y terremoto característico. Terremotos y generación de tsunamis. ¿Predicción o prevención sísmica? Sistemas de alerta temprana de terremotos y tsunamis.

4. Sismología extraterrestre. Misión Apolo, Mars InSight.

5. Metodología y aplicaciones a las Geociencias del magnetismo de rocas y del paleomagnetismo. Polos paleomagnéticos, reconstrucciones paleogeográficas y geodinámica.

6. Interacción Manto-Litosfera. Estudios multidisciplinares de la dinámica del interior de la Tierra: Temas actuales de investigación.

7. Geociencia planetaria: Instrumentos de exploración. Evolución de la Tierra y de los planetas terrestres. El caso del estudio de Marte.

Prácticas:

1.- Temas 1 a 4:

-P1.-Sismicidad del sur de la Península Ibérica.
-P2.-Determinación de la orientación del plano de ruptura de un terremoto. Cálculo de parámetros dinámicos.
-P3.- Distribución espacio-temporal de terremotos, cálculo del parámetro ***b***. Estimación de valores de PGV y PGA. Interpretación de resultados

2. Temas 5 a 7 (5 sesiones): "Del escenario natural al dato experimental, y de su interpretación a la elaboración y análisis de modelos":

-(2* sesiones; Campo* y/o Laboratorio de Paleomagnetismo UCM*): Muestreo paleomagnético, si las circunstancias lo permiten para dedicar en ella 3.0-4.5* horas de muestreo paleomagnético (se intentará hacer coincidir con la primera salida de campo correspondiente a la asignatura "Geofísica Aplicada" que se imparte en el mismo semestre). Experimentación paleomagnética y de magnetismo de rocas. (*El trabajo de campo de muestreo paleomagnético está condicionado por la meteorologia y las disponibilidades de fecha –es necesario el día entero-. Por ello, hay prácticas alternativas a realizar en el Laboratorio de Paleomagnetismo UCM*).
-(3*- 5 sesiones, Laboratorio de Alumnos/ Aula,): Identificación de minerales magnéticos (software: Analyzer) / Estimación de paleoflujos (software: Anisoft). Direcciones del paleocampo (software: Remasoft). Reconstrucciones paleogeográficas (software: Gplates)**.**

Bibliografía

Básica:

Ammon, C. , A. A. Velasco, T. Lay y T. Wallace (2020). *Foundations of Modern Global Seismology.* Elsevier, Academic Press
Buforn, E., C. Pro y A. Udías, (2012), ***Solved problems in Geophysics***. Cambridge University Press.
Lanza, R. y Meloni, A. (2006), ***The Earth's magnetism. An introduction for geologists***. Springe
.
McSween, Jr, H., Moersch, J., Burr, D., Dunne, W., Emery, J., Kah, L., y McCanta, M. (2019), ***Planetary Geoscience***. Cambridge University Press.
Tauxe, L. (2010), ***Essentials of Paleomagnetism***. University of California Press.
Torsvik, T., y Cocks, L. (2016), ***Earth History and Palaeogeography***. Cambridge University Press.
Udías, A., R. Madariaga and E. Buforn (2014), ***Source Mechanims of Earthquakes: Theory and Practice***. Cambridge University Press.
Udías. A. y Buforn (2018), ***Principles of Seismology*** *(2nd edition)*. Cambridge University Press.

Complementaria:

Aki, K. y P. G. Richards (2002), ***Quantitative Seismology***. W. H. Freeman, 2ª edición, San Francisco.
Dahlen, F.A. y J. Tromp (1998), ***Theoretical Global Seismology***. Princeton University Press.
Lowrie, W. y Fichtner, A. (2020), ***Fundamentals of Geophysics*** (3rd edition). Cambridge University Press.
Payo, G. (1986), ***Introducción al análisis de sismogramas***. Instituto Geográfico Nacional, Madrid
Schubert, G. -Editor-in-Chiefs- (2015), ***Treatise on Geophysics***. 5604 pp. Elsevier.
Tong, V. C. H. y García, R. (2015). ***Extraterrestial Seismology***. Cambridge University Press.

Recursos en internet

Campus virtual de la asignatura
http://www.ign.es
http://www.iris.washington.edu
http://www.geo.arizona.edu/Paleomag/book/ (PALEOMAGNETISM: Magnetic Domains to Geologic Terranes; by Robert F. Butler)
https://earthref.org/MagIC/books/Tauxe/Essentials/ (Essentials of Paleomagnetism: Fifth Web Edition; by Lisa Tauxe & Subir K. Banerjee, Robert F. Butler and Rob van der Voo)
http://www.agico.com/ (Software: Remasoft, Anisoft4.2)
http://www.geodynamics.no/Web/Content/Software/ (links to: GMAP 2005; *www.gplates.org*; The IAGA Global Paleomagnetic Database

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:
- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales Retos de la Geofísica, aplicando y profundizando en los conocimientos adquiridos en otras asignaturas del máster, 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: 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. Otras requieren el uso de software específico en diferentes áreas de las Geociencias; y en concreto la de "Muestreo paleomagnético" requiere al menos 1 día específico de trabajo de campo.

Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. Las lecciones serán complementadas con artículos recientes de relevancia en las Ciencias de la Tierra; así como con observaciones de terremotos ocurridos 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.

Temas 1-4 (E. Buforn):
En el Campus Virtual se dispondrá material tanto de carácter teórico como práctico los temas impartidos, proponiendo ejercicios relacionados con el desarrollo de los temas de carácter teórico, como puede ser la deducción de algunas ecuaciones, relaciones, búsqueda de ejemplos en internet, etc. Este material complementará con otro tipo de observaciones de terremotos, como sismogramas de los terremotos de mayor tamaño ocurridos en el periodo docente, daños causados por los mismos, alertas de tsunamis, etc..
Se propondrá en el CV la realización de algún test a lo largo del curso.
Temas 5-7 (V. C. Ruiz):
El Campus Virtual se usará para que los estudiantes dispongan previamente de resúmenes de las clases a impartir y de material bibliográfico, y para realizar diversos test evaluables para afianzar y comprobar la asimilación de contenidos y competencias. Se suministrarán allí también guías específicas para la realización y entrega de las sesiones prácticas inicialmente planeadas en el "Laboratorio de alumnos / Aula" que los estudiantes realizarán con programas de acceso libre instalados en ordenadores del Laboratorio / propios.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	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.

Otras actividades de evaluación	Peso:	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 podrá realizar test de control a lo largo del curso sobre cuestiones teóricas y prácticas. La asistencia y participación en las clases también se tendrá en cuenta en la evaluación. 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

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Geofísica Aplicada**			**Código**	606838
Materia:	Aplicaciones de la Geofísica	**Módulo:**	Física de la Tierra		
Carácter:	Obligatoria Especialidad Física de la Tierra	**Curso:**	1º	**Semestre:**	2º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6	5.2	0.8
Horas presenciales	45	30	15

Profesor/a Coordinador/a:	Fátima Martín Hernández		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	**04.102.0 4ªPl. Este**	**e-mail**	fatima@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Periodo/ Fechas**	**Horas**	**Dpto.**
Sem.3.4	L, M	9.00 – 10.30	Fátima Martín Hernández	2º semestre	15	FTA
			Juan José Ledo Fernández	2º semestre	15	FTA

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	Sem.3.4	Dos sesiones, fecha a determinar 15:00-16:30	Sergio Sainz-Maza Aparicio	6	FTA
	Parque de Ciencias	2 sesiones, fecha a determinar 15:00-18:00			
A1	Práctica de campo	5 sesiones, fecha a determinar	Fátima Martín Hernández y Juan José Ledo Fernández	7.5	FTA
A1	Parque de Ciencias	1 sesión, fecha a determinar	Fátima Martín Hernández	1.5	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
Fátima Martín Hernández	V 10:00-13:00 (*)	fatima@ucm.es	**04.102.0 4ªPl. Este**
Juan José Ledo Fernández	X 13:00-16:00 h (*)	jledo@ucm.es	**04.214.0 4ªPl. Central**
Sergio Sainz-Maza Aparicio	J 18:00-21:00 h(*)	ssainzma@ucm.es	**04.205.0 4ªPl. Central**

(*) (3h no presenciales): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

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 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; sondeo magnetotelúrico; geo-radar. Métodos gravimétricos y magnéticos. Métodos sísmicos: método de reflexión y de refracción.
Conocimientos previos necesarios
Gravimetría, Geomagnetismo, Propagación de Ondas sísmicas, Fundamentos de Física General
Programa de la asignatura
TEORÍA 1. Problema inverso en Geofísica (2 clases). 2.Adquisición de datos de anomalías gravimétricas, diseño de campañas y procesado (2 clases)+P1 3. Adquisición de datos de anomalías magnéticas y diseño de campañas (3 clases). 4. Georadar, adquisición de datos y diseño de campañas. Determinación de la velocidad del medio, hipérbolas de difracción, búsqueda de servicios enterrados, GPR en arqueología (4 clases) +P2 5. Métodos sísmicos. Reflexión y refracción sísmica. Métodos de sísmica pasiva (3 clases). 6. Métodos eléctricos. Resistividad eléctrica, Corriente continúa, SEV, Tomografía eléctrica, Polarización inducida, Potencial espontáneo. (4 clases). 7. Métodos electromagnéticos. Electromagnetismo con fuente artificial (TDEM, CSEM), Electromagnetismo de fuente natural (Magnetotelúrica). (4 clases). **PRÁCTICA** P1. ADQUISICIÓN DE DATOS GRAVIMÉTRICOS (2 sesiones consecutivas de toma de datos y 2 sesiones de procesado en horario de tarde en el aula de informática del Dep. FTA) P2. PRÁCTICA DE GEORADAR (1 sesión en la misma localización del experimento de anomalías gravimétricas) P3. PRÁCTICA INTEGRAL DE DATOS GEOFÍSICOS (5 sesiones consecutivas en salida de campo) LAS PRÁCTICAS INTEGRALES SE REALIZARÁN EN TRABAJO DE CAMPO EN FECHA A DETERMINAR y SEGÚN LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS. SE ANUNCIARÁN CON

ANTELACIÓN Y SERÁN UNA JORNADA COMPLETA EN UN DÍA SIN CLASES DE MÁSTER.

Bibliografía

Básica:

Telford, W.M., L.P. Geldart and R. E. Sheriff, 1990, *Applied Geophysics*, Society of Cambridge

University Press.

Milsom, J. J., and Eriksen. A. *Field Geophysics (Geological Field Guide),* 2011, Willey and Sons, 304 pag.

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

Udías A. y J. Mezcua, 1996, *Fundamentos de Geofísica*, Ed. Alianza

Complementaria:

Burger, H.R., Sheehan, A.F. y Graig. H., 2006, *Introduction to applied Geophysics: Exploring the Shallow Subsurface*, WW Norton & Co, 622 pag.

John M. Reynolds, 2011, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, Wiley-Blackwell*, 712 pag.

Chave, A., & Jones, A. (Eds.), 2012, *The Magnetotelluric Method: Theory and Practice. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139020138*

Everett, M., 2013, *Near-Surface Applied Geophysics. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139088435*

Recursos en internet

Campus virtual,

Enlaces de interés para la asignatura.

- Inverse problems theory, Tarantola, free on-line version:

http://www.ipgp.fr/~tarantola/Files/Professional/Books/InverseProblemTheory.pdf

- MIT open couses: Near Surphace Geophysics

https://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-571-near-surface-geophysical-imaging-fall-2009/

Metodología

La asignatura se plantea como una docencia integradora que incluye clases teóricas sobre los fundamentos físico-matemáticos de los diferentes métodos así como el procesado e interpretación de datos reales. Se realizará la adquisición de datos geofísicos empleando diferente instrumentación. El procesado y análisis se realizará empleando códigos desarrollados por los alumnos como códigos académicos y profesionales. Se contempla la realización de tareas individuales y trabajo en equipo.
El laboratorio se realizará como salida de campo integrando en el que se realizarán los experimentos geofísicos en un solo día. Las prácticas de gravimetría se realizarán en el parque de ciencias.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	50%
Un examen final		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%
Entrega de proyectos que incluyen el procesado y análisis de los datos experimentales al final de cada bloque temático y una práctica final integradora		

Calificación final

*Nt=E*0.5+Oa*0.5*

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2022-2023)

Ficha de la asignatura:	**Prácticas en Empresa (PE)**			**Código**	606841
Materia:	PE	**Módulo:**	PE		
Carácter:	Optativo	**Curso:**	1º	**Semestre:**	1º o 2º

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	6		
Horas presenciales	15		

Profesor/a Coordinador/a:	María Belén Rodríguez de Fonseca		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	04.112.0 4ª Pl. Este	**e-mail**	brfonsec@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 a adquirir 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.

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

Resumen

Las prácticas en Empresa se podrán realizar sobre temas de interés para los estudiantes dentro del ámbito profesional de la Meteorología y/o Geofísica. En estas 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.

Procedimiento de matriculación

Para la asignatura Prácticas en Empresa, la matrícula nunca se realizará de forma automática sino presencial. Para ello, será necesario haber realizado primero un anexo del estudiante en el que se recogen las condiciones académicas y profesionales de la misma. Este anexo debe ser firmado por un tutor en la empresa, un tutor académico de la UCM y el propio alumno. Para la gestión del mismo será necesario ponerse en contacto con el/la coordinador/a de la titulación quien os informará sobre las ofertas y adjudicación de las prácticas.

El protocolo de asignación deberá pasar por la plataforma GIPE de gestión, por lo que es altamente recomendable darse de alta al inicio de curso. Una vez acordada la práctica y firmado el anexo, el alumno deberá entregarlo a el/la coordinador/a quien se encarga de solicitar la matrícula. Existen dos modos de matricular la asignatura:

1) Nueva matrícula a través de la autorización de la Vicedecana de Movilidad, Prácticas y Empleabilidad responsable de prácticas.

2) Aquellos alumnos que deseen solicitar algún tipo de beca o ayuda en la que se les requiera la matrícula de un curso completo, deberán matricular al inicio de curso una asignatura optativa adicional de segundo semestre. Una vez conformado el anexo del estudiante se procederá a modificar la matrícula de la asignatura optativa e intercambiarla por la de Prácticas en Empresa entregando a la Vicedecana de Movilidad, Prácticas y Empleabilidad el anexo con el visto bueno de el/la Coordinadora del Título. La decisión sobre el cambio de matrícula es en último término potestad de la Facultad de Ciencias Físicas.

Metodología

El objetivo formativo de las Prácticas en Empresas es familiarizarse con el entorno profesional, realzando las capacidades adquiridas a la vez que el estudiante se acerca al mundo laboral. Cada alumno en prácticas tendrá un tutor en la institución externa. También se le asignará un profesor de la titulación que actuará como tutor e informará sobre la adecuación de las tareas asociadas con las prácticas a los objetivos formativos del Máster.

Sistema de evaluación

Tras la realización de las prácticas en la institución externa, los estudiantes deberán realizar una memoria con una extensión máxima de 5 páginas que puede estar supervisadas por el tutor UCM y siguiendo una plantilla disponible en la página web del Máster. 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 profesores nombrados por la Comisión Coordinadora del Máster en Meteología y Geofísica. La defensa constará de una exposición de 10-15 min y un período de preguntas también de 10-15 min a determinar por el tribunal. 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.

MÁSTER EN METEOROLOGÍA Y GEOFÍSICA (curso 2022-2023)

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

	Total	**Teóricos Problemas Seminarios**	**Prácticas**
Créditos ECTS:	12		
Horas presenciales	56		

Profesor/a Coordinador/a:	María Belén Rodríguez de Fonseca		**Dpto:**	FTA
	Despacho:	04.112.0 4ª Pl. Este	**e-mail**	brfonsec@ucm.es

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

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

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.

El Máster en Meteorología y Geofísica fomenta la participación de empresas y centros públicos/privados de investigación a través de la dirección de TFM. Por ello, el TFM podrá ser dirigido por profesores y profesionales (empresas u organismos públicos relacionados con la Meteorología y la Geofísica) externos a la UCM con el Grado de Doctor, enriqueciendo la variedad de trabajos de investigación y permitiendo que una parte significativa de los alumnos adquieran experiencia de gran valor que se verá reflejada en sus currículos.

La temática de cada TFM corresponderá a alguna de las líneas de investigación que se desarrollan en los departamentos responsables del Máster o afines. Al comenzar el curso académico se publicará la oferta de temas de TFMs indicando los tutores UCM junto con posibles colaboradores externos. La Comisión Coordinadora del Máster en Meteorología y Geofísica asignará a cada estudiante un TFM por expediente o de modo directo (si hay acuerdo entre el tutor y el alumno). Del

mismo modo, la Comisión asignará un tutor (o tutores) de TFM a cada alumno. La oferta y asignación de TFM deberá ser equilibrada entre los profesores del Máster. La asignación definitiva de TFM se publicará en la página web del Máster.

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 críticamente los resultados de su propio trabajo. Para evaluar dichas capacidades adquiridas, cada alumno será evaluado por un Tribunal calificador o Comisión del TFM. Éste estará integrado, al menos, por 3 profesores 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

Resumen

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 convenios 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.

Metodología

Tutorías periódicas con el tutor para analizar el desarrollo del Trabajo Fin de Máster.

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 pueda contener anexos.

El alumno realizará una defensa pública del trabajo frente a un tribunal conformado por tres profesores nombrados por la Comisión Coordinadora del Máster en Meteorología y Geofísica. La defensa constará de una exposición de 10-15 min y un período de preguntas también de 10-15 min a determinar por el tribunal. 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 baremo a utilizar es el siguiente:

- Estructura y Calidad de la Memoria (30%)
- Desarrollo del trabajo (40%)
- Presentación oral y defensa del trabajo (30%)

4. Calendario Académico

Periodos de clases y exámenes	
Clases Primer Semestre:	Del 5 de septiembre al 16 de diciembre de 2022
Exámenes Primer Semestre (diciembre-enero):	Del 19 al 21 de diciembre de 2022 y del 9 al 20 de enero de 2023
Entrega de Actas	6 de febrero de 2023
Clases Segundo Semestre:	Del 23 de enero al 30 de marzo de 2023 y del 11 de abril al 10 de mayo de 2023
Exámenes Segundo Semestre (mayo):	del 11 al 31 de mayo de 2023
Entrega de Actas	16 de junio de 2023
Exámenes Convocatoria Extraordinaria (junio)	del 12 al 30 de junio de 2023
Entrega de Actas	14 de julio de 2023

Nótese que cada ficha indica el número de horas de que consta la asignatura, por lo que en algunas el final de las clases podría ser anterior al final del periodo lectivo.

Festividades y días no lectivos	
12 de octubre	Fiesta Nacional
31 de octubre	No lectivo
1 de noviembre	Festividad de Todos los Santos
9 de noviembre	Madrid, festividad de La Almudena
14 de noviembre	San Alberto Magno, trasladado
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
8 de diciembre	Inmaculada Concepción
27 de enero	Santo Tomás de Aquino
20 de marzo	Traslado de la festividad de San José
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 8 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 31 de marzo al 10 de abril	Vacaciones de Semana Santa

Calendario basado en el aprobado por la comisión permanente del Consejo de Gobierno de la UCM el 30/113/21, que no incluye información del calendario laboral e incluye los festivos del 2023 (https://www.ucm.es/calendarios).

Con este calendario, la distribución de días lectivos por semestre y día de la semana resulta ser el reflejado en la tabla de la derecha.

Viernes 16/12/22 y miércoles 10/5/22 serán para recuperación de clases, según procedimiento a precisar.

	L	M	X	J	V	dias
S1	13	13	13	14	15	68
S2	12	14	15	14	12	67

Facultad de Ciencias Físicas

Calendario académico del curso 2022-23

(Aprobado en Junta de Facultad del 20-12-21)

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		

Octubre

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						

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 2022

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	

2023 Enero

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					

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			

clases semestre 1 — clases semestre 2 — parciales de 1º GF — x no lectivos

exámenes — lectura TFGs — entrega de actas

Convocatorias extraordinarias de Prácticas de Master y TFM en septiembre.

[Fechas del 2023 incluyendo ya festivos aprobados para ese año].

Clases: **S1: 5septiembre-16diciembre.** **S2: 23enero-10mayo**

16 recuperación LMX

10 recuperación L y V

Exámenes semestre 1: 19diciembre-20enero

Exámenes semestre 2: 11-31 de mayo

Exámenes extraordinarios: 12-30 de junio

	L	M	X	J	V	dias
S1	13	13	13	14	15	68
S2	12	14	15	14	12	67

5. Anexos y enlaces de interés

Web del máster:

https://www.ucm.es/mastermeteorologiaygeofisica

Redes sociales:

https://twitter.com/mastermetgeoUCM

https://www.instagram.com/mastermeteogeo/?hl=es

https://www.youtube.com/playlist?list=PL3-WG7see1gXGw2uRceVqctKm2An8N-_c

Web del Dpto. Física de la Tierra y Geofísica:

https://www.ucm.es/fisica_de_la_tierra_y_astrofisica/

6. Control de Cambios

Versión	Fecha modificación	Cambio efectuado	Secciones afectadas	Páginas afectadas
v0.0	29/05/2022	Versión revisada. Pendiente aprobación Junta de Facultad		
v1.0	20/06/2022	Versión revisada. Pendiente aprobación Junta de Facultad		
v2.0	04/07/2022	Versión aprobada en Junta de Facultad el 29/06/2022		
v2.1	29/07/2022	Versión con cambios en horarios de tutorías y localizacón despachos nueva		
V2.2	10/10/2022	Actualización calendario académico y tabla de días festivos y no lectivos	4	P 76-77
V2.3	15/11/2022	Tabla de asignaturas por semestre, nombre asignaturas		P9
V2.4	15/01/2023	Cambio de aula segundo cuatrimestre	2 y 3	13 42,50,58,62,66,71