

5. PLANIFICACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

5.1. Descripción del Plan de Estudios

I. Estructura del Plan de Estudios				
Módulo	Materia	Asignatura	ECTS	Carácter
FORMACIÓN BÁSICA	FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS	ECUACIONES DIFERENCIALES	6	OBLIGATORIA HÍBRIDA
		TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS	6	OBLIGATORIA HÍBRIDA
	COMPUTACIÓN AVANZADA	PROGRAMACIÓN AVANZADA	6	OBLIGATORIA HÍBRIDA
		INTELIGENCIA COMPUTACIONAL	6	OBLIGATORIA HÍBRIDA
OPTATIVAS	HERRAMIENTAS PARA LA SIMULACIÓN	MÉTODOS NUMÉRICOS	6	OPTATIVA HÍBRIDA
		VISIÓN POR COMPUTADOR	6	OPTATIVA HÍBRIDA
		HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN AVANZADA	6	OPTATIVA HÍBRIDA
	PRÁCTICAS ACADÉMICAS EXTERNAS	PRÁCTICAS ACADÉMICAS EXTERNAS	6	OPTATIVA PRESENCIAL
	SIMULACIÓN EN INGENIERÍA	DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL APLICADA	6	OPTATIVA HÍBRIDA
		SIMULACIÓN EN INGENIERÍA DE MÁQUINAS	6	OPTATIVA HÍBRIDA
		SIMULACIÓN EN LA GESTIÓN DE ENTORNOS SMART	6	OPTATIVA HÍBRIDA
	SIMULACIÓN EN CIENCIAS	DINÁMICA NO LINEAL	6	OPTATIVA HÍBRIDA
		FÍSICA ESTADÍSTICA COMPUTACIONAL	6	OPTATIVA HÍBRIDA
		OPTIMIZACIÓN Y COMPLEJIDAD	6	OPTATIVA HÍBRIDA
TRABAJO FIN DE MÁSTER	TRABAJO FIN DE MÁSTER (ESPECIALIDAD EN "SIMULACIÓN EN INGENIERÍA")	TRABAJO FIN DE MÁSTER (ESPECIALIDAD EN "SIMULACIÓN EN INGENIERÍA")	6	OBLIGATORIA NO PRESENCIAL
	TRABAJO FIN DE MÁSTER (ESPECIALIDAD EN "SIMULACIÓN EN CIENCIAS")	TRABAJO FIN DE MÁSTER (ESPECIALIDAD EN "SIMULACIÓN EN CIENCIAS")	6	OBLIGATORIA NO PRESENCIAL



Modalidad híbrida/semipresencial. Porcentaje de créditos

Considerando las interpretaciones realizadas por el Ministerio a la solicitud de notas aclaratorias al Real Decreto 822/2021, presentada por la CRUE, "...en un crédito presencial, 10 horas del mismo serán presenciales (incluyendo las horas lectivas asignadas a dicha materia o asignatura o aquellas otras que puedan considerarse presenciales) y las horas restantes serán consideradas no presenciales (incluyendo las dedicadas a las horas de estudio, trabajos, proyectos o prácticas, etc, o aquellas otras que puedan considerarse no presenciales)...", y "...el cómputo no se debe realizar en función de la carga presencial/no presencial, que ya de por sí tiene un mismo crédito, sino que se ha de realizar en función de los créditos presenciales y/o virtuales del plan de estudios", la proporción de créditos no presenciales es del 50% en todas las asignaturas, excepto en el trabajo fin de máster que es completamente no presencial y en la asignatura optativa de prácticas académicas externas que es presencial. Por lo tanto, se encuentra dentro del porcentaje establecido en el artículo 14.7 párrafo tercero del Real Decretos 822/2021: "...La proporción de créditos no presenciales para que un título tenga la consideración de híbrido será la situada en un intervalo entre el 40 y el 60 por ciento de la carga crediticia total del título de Grado."

Justificación de la estructura del Plan de Estudios

El Máster en Simulación en Ciencias e Ingeniería se ha estructurado en un curso de 60 créditos con dos posibles especialidades: una en Simulación en Ciencias y la otra en Simulación en Ingeniería.

El alumno deberá cursar cuatro asignaturas obligatorias (módulo de Formación Básica) y realizar un Trabajo Fin de Máster.

El alumno podrá elegir, así mismo, entre la materia "Simulación en Ingeniería" (junto con la materia Trabajo Fin de Máster Especialidad en "Simulación en Ingeniería") y la de "Simulación en Ciencias" (junto con la materia Trabajo Fin de Máster Especialidad en "Simulación en Ciencia"), debiendo cursar obligatoriamente las tres asignaturas que forman la materia seleccionada. Obtendrá así la especialización correspondiente.

El alumno podrá elegir libremente dos asignaturas optativas de entre las cuatro que componen las materias "Herramientas para la Simulación" y "Prácticas Externas".

Si el alumno no quisiera obtener una especialización podrá cursar tres asignaturas cualesquiera de las materias "Simulación en Ingeniería" o "Simulación en Ciencias" y realizar el Trabajo Fin de Máster en cualquiera de las dos materias que lo forman.

ASIGNATURAS OBLIGATORIAS

Programación Avanzada. Programación Orientada a Objetos. Definición de clases y creación de objetos. Herencia, polimorfismo, encapsulación y abstracción de datos. Programación visual. Introducción a las bases de datos y conexión con programas orientados a objeto. Aplicación de la programación avanzada al cálculo científico en las Ciencias y la Ingeniería.

Inteligencia Computacional. Redes Neuronales: redes *feedforward*, redes realimentadas, algoritmos de aprendizaje. Modelos de *deep learning*. Lógica difusa, sistemas de inferencia difusa. Algoritmos bioinspirados. Aplicaciones en Ciencias e Ingeniería.

Ecuaciones Diferenciales. Matrices grandes. Estudio de sistemas. Resolución aproximada de problemas de valor inicial y de frontera para ecuaciones diferenciales ordinarias. Ecuaciones en derivadas parciales. Resolución numérica de problemas de



frontera en derivadas parciales. Modelización matemática de sistemas dinámicos. Linealización de sistemas. Uso de programas de cálculo matemático.

Tratamiento Estadístico de Datos. Métodos de Estadística Descriptiva. Modelos de Probabilidad. Métodos de Inferencia Estadística. Métodos de Simulación y Remuestreo: Números Aleatorios. Generación de Variables y Vectores Aleatorios. Método de Montecarlo. Métodos de Modelado de Datos. Software para el tratamiento estadístico de datos.

Trabajo Fin de Máster

ASIGNATURAS OPTATIVAS

Métodos Numéricos. Resolución numérica de ecuaciones y sistemas. Interpolación, ajuste y aproximación. Derivación e integración numéricas. Resolución numérica de ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales (introducción). Software de cálculo numérico.

Visión por Computador. Sistemas de adquisición y procesamiento de imágenes. Técnicas básicas de tratamiento de imágenes. Extracción de características. Segmentación. Interpretación de escenas. Aplicaciones industriales.

Herramientas de Simulación Avanzada. Introducción al modelado matemático. Sistemas dinámicos continuos y discretos en el tiempo. Herramientas de simulación numérica. Programación de aplicaciones en ciencia e ingeniería.

Prácticas Académicas Externas (curriculares). Se realizará una estancia en una empresa o centro de investigación en el ámbito de la Simulación en Ciencias o Ingenierías, con la correspondiente elaboración de una memoria de actividades.

Especialidad en Simulación en Ingeniería

Simulación en la gestión de entornos SMART. Entornos Smart: medio ambiente, movilidad, vida, personas. Generación y adquisición de datos en entornos Smart. Análisis de la demanda en entornos Smart. Predicciones en entornos Smart. Entornos EMAD: energía, movilidad eléctrica, alumbrado inteligente, mercado social digital y rehabilitación de edificios. Simulación de gemelos digitales para entornos Smart. Herramientas de simulación para ciudades inteligentes.

Dinámica de Fluidos Computacional Aplicada. Dinámica de fluidos en el régimen incompresible y compresible (ecuaciones hidrodinámicas, condiciones de contorno, modelos de turbulencia, etc.). El método de los volúmenes finitos (generación de mallas, discretización espacial y temporal, linealización, etc.). Aplicaciones en el ámbito de la ingeniería industrial (resolución de ejemplos mediante programas comerciales).

Simulación en Ingeniería de Máquinas. Métodos y aplicaciones computacionales en Ingeniería de Máquinas: cinemática computacional, dinámica computacional, respuesta vibratoria y diseño de máquinas y sus componentes. Aplicaciones en el ámbito de la ingeniería industrial (resolución de ejemplos mediante programas comerciales).

Especialidad en Simulación en Ciencias

Dinámica No Lineal. Sistemas disipativos. Atractores. Estabilidad. Métodos cuantitativos de soluciones aproximadas. Métodos cualitativos. Sistemas hamiltonianos. Teoría KAM. Caos determinista. Método de Melnikov. Ecuaciones en derivadas parciales no lineales. Solitones. Breathers. Ondas viajeras. Sistemas no



lineales acoplados. Redes. Aplicaciones científicas.

Física Estadística Computacional. Algoritmos basados en el método de Monte Carlo para simulaciones en Física Estadística. Algoritmos de Metrópolis y baño caliente. Métodos de clusters. Métodos para modelos vectoriales. Simulaciones por dinámica molecular. Método Híbrido-Monte-Carlo. Dinámica Molecular en diferentes colectivos: Dinámica Molecular a temperatura y presión constantes.

Optimización y Complejidad. Algoritmos. Grafos. Teoría de la Complejidad. Algoritmos motivados en fenómenos físicos. El problema de la satisfacibilidad. Problemas de Optimización en Ciencias. Autómatas. Teoría de Redes. Aplicaciones científicas.

Competencias específicas vinculadas de manera exclusiva a asignaturas optativas

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	
CEO1	Conocimientos necesarios y capacidad para utilizar los métodos numéricos en la programación de algoritmos que simulan la dinámica de sistemas.
CEO2	Entender y ser capaz de utilizar en aplicaciones industriales las técnicas de procesamiento de imágenes
CEO3	Entender y ser capaz de utilizar técnicas de programación avanzadas para optimizar la generación de programas de simulación en Ciencias e Ingeniería.
CEO4	Entender y ser capaz de simular entornos Smart para realizar una gestión eficiente de los mismos.
CEO5	Entender y ser capaz de utilizar los programas de simulación de Dinámica de Fluidos.
CEO6	Entender y ser capaz de utilizar los programas de simulación en Ingeniería de Máquinas.
CEO7	Entender y ser capaz de simular la dinámica de los sistemas no lineales.
CEO8	Entender y ser capaz de simular los procesos en Física Estadística
CEO9	Entender y ser capaz de trabajar con sistemas complejos en el ámbito de las Ciencias y la Ingeniería.

Secuenciación de las asignaturas en el Plan de Estudios

Curso 1º	
Semestre 1º	INTELIGENCIA COMPUTACIONAL
	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS
	PROGRAMACIÓN AVANZADA
	OPTATIVA 1 (Materia "Herramientas para la Simulación" o "Prácticas Externas")
	OPTATIVA 2 (Materia "Herramientas para la Simulación" o "Prácticas Externas")
Semestre 2º	ECUACIONES DIFERENCIALES
	OPTATIVA 3 (Materia "Simulación en Ingeniería" o Materia "Simulación en Ciencias")
	OPTATIVA 4 (Materia "Simulación en Ingeniería" o Materia "Simulación en Ciencias")
	OPTATIVA 5 (Materia "Simulación en Ingeniería" o Materia "Simulación en Ciencias")
	TRABAJO FIN DE MÁSTER



Distribución del plan de estudios en créditos ECTS

Tipo de asignatura	Créditos
Obligatorias	24
Optativas	30
Trabajo fin de máster	6
Total	60

Coordinación docente del título

En la Escuela de Ingenierías Industriales de la UEx el proceso de enseñanza-aprendizaje está regulado mediante el Proceso de Desarrollo de la Enseñanza (PDE_EII), cuyo objetivo es establecer el modo en que se planifican, desarrollan y supervisan las enseñanzas correspondientes a los programas formativos que se imparten en el Centro. En este proceso se contemplan, entre otros aspectos, velar por la implantación y desarrollo del título de acuerdo a lo indicado en su memoria de verificación, analizar el cumplimiento de los objetivos del título, evaluar el programa formativo, analizar los resultados obtenidos, proponer acciones de mejora y velar por su implantación. Una parte importante de dicho proceso la constituye el Procedimiento de Coordinación Docente en la Escuela de Ingenierías Industriales (ProcCD_EII). En él se contempla una coordinación docente entre los profesores y materias del título en dos vertientes, horizontal y vertical, de la cual será responsable la Comisión de Calidad de la Titulación. La coordinación vertical se realizará entre materias de un mismo área de conocimiento, o entre áreas afines, para analizar posibles requisitos (conocimientos previos que el alumno debe haber adquirido de forma previa a cursar una determinada materia), solapamientos (contenidos que son susceptibles de ser abordados en más de una asignatura) y lagunas (carencias de contenidos que deberían ser impartidos en el programa formativo). La coordinación horizontal abarca aspectos transversales que comparten asignaturas de un mismo curso y semestre. En este aspecto se puede mencionar, por ejemplo, la coordinación en la distribución de las actividades de evaluación a lo largo de un semestre, para evitar cargas de trabajo excesivas en la dedicación no presencial o estudio personal del alumno. El resultado de esta coordinación horizontal será la agenda del semestre.

Prácticas externas

La Escuela de Ingenierías Industriales cuenta con una red de empresas colaboradoras de más de 600 empresas que vienen acogiendo alumnos de todos los títulos que se imparten en el centro ya sea a través de prácticas curriculares o extracurriculares.

Dentro de la oferta de prácticas de estas empresas es habitual la demanda de alumnos de nuestro centro para labores de desarrollo de software, análisis de datos o simulación de procesos. Habitualmente, al ser competencias muy transversales en nuestros títulos, estas plazas son cubiertas por alumnos de los grados de ingeniería de rama industrial, especialmente por los alumnos del grado de electrónica que son los que mejor desarrollan competencias en el título para estas tareas.

Algunas empresas que habitualmente ofertan prácticas, que trabajan en sectores en los que son importantes estas competencias y que desde el nuevo Máster de Simulación en Ciencias e Ingeniería podrían cubrirse para completar la formación de sus alumnos son:

Grupo Cristian Lay: No solo en la matriz del grupo, también en muchas de sus empresas (24) se han demandado este tipo de trabajos. Las empresas más habituales del grupo en las que nuestros alumnos han realizado prácticas son:



- Cristian Lay
- Ondupack
- Gas Extremadura
- Grupo Gallardo Balboa
- Alter Enersun
- Deutz Spain
- Hutchinson (Catelsa Cáceres S.A.)
- ARRAM Consultores
- Efficac
- Gamma Solutions (Grupo Diggia)

II. Planificación y gestión de la movilidad de estudiantes propios y de acogida

La Universidad de Extremadura, en su Sistema de Garantía Interno de Calidad, ha diseñado el Proceso de Gestión de la Movilidad de Estudiantes en el que se recoge la sistemática a aplicar en la gestión y revisión de los Programas de Movilidad de los estudiantes, tanto a través del Vicerrectorado con competencias en Relaciones de la Universidad de Extremadura (<https://www.unex.es/organizacion/servicios-universitarios/secretariados/sri>) como del propio Centro.

Planificación y gestión de la movilidad de estudiantes

La planificación y gestión de la movilidad de los estudiantes corresponde al Vicerrectorado con competencias en Relaciones Internacionales y actualmente se rige por la Normativa reguladora de programas de movilidad de la Universidad de Extremadura (Aprobada por la Junta de Gobierno de la Universidad de Extremadura en su sesión del día 28 de julio de 2011 y publicada en DOE nº156, del 12 de agosto de 2011).

La estructura orgánica de la Universidad de Extremadura en materia de movilidad nacional e internacional incluye al Coordinador Institucional, la Comisión de Programas de Movilidad de la Universidad de Extremadura, el Coordinador Académico de Programas de Movilidad del Centro y la Comisión de Programas de Movilidad del Centro, cuyas funciones están definidas en la citada Normativa reguladora de programas de movilidad de la Universidad de Extremadura.

El Secretariado de Relaciones Internacionales es la unidad responsable de la gestión de los programas o convenios de movilidad suscritos por la UEx en el marco de los proyectos y programas que sean materia de su competencia. Son funciones del Secretariado de Relaciones Internacionales:

- a) Promover los Convenios y Acuerdos Bilaterales con instituciones y organismos regionales, nacionales y supranacionales que posibiliten la ejecución de las actividades contempladas en los diferentes Programas y velar por el correcto desarrollo de los mismos.
- b) Organizar la movilidad de estudiantes, docentes y personal de administración y servicios de la UEx.
- c) Planificar, difundir y desarrollar las convocatorias anuales enmarcadas en los Programas de Movilidad que sean materia de su competencia.



- d) Informar a los miembros de la UEx e instituciones socias interesados en participar en los diferentes Programas de Movilidad.
- e) Asesorar técnicamente a los Centros de la UEx en la gestión de Programas de Movilidad.
- f) Ejecutar técnica y financieramente los Programas de Movilidad de acuerdo con las directrices establecidas en los Convenios y Acuerdos Interinstitucionales.
- g) Elaborar los informes técnicos y financieros de acuerdo con las directrices establecidas en los Convenios y Acuerdos Interinstitucionales.
- h) Evaluar el funcionamiento de los Programas de Movilidad en los que participa la UEx y, en su caso, elaborar propuestas que garanticen la calidad de los mismos.
- i) Actuar como unidad administrativa central para la recepción e integración de los participantes en Programas de Movilidad procedentes de instituciones socias.
- j) Promover la celebración de actividades y eventos que mejoren la proyección internacional de la UEx.
- k) Diseñar, coordinar y enmarcar las propuestas de proyectos que, en materia de su competencia, se generen desde la comunidad universitaria, y buscar la financiación para el desarrollo de dichas propuestas.

Programa de movilidad de estudiantes vigentes en la Universidad de Extremadura

Entre los distintos programas de movilidad a los que actualmente tiene acceso el alumnado, pueden destacarse, entre otros de carácter más específico:

- Programa ERASMUS, con sus dos modalidades de Estudios (para proseguir estudios en Universidades europeas) o Prácticas (para la realización de prácticas en empresas europeas)
- Programa SICUE/Séneca, (Sistema de Intercambio entre Centros Universitarios Españoles).
- Programa AMERICAMPUS, para proseguir estudios en Universidades y Centros Educativos americanos).
- Programas de Becas Internacionales SANTANDER-Universidad de Extremadura (para el desarrollo de estancias educativas en Universidades latinoamericanas).

Convenios de movilidad actuales de la Escuela de Ingenierías Industriales:

La Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura tiene 4 planes de movilidad con Universidades que tienen títulos similares en el ámbito de la Ingeniería:

ERASMUS

- Université de Poitiers (Francia)
- Università degli Studi di Padova (Italia)
- Università degli Studi di Roma "La Sapienza" (Italia)
- Universidade Nova de Lisboa (Portugal)
- Universidad de Évora (Portugal)
- Universidad de Oporto (Portugal)
- Universidade Técnica de Lisboa (Portugal)
- Yeditepe University (Istanbul) (Turquía)



SICUE

- Universidad de Castilla-La Mancha
- Universidad de las Palmas de Gran Canaria
- Universidad de León
- Universidad Miguel Hernández de Elche
- Universidad Politécnica de Valencia
- Universidad Rey Juan Carlos
- Universidad de Cantabria
- Universidad de Córdoba
- Universidad de Huelva
- Universidad de Jaén
- Universidad de La Rioja
- Universidad de Málaga
- Universidad de Oviedo
- Universidad de Salamanca
- Universidad de Sevilla
- Universidad de Zaragoza
- Universidad Politécnica de Cartagena
- Universidad Politécnica de Cataluña
- Universidad Politécnica de Valencia
- Universidade da Coruña
- Universitat Rovira i Virgili

BECAS INTERNACIONALES BANCAJA

- Instituto Tecnológico de Sonora (México)
- Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (México)

BECAS INTERNACIONALES SANTANDER

- Universidad Nacional de Cuyo (Argentina)
- Universidad Nacional del Salvador (Argentina)
- Instituto Tecnológico de Sonora (México)
- Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (México)

Además, mantiene un convenio de movilidad con la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (México)

A pesar de la amplia variedad de universidades donde poder realizar una estancia formativa no se contempla esta actividad en el presente Máster dado que tanto la petición para realizar la estancia y la elección del centro en la Universidad de Extremadura deben hacerse a mediados del curso anterior a aquel en el que ésta se vaya a realizar. Dado que este título tiene una duración de solo un año académico no parece, por tanto, razonable pretender que un alumno realice una petición de estancia en otro centro antes de haberse matriculado en el título para el que va a hacer esa estancia.



Adaptación del plan de estudios verificado originalmente al plan de estudios modificado en 2022

El plan de estudios propuesto representa una modificación y redistribución de contenidos en la materia "Fundamentos Matemáticos" y un cambio de dos asignaturas optativas por una nueva y la de "Prácticas Externas", también de carácter optativo. La tabla de reconocimiento entre asignaturas de ambos planes es la siguiente:

Vesión antigua del Máster	Nueva versión del M ^º Máster
MÉTODOS NUMÉRICOS	MÉTODOS NUMÉRICOS
ECUACIONES DIFERENCIALES	ECUACIONES DIFERENCIALES
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS
PROGRAMACIÓN AVANZADA	PROGRAMACIÓN AVANZADA
INTELIGENCIA COMPUTACIONAL	INTELIGENCIA COMPUTACIONAL
VISIÓN POR COMPUTADOR	VISIÓN POR COMPUTADOR
HERRAMIENTAS DE CÁLCULO AVANZADO	HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN AVANZADA
SISTEMAS DIGITALES AVANZADOS	ASIGNATURA OPTATIVA
MÉTODOS NUMÉRICOS EN MECÁNICA ESTRUCTURAL	ASIGNATURA OPTATIVA
DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL APLICADA	DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL APLICADA
SIMULACIÓN EN INGENIERÍA DE MÁQUINAS	SIMULACIÓN EN INGENIERÍA DE MÁQUINAS
DINÁMICA NO LINEAL	DINÁMICA NO LINEAL
FÍSICA ESTADÍSTICA COMPUTACIONAL	FÍSICA ESTADÍSTICA COMPUTACIONAL
OPTIMIZACIÓN Y COMPLEJIDAD	OPTIMIZACIÓN Y COMPLEJIDAD

GARANTÍA DE LOS DERECHOS DE LOS ESTUDIANTES MATRICULADOS EN EL MÁSTER EN SIMULACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA

Se garantizarán los derechos adquiridos de los estudiantes matriculados en cualquiera de los cursos y asignaturas del plan de estudios. Así:

- Los estudiantes que hayan iniciado sus enseñanzas en la titulación a extinguir conservarán el derecho a concluir sus estudios.
- Se mantendrán seis convocatorias de examen en los tres cursos académicos siguientes.
- Realizadas estas convocatorias, aquellos alumnos que no hubieren superado las pruebas deberán abandonar la titulación y continuar sus estudios por este nuevo plan de estudios según el sistema de adaptación previsto. En todo caso, el alumno podrá solicitar voluntariamente el cambio de plan de estudios correspondiente a partir de la supresión del título, teniendo derecho al reconocimiento de sus estudios anteriores según los criterios expuestos.
- En todo caso, la UEx garantiza el desarrollo de acciones específicas de tutoría y orientación para los alumnos repetidores en el título a extinguir, así como a los alumnos que cambien voluntaria o forzosamente de titulación debido a su extinción.

