



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y
Energía

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

63000145 - Simulación Numérica II: Aplicaciones Mediante Códigos Numéricos

PLAN DE ESTUDIOS

06AF - Máster Universitario En Ingeniería De Minas

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	15

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	63000145 - Simulacion Numerica II: Aplicaciones Mediante Codigos Numericos
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Segundo curso
Semestre	Cuarto semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	06AF - Máster Universitario en Ingeniería de Minas
Centro responsable de la titulación	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
Curso académico	2024-25

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Santiago De Vicente Cuenca	610	santiago.devicente@upm.es	Sin horario. Solicitar por email
Anastasio Pedro Santos Yanguas (Coordinador/a)	632	tasio.santos@upm.es	Sin horario. Solicitar por email

Luis Javier Perez Perez	303-M3	luisjavier.perez@upm.es	Sin horario. Solicitar por e-mail
-------------------------	--------	-------------------------	--------------------------------------

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Modelizacion I: Mecanica De Medios Continuos
- Modelizacion Ii: Dinamica De Estructuras Y Petroquimica
- Simulacion Numerica I: Formulacion Y Metodos De Resolucion

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Máster Universitario en Ingeniería de Minas no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB09 - 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

CE01 - Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyectos, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería de minas.

CE14 - Realización, presentación y defensa de un trabajo realizado individualmente consistente en un proyecto integral de ingeniería de minas de naturaleza profesional en el que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas

CG18 - Conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de métodos matemáticos, analíticos y numéricos de la ingeniería, mecánica de fluidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estructuras, carboquímica, petroquímica y geotecnia

CT01 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios en lengua inglesa

CT02 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT03 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas

CT04 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo

CT05 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente

CT06 - Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos

CT07 - Capacidad para trabajar en contextos internacionales

4.2. Resultados del aprendizaje

RA56 - Aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión

RA55 - Plantear y resolver problemas matemáticos avanzados en el contexto de la Ingeniería de Minas

RA192 - Utilizar códigos numéricos profesionales para la simulación numérica y optimización de problemas industriales en Ingeniería

RA191 - Aplicar métodos numéricos de aproximación en la resolución de problemas en derivadas parciales de la Ingeniería

RA57 - Análisis e interpretación de los resultados obtenidos

RA58 - Aplicación a los campos de mecánica de fluidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estructuras, geotecnia, carboquímica y petroquímica.

RA207 - Utilizar distintos métodos para comunicar sus conclusiones, de forma clara y sin ambigüedades, y el conocimiento y los fundamentos lógicos que las sustentan, a audiencias especializadas y no especializadas con el tema, en contextos nacionales e internacionales

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La Asignatura se enmarca dentro del módulo de formación científica "*Modelización y Simulación Numérica en Ingeniería*" del *Máster Universitario en Ingeniería de Minas*. Constituye la última asignatura de este bloque y tiene un marcado carácter práctico, no perdiendo nunca de vista que se trata de formar usuarios muy cualificados, pero usuarios, de las Matemáticas. La asignatura debe preparar a los estudiantes para el manejo con criterio (selección, comprobación de resultados, etc.) de códigos profesionales de simulación numérica, y debe tener una carga conceptual considerable si se pretende ir más allá de dar unas cuantas reglas prácticas exentas de sustancia. Se promoverá un enfoque de *resolución de problemas* y de *estudio del caso* utilizando problemas de interés industrial, y no solo académico. Como principio general, se potenciará el *trabajo del estudiante*, con un seguimiento muy personalizado. Deberán fomentarse las habilidades del alumno para *redactar con criterio* y para *preparar y realizar exposiciones en público de un modo claro y sin ambigüedades*. Se promoverá tanto el *trabajo en equipo* como el *trabajo interdisciplinar*. La *evaluación* se realizará, en gran parte, *mediante trabajos*, no mediante exámenes, asegurando el trabajo personal y potenciando la honradez intelectual de los estudiantes. Al menos uno de los trabajos consistirá en la realización, presentación y defensa de un proyecto. El principio fundamental que regirá la filosofía de la Asignatura es que "*a modelar se aprende modelando*".

La Asignatura se divide en tres bloques temáticos de igual duración (1,5 ECTS con 15 horas presenciales cada uno):

1. TALLER DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica (1,5 C.)

Este primer bloque temático se consagra, en primer lugar, a repasar en un marco conceptual amplio el origen de los modelos matemáticos en ecuaciones en derivadas parciales de la Física y de la Ingeniería, y a explicitar las relaciones entre ellos. Se considerarán los modelos fundamentales que es necesario conocer y manejar para el uso correcto del software profesional de simulación. Todo ello aderezado con abundantes ejemplos procedentes del mundo industrial. En segundo lugar, se aprenderá a utilizar correctamente las técnicas de modelización en el estudio de casos sencillos pero típicos de problemas provenientes del mundo industrial y de las aplicaciones. Se prestará especial atención al planteamiento matemático correcto del problema práctico: selección de las ecuaciones y de los términos que representen los mecanismos físicos que intervengan en el problema, condiciones de contorno e iniciales adecuadas, ?

? Principios y Ecuaciones de Conservación. Condiciones Iniciales y de Contorno.

? Modelos Matemáticos de los Medios Continuos: Mecánica de Sólidos, Mecánica de Fluidos y Transmisión de Calor.

? Modelos Matemáticos del Electromagnetismo: Electroestática y Magnetostática.

? Técnicas de Modelización: Modelos adimensionales. Ejemplos.

2. TALLER DE SIMULACIÓN NUMÉRICA CON 2 CÓDIGOS PROFESIONALES: Aspectos Prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs (1,5 C.)

En el segundo bloque temático se repasarán las ideas esenciales de la simulación numérica de modelos matemáticos en EDPs, haciendo especial hincapié en algunos aspectos prácticos clave y en los métodos numéricos fundamentalmente utilizados por el software de tipo profesional. En este contexto, se aprenderá a utilizar correctamente un par de códigos profesionales de simulación numérica, prestando especial atención no solo al planteamiento matemático correcto del problema práctico, sino también a la selección de los métodos numéricos más adecuados para una simulación numérica eficiente del problema mediante el código de cálculo en cuestión. Por último, se hará hincapié en la visualización de los resultados obtenidos, así como a su análisis e interpretación en el contexto de los problemas industriales propuestos. La metodología de trabajo será, como en el bloque anterior, la de estudio de casos típicos y la de resolución de problemas sencillos provenientes del mundo industrial.

? Estructura y organización del código.

? Mallado del dominio de cálculo. Selección de métodos de mallado y de la interpolación.

? Selección del modelo en derivadas parciales. Propiedades materiales.

? Selección de los métodos de resolución de sistemas algebraicos lineales y/o no lineales.

? Elección adecuada de los métodos de aproximación en tiempo.

? Visualización de la solución. Análisis de la misma.

3. PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS (1,5 C.)

El último bloque temático se dedicará a que los estudiantes, bien sea de manera individual bien en grupo, realicen,

con ayuda del profesor, un miniproyecto completo de modelización y de simulación numérica relativo a un problema sencillo de tipo industrial. Se prestará una atención muy especial a la redacción de un informe riguroso y detallado sobre los distintos aspectos de la resolución del problema (descripción práctica del problema, modelo matemático detallado, métodos de simulación numérica empleados,?) haciendo hincapié en la interpretación y análisis de los resultados obtenidos en relación al problema industrial resuelto. Por último, los estudiantes deberán preparar una exposición pública resumida de su problema, del modelo matemático propuesto, de los métodos empleados para su simulación y de los resultados obtenidos. La evaluación de este bloque se realizará en base al informe y a la presentación realizada por cada estudiante.

? Problema Industrial.

? Modelo Matemático.

? Aproximación Numérica.

? Simulación Numérica mediante uno de los dos códigos estudiados durante el curso.

? Visualización de resultados.

? Análisis e interpretación de resultados.

? Informe Final.

? Exposición pública y Evaluación del Proyecto

5.2. Temario de la asignatura

1. TALLER DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica (1,5 C).
2. TALLER DE SIMULACIÓN NUMÉRICA CON 2 CÓDIGOS PROFESIONALES: Aspectos Prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs (1 C.)
3. PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS (2 C.)

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	TALLER DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	TALLER DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	TALLER DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	TALLER DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	TALLER DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	TALLER DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral TALLER DE SIMULACIÓN NUMÉRICA CON 2 CÓDIGOS PROFESIONALES: Aspectos Prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	TALLER DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: Modelos en EDPs. Una Visión Práctica Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	TALLER DE SIMULACIÓN NUMÉRICA CON 2 CÓDIGOS PROFESIONALES: Aspectos Prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	TALLER DE SIMULACIÓN NUMÉRICA CON 2 CÓDIGOS PROFESIONALES: Aspectos Prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	TALLER DE SIMULACIÓN NUMÉRICA CON 2 CÓDIGOS PROFESIONALES: Aspectos Prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	TALLER DE SIMULACIÓN NUMÉRICA CON 2 CÓDIGOS PROFESIONALES: Aspectos Prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

7		<p>TALLER DE SIMULACIÓN NUMÉRICA CON 2 CÓDIGOS PROFESIONALES: Aspectos Prácticos de la Simulación Numérica de los Modelos Matemáticos en EDPs Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
8	<p>Ejercicio de Seguimiento del Aprendizaje (ESA) Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>	<p>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		<p>Ejercicio de Seguimiento del Aprendizaje (ESA) Simulación (Evaluación progresiva)) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>
9		<p>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
10		<p>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
11		<p>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
12		<p>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
13		<p>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
14		<p>PRÁCTICAS BASADAS EN PROYECTOS Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
15	<p>Presentación de los trabajos de simulación Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p>Realización, exposición y defensa en público del proyecto. PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 03:00</p>
16				
17				<p>Examen Final Ordinario (solo examen final) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Global Presencial Duración: 04:00</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del

plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Ejercicio de Seguimiento del Aprendizaje (ESA) Simulación (Evaluación progresiva))	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	40%	4 / 10	CB09 CG18 CT03 CE01
15	Realización, exposición y defensa en público del proyecto.	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	03:00	60%	4 / 10	CB09 CT04 CT05 CG18 CT03 CE01

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final Ordinario (solo examen final)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CT05 CG18 CB09 CT04 CT03 CE01

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Final extraordinario (solo examen final)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CB09 CT04 CT05 CG18 CT03 CE01

7.2. Criterios de evaluación

SISTEMA DE EVALUACIÓN PROGRESIVA (CONVOCATORIA ORDINARIA)

1. Ejercicio de Seguimiento del aprendizaje (ESA). Bloque Simulación. (40%).
2. Proyecto de simulación y exposición pública de los trabajos (60%).

Para superar la Asignatura mediante Evaluación Continua se deben cumplir los dos requisitos siguientes:

1. Obtener, al menos, el 40% de la puntuación en cada una de las actividades 1 y 2.
2. Obtener, al menos, el 50% de la puntuación total.

SISTEMA DE EVALUACIÓN MEDIANTE EXAMEN FINAL (CONVOCATORIA ORDINARIA Y EXTRAORDINARIA)

Examen Final (100%). Para el aprobado debe obtenerse, al menos, el 50% de la puntuación.

El examen consistirá en una parte teórica que puede incluir formulación del problema a estudiar, y en la posterior resolución del modelo planteado con el Código de EE FF de referencia en el curso.

(*) Los alumnos que no hayan alcanzado el mínimo requerido para superar la asignatura en la actividad de evaluación 1, suspenderán la convocatoria ordinaria y no podrán realizar el Proyecto.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
G. Allaire (2007). Numerical Analysis and Optimization. An Introduction to Mathematical Modelling and Numerical Simulation. Series in Numerical Mathematics and Scientific Computation. Oxford University Press.	Bibliografía	Libro de texto
Apuntes de Mecánica de Medios Continuos- Ignacio Romero	Bibliografía	http://bigmac.mecaest.etsii.upm.es/Site/MMC_files/apuntes.pdf
C. ARANGALA, N.S. LUKE, K.A. YOKLEY (2018). Mathematical Modeling. Branching beyond Calculus. CRC Press.	Bibliografía	
N. BELLOMO, E. DE ANGELIS, M. DELITALA (2008). Lecture Notes on Mathematical Modelling in Applied Sciences. Department of Mathematics. Politecnico Torino.	Bibliografía	
F. BRAUER, C. CASTILLO-CHÁVEZ (2012). Mathematical Models in Population Biology and Epidemics (Second Edition). Springer-Verlag.	Bibliografía	
L. EDELSTEIN-KESHET (2005). Mathematical Models in Biology. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM)	Bibliografía	

F.R. GIORDANO, W.P. FOX, S.B. HORTON (2014). A First Course in Mathematical Modeling (Fifth Edition). Brooks/Cole, Cengage Learning.	Bibliografía	
M.S. Gockenbach (2002). Partial Differential Equations. Analytical and Numerical Methods. SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics).	Bibliografía	Libro de Consulta
K. Masatsuka (2013). I do like CFD, Vol. 1. Governing Equations and Exact Solutions. CRADLE.	Bibliografía	Libro de Consulta
R.M.M. Mattheig, S.W. Rienstra, J.H.M. ten Thije Boonkamp (2005). Partial Differential Equations. Modeling, Analysis, Computation. SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics). Monographs on Mathematical Modeling and Computation.	Bibliografía	Libro de Consulta
S. Salsa (2008). Partial Differential Equations in Action: From Modelling to Theory. Springer.	Bibliografía	Libro de Consulta
L.A. SEGEL, L. EDELSTEIN-KESHET (2013). A Primer on Mathematical Models in Biology. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM)	Bibliografía	
R. Temam, A. Miranville (2005). Mathematical Modeling in Continuum Mechanics (2nd Ed.). Cambridge University Press.	Bibliografía	Libro de Consulta

S. de Vicente (2003). Ecuaciones en Derivadas Parciales de los Medios Continuos. DMAMI UPM.	Bibliografía	Libro de Consulta
List of Finite Elements Packages	Recursos web	https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_finite_element_software_packages
Comparison Chart of Finite Element Analysis (FEA) Programs	Recursos web	http://feacompare.com

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Estimación de la carga horaria

El seguimiento de la Asignatura mediante evaluación continua requiere de aproximadamente 50 horas presenciales (incluyendo clases, actividades de seguimiento, talleres, prácticas y examen) por parte del estudiante. Éste debe dedicar aproximadamente otras 70 horas de trabajo personal (de las que unas 6 horas corresponden a la realización de los talleres). La carga total horaria estimada es de 120 horas de trabajo, correspondientes a 8 horas semanales.

Comunicación

La comunicación con el profesorado se hará presencialmente en horario de tutorías y, como vía alternativa, de forma no presencial mediante correo electrónico en cualquier horario. Los profesores intentaremos responder en menos de 24 horas.

Esta asignatura se relaciona con el ODS4 y el ODS9