



## 1. DATOS GENERALES

**Asignatura:** MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN INGENIERÍA CIVIL**Código:** 310800**Tipología:** OBLIGATORIA**Créditos ECTS:** 9**Grado:** 2343 - MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**Curso académico:** 2021-22**Centro:** 603 - E.T.S. INGENIERIA DE CAMINOS DE C. REAL**Grupo(s):** 20**Curso:** 1**Duración:** Primer cuatrimestre**Lengua principal de impartición:** Inglés**Segunda lengua:** Español**Uso docente de otras lenguas:****English Friendly:** N**Página web:****Bilingüe:** N**Profesor:** GABRIEL FERNANDEZ CALVO - Grupo(s): 20

| Edificio/Despacho | Departamento | Teléfono | Correo electrónico        | Horario de tutoría                         |
|-------------------|--------------|----------|---------------------------|--------------------------------------------|
| Politecnico 2-D31 | MATEMÁTICAS  | 6218     | gabriel.fernandez@uclm.es | Se proporcionará al comienzo de las clases |

## 2. REQUISITOS PREVIOS

Los siguientes requisitos previos son esenciales o altamente recomendables para que el alumnado pueda seguir, sin lagunas conceptuales significativas, los contenidos del curso

- Conocimiento de cálculo de una y varias variables (tanto diferencial como integral). Requisito esencial.
- Conocimiento de cómo resolver sistemas lineales y resultados básicos de álgebra lineal. Requisito esencial.
- Métodos analíticos básicos para resolver ecuaciones diferenciales (tanto ordinarias como parciales). Requisito esencial.
- Familiaridad con las técnicas elementales de interpolación y aproximación de funciones y datos. Muy recomendable.
- Familiaridad con el entorno de programación de MATLAB. Muy recomendable. También se aconseja que, si no se ha manejado nunca MATLAB, al menos se conozcan otros lenguajes de programación orientados al cálculo numérico (e.g. Python, Octave, Julia, Mathematica, etc).
- Familiaridad con modelos y ecuaciones que surgen en Mecánica de Materiales, Medios Continuos e Hidrología. Muy recomendable.

## 3. JUSTIFICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS, RELACIÓN CON OTRAS ASIGNATURAS Y CON LA PROFESIÓN

Hoy en día, la gran mayoría de empresas y firmas de ingeniería de todo el mundo utilizan software de modelado durante las fases de diseño y desarrollo de proyectos. Se espera que los egresados sean capaces no solo de dominar el uso de programas específicamente concebidos (y que, a menudo, son muy costosos) para tareas de simulación y computación, sino también de comprender los elementos esenciales que componen esos programas. Además de lo anterior, es de gran importancia que durante su formación los estudiantes desarrollen habilidades para construir modelos matemáticos a distintas escalas de complejidad y que puedan formular y resolver problemas planteados inicialmente de forma no matemática, ya que ello les será de enorme utilidad en escenarios profesionales de la Ingeniería. Un objetivo general de este Curso es que los alumnos adquieran aquellas competencias específicas que les permitan aplicar un amplio espectro de herramientas matemáticas de manera eficaz en contextos muy diversos de la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. En años recientes se ha puesto de manifiesto de manera creciente, en ámbitos profesionales de la Ingeniería, que aquellos ingenieros con una formación sólida en modelado matemático y manejo de software de simulación, y que muestren aptitudes para encontrar soluciones creativas e innovadoras a nuevos desafíos son los que acaban siendo más demandados por las empresas.

Por todo lo anteriormente mencionado, este Curso persigue proporcionar las herramientas necesarias a los estudiantes del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos con el objetivo de que adquieran y desarrollen competencias específicas de modelado matemático útiles a nivel profesional. Revisaremos los métodos numéricos elementales (algunos de los cuales ya fueron estudiados durante el Grado en Ingeniería Civil y Territorial) y presentaremos técnicas más avanzadas para resolver problemas que, muy a menudo, se plantearán en un contexto no matemático y con información mínima. También debe mencionarse que parte de los contenidos de este curso serán útiles en otras asignaturas del Máster tales como Puertos y Costas, Mecánica de Medios Continuos y Ciencia de Materiales, Economía y Planificación del Transporte, Ingeniería Geotécnica, Obras y Aprovechamientos Hidroeléctricos y, muy especialmente, para el Trabajo Fin de Máster (particularmente cuando este requiera del desarrollo de aplicaciones de modelado). El objetivo a largo alcance es que los estudiantes adquieran competencias específicas que les permitan abordar diferentes problemas y situaciones de una manera matemática y resolverlos mediante los métodos y técnicas estudiados o incluso otros nuevos creados por ellos.

## 4. COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN QUE LA ASIGNATURA CONTRIBUYE A ALCANZAR

## Competencias propias de la asignatura

| Código | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AFC1   | 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, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería civil. |
| CB06   | 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| CB07   | 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                                                                                                                                                                                                                                       |
| 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                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| G01    | Capacidad científico-técnica y metodológica para el reciclaje continuo de conocimientos y el ejercicio de las funciones profesionales de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, planificación, dirección, gestión, construcción, mantenimiento, conservación y explotación en los campos de la ingeniería civil.                                                                                                                                                      |
| G17    | 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, ingeniería del terreno, ingeniería marítima, obras y aprovechamientos hidráulicos y obras lineales.                                                                                                                                                            |
| G18    | Capacidad para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas y tecnológicas dentro de su ámbito temático, en contextos interdisciplinares y, en su caso, con alta componente de transferencia del conocimiento.                                                                                                                                                                                                                                       |
| G19    | Conocimiento de los últimos desarrollos y aplicaciones de la tecnología a la ingeniería civil en todos sus ámbitos, así como sus nuevos retos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| G21    | Capacidad para aplicar herramientas de optimización como auxilio en las tomas de decisiones, así como para discernir propuestas de explotación compatibles con las restricciones y singularidades de la infraestructura construida.                                                                                                                                                                                                                                           |
| G25    | Capacidad para identificar, medir, enunciar, analizar y diagnosticar y describir científica y técnicamente un problema propio del ámbito de la ingeniería civil                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| G27    | Capacidad para comunicarse en una segunda lengua.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| G28    | Capacidad para trabajar en un contexto internacional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| G29    | Capacidad de gestión y el trabajo en equipo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## 5. OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE ESPERADOS

### Resultados de aprendizaje propios de la asignatura

#### Descripción

Formular matemáticamente y resolver cuantitativamente un problema que involucre ecuaciones diferenciales (ordinarias y/o parciales) mediante el uso de técnicas analíticas y/o métodos numéricos.

Desarrollar y programar códigos para implementar los métodos numéricos estudiados en la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias y/o parciales que aparecen en el ámbito de la ingeniería civil.

Abordar de manera eficiente problemas computacionalmente costosos.

Emplear técnicas de estimación de cantidades y errores asociados.

Reforzar su capacidad de razonamiento deductivo

Resolver problemas básicos de optimización y control óptimo que surgen en la planificación y gestión de la ingeniería civil.

Aumentar su capacidad de abstracción.

Emplear plataformas de software para tratar numéricamente problemas que surgen en el ámbito de la ingeniería civil.

## 6. TEMARIO

**Tema 1: Introducción a la Modelización Matemática en Ingeniería Civil**

**Tema 2: Introducción al uso de Plataformas de Cálculo Numérico Avanzado: MATLAB**

**Tema 3: Revisión de Métodos Numéricos Básicos**

**Tema 4: Solución Numérica de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias**

**Tema 5: Solución Numérica de Ecuaciones en Derivadas Parciales**

**Tema 6: Métodos de Optimización en la Ingeniería Civil**

## 7. ACTIVIDADES O BLOQUES DE ACTIVIDAD Y METODOLOGÍA

| Actividad formativa                           | Metodología                         | Competencias relacionadas (para títulos anteriores a RD 822/2021)  | ECTS | Horas | Ev | Ob | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------|-------|----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Enseñanza presencial (Teoría)<br>[PRESENCIAL] | Método expositivo/Lección magistral | AFC1 CB06 CB07 CB09<br>CB10 G01 G17 G18 G19<br>G21 G25 G27 G28 G29 | 1.36 | 34    | N  | -  | Los temas tratados en el curso se expondrán en el aula a través de transparencias/pizarra. También se aportarán apuntes y selección bibliográfica en el Campus Virtual de la asignatura.                                                                                                           |
|                                               |                                     |                                                                    |      |       |    |    | Tras la exposición de un tema, se propondrán series de problemas para que los estudiantes los resuelvan y presenten durante la clase. Estas sesiones son de especial relevancia ya que proporcionan las competencias para asimilar los contenidos del curso y facilitar la preparación del examen. |

|                                                 |                                       |                                                              |      |    |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------|----|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL]    | Aprendizaje basado en problemas (ABP) | AFC1 CB06 CB07 CB09 CB10 G01 G17 G18 G19 G21 G25 G27 G28 G29 | 0.6  | 15 | S | N | Con objeto de que esta actividad formativa sea evaluable, será necesario que el alumno exponga, de manera individual durante las sesiones (que se informarán con antelación a lo largo del curso), al resto de la clase las soluciones parciales/completas a los problemas que haya abordado. Dependiendo del nivel de dificultad de los problemas (que se especificará con antelación en las colecciones de problemas), así como del desempeño demostrado por el estudiante, se asignará una puntuación por cada problema expuesto.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Prácticas en aulas de ordenadores [PRESENCIAL]  | Aprendizaje basado en problemas (ABP) | AFC1 CB06 CB07 CB09 CB10 G01 G17 G18 G19 G21 G25 G27 G28 G29 | 0.76 | 19 | S | S | Otro aspecto clave de este curso es aprender a desarrollar programas para resolver problemas computacionales utilizando los métodos numéricos estudiados. El alumnado puede traer su propio portátil a las sesiones computacionales, que tendrán lugar después de completar los temas que llevan asociada una práctica de ordenador (las fechas específicas se anunciarán con antelación durante el curso). Los estudiantes aprenderán a usar al menos un entorno de programación: MATLAB. Otros entornos de código abierto, como Python, Julia, Maxima u Octave también serán aceptados si los estudiantes son competentes en su uso, aunque se proporcionará menos apoyo. Durante estas sesiones se propondrá un problema computacional enmarcado en un ámbito aplicado de la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Este problema se resolverá individualmente o en equipos pequeños (la modalidad y tiempo disponible se especificará previamente). La mayoría de los problemas computacionales deberán completarse durante la clase. Los estudiantes deberán enviar sus programas desarrollados a través de Campus Virtual. Estas sesiones no se repetirán ni son recuperables. |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA] | Trabajo autónomo                      | AFC1 CB06 CB07 CB09 CB10 G01 G17 G18 G19 G21 G25 G27 G28 G29 | 0.8  | 20 | N | - |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Prueba final [PRESENCIAL]                       | Pruebas de evaluación                 | CB06 CB07 CB09 G01 G17 G18 G19 G21 G25 G27 G28 G29           | 0    | 0  | S | S | Los estudiantes dispondrán de dos convocatorias Ordinaria y Extraordinaria para la realización del examen. En cualquiera de las dos convocatorias la prueba tendrá la misma estructura: consistirá en un cuestionario en el que el alumno podrá elegir un subconjunto de cuestiones del total propuesto seguido por tres-cuatro problemas de desarrollo a completar en el plazo de unas 4 horas. Cualquiera de estos exámenes incorporará contenidos de todo el curso. Puesto que los exámenes requerirán competencias diversas destinadas a la resolución de problemas, es muy aconsejable que los alumnos atiendan con regularidad a las sesiones de problemas propuestos o bien, que de forma autónoma, se habitúen a resolver tantos como puedan. Esta actividad se realiza fuera del periodo de clases.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Estudio o preparación de pruebas                | Trabajo autónomo                      | AFC1 CB06 CB07 CB09 CB10 G01 G17 G18 G19                     | 3.68 | 92 | N | - |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                                     |                                          |                                                                    |                                                |            |   |   |  |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------|---|---|--|
| [AUTÓNOMA]                                          |                                          | G21 G25 G27 G28 G29                                                |                                                |            |   |   |  |
| Foros y debates on-line<br>[AUTÓNOMA]               | Foros virtuales                          | CB06 CB07 CB09 G01 G17<br>G18 G19 G27 G28 G29                      | 0.2                                            | 5          | N | - |  |
| Elaboración de informes o trabajos<br>[AUTÓNOMA]    | Aprendizaje basado en<br>problemas (ABP) | AFC1 CB06 CB07 CB09<br>CB10 G01 G17 G18 G19<br>G21 G25 G27 G28 G29 | 1.6                                            | 40         | N | - |  |
| <b>Total:</b>                                       |                                          |                                                                    | <b>9</b>                                       | <b>225</b> |   |   |  |
| <b>Créditos totales de trabajo presencial: 2.72</b> |                                          |                                                                    | <b>Horas totales de trabajo presencial: 68</b> |            |   |   |  |
| <b>Créditos totales de trabajo autónomo: 6.28</b>   |                                          |                                                                    | <b>Horas totales de trabajo autónomo: 157</b>  |            |   |   |  |

Ev: Actividad formativa evaluable

Ob: Actividad formativa de superación obligatoria (Será imprescindible su superación tanto en evaluación continua como no continua)

| 8. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y VALORACIONES          |                     |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema de evaluación                              | Evaluación continua | Evaluación no continua* | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Resolución de problemas o casos                    | 15.00%              | 0.00%                   | Los alumnos deberán resolver activamente y exponer individualmente, durante las sesiones destinadas a ello, alguno de los problemas propuestos que elijan dentro de las colecciones propuestas. El número de problemas que deberá resolver cada alumno a lo largo del curso dependerá del nivel de dificultad de los mismos (se indicará con antelación al proporcionar las colecciones). Se valorará la metodología utilizada y el grado de desempeño en la resolución y presentación mostrados por el alumno. La ponderación de la nota alcanzada en la resolución de problemas en la calificación global de la asignatura es de un 20%. Esta actividad evaluable se recupera en el examen de cualquiera de las dos convocatorias (Ordinaria/Extraordinaria). |
| Prueba final                                       | 50.00%              | 100.00%                 | Exámenes Ordinario/ Extraordinario. Es importante destacar que se requerirá una nota mínima para el examen final (ya sea la convocatoria Ordinaria/Extraordinaria) con objeto de tener en cuenta las otras actividades evaluables. Esta puntuación mínima es de 4 puntos sobre 10. La ponderación de la nota alcanzada en el examen (en cualquiera de las dos convocatorias) en la calificación global de la asignatura es de un 50%.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Realización de actividades en aulas de ordenadores | 35.00%              | 0.00%                   | Se evaluarán los códigos remitidos por los alumnos para resolver los problemas propuestos en las sesiones computacionales. También se valorarán tanto la interacción con el profesor como la participación activa durante dichas sesiones. Esta actividad formativa no es recuperable. La ponderación de la nota alcanzada en las prácticas con ordenadores en la calificación global de la asignatura es de un 30%.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Total:</b>                                      | <b>100.00%</b>      | <b>100.00%</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

\* En **Evaluación no continua** se deben definir los porcentajes de evaluación según lo dispuesto en el art. 4 del Reglamento de Evaluación del Estudiante de la UCLM, que establece que debe facilitarse a los estudiantes que no puedan asistir regularmente a las actividades formativas presenciales la superación de la asignatura, teniendo derecho (art. 12.2) a ser calificado globalmente, en 2 convocatorias anuales por asignatura, una ordinaria y otra extraordinaria (evaluándose el 100% de las competencias).

#### Criterios de evaluación de la convocatoria ordinaria:

##### Evaluación continua:

Los estudiantes tendrán dos oportunidades para aprobar el curso: en las convocatorias Ordinaria y Extraordinaria. El examen, en cualquiera de ambas convocatorias, presentará la misma estructura: consistirá en un breve cuestionario de problemas cortos a elegir seguido de tres/cuatro problemas de desarrollo. Cualquiera de estos exámenes incluirá todos los contenidos temáticos vistos en el curso. Para hacer media con el resto de actividades evaluables (resolución individual de problemas y realización de prácticas computacionales), el alumno deberá obtener al menos un 4 sobre 10 en cualquiera de los dos exámenes. La calificación final del curso constará de un 50% del examen, un 30% de la realización de prácticas computacionales y un 20% de la resolución individual de problemas o casos con exposición durante la clase. La asignatura se aprueba si la calificación media es al menos de 5 sobre 10.

Las notas correspondientes a las siguientes actividades: resolución de problemas o casos abordados individualmente y/o prácticas computacionales, realizadas todas ellas en el curso anterior, se guardan para el siguiente siempre que se hubiera obtenido en cada una de ellas al menos 4.0 puntos sobre 10.

##### Evaluación no continua:

Por defecto, los estudiantes están en sistema de evaluación continua. Aquellos que decidan optar por la evaluación no continua deberán avisar al profesor de la asignatura antes de la finalización del periodo de clases correspondiente a dicha asignatura y sólo podrán hacerlo si su participación en actividades evaluables (del sistema de evaluación continua) no alcanza el valor del 50% de la evaluación total de la asignatura.

El estudiante deberá realizar una prueba global que incluirá todos los contenidos y competencias del curso. La estructura de esta prueba será más amplia que la de los exámenes de las convocatorias Ordinaria y Extraordinaria. Para aprobar el curso, el estudiante deberá alcanzar al menos una puntuación de 5 sobre 10 en dicha prueba, y esa nota representará el 100% de la calificación del curso.

#### Particularidades de la convocatoria extraordinaria:

En la convocatoria Extraordinaria, cada estudiante estaría en el mismo sistema de evaluación (continua o no continua) que en la convocatoria Ordinaria. Se aplican los mismos criterios que en la convocatoria Ordinaria.

#### Particularidades de la convocatoria especial de finalización:

El estudiante deberá realizar una prueba global que incluirá todos los contenidos y competencias del curso. La estructura de esta prueba será más amplia que la de los exámenes de las convocatorias Ordinaria y Extraordinaria. Para aprobar el curso, el estudiante deberá alcanzar al menos una puntuación de 5 sobre

10 en dicha prueba, y esa nota representará el 100% de la calificación del curso.

| 9. SECUENCIA DE TRABAJO, CALENDARIO, HITOS IMPORTANTES E INVERSIÓN TEMPORAL            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| No asignables a temas                                                                  |            |
| Horas                                                                                  | Suma horas |
| Tema 1 (de 6): Introducción a la Modelización Matemática en Ingeniería Civil           |            |
| Actividades formativas                                                                 | Horas      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]        | 2          |
| Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]    | 2          |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                          | 10         |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]                                    | 1          |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]   | 8          |
| Tema 2 (de 6): Introducción al uso de Plataformas de Cálculo Numérico Avanzado: MATLAB |            |
| Actividades formativas                                                                 | Horas      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]        | 2          |
| Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]    | 1          |
| Prácticas en aulas de ordenadores [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]  | 2          |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                          | 12         |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]   | 2          |
| Tema 3 (de 6): Revisión de Métodos Numéricos Básicos                                   |            |
| Actividades formativas                                                                 | Horas      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]        | 9          |
| Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]    | 4          |
| Prácticas en aulas de ordenadores [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]  | 4          |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                      | 5          |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                          | 20         |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]                                    | 1          |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]   | 8          |
| Tema 4 (de 6): Solución Numérica de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias                |            |
| Actividades formativas                                                                 | Horas      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]        | 6          |
| Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]    | 3          |
| Prácticas en aulas de ordenadores [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]  | 4          |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                      | 5          |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                          | 14         |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]                                    | 1          |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]   | 6          |
| Tema 5 (de 6): Solución Numérica de Ecuaciones en Derivadas Parciales                  |            |
| Actividades formativas                                                                 | Horas      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]        | 8          |
| Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]    | 3          |
| Prácticas en aulas de ordenadores [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]  | 6          |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                      | 5          |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                          | 20         |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]                                    | 1          |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]   | 8          |
| Tema 6 (de 6): Métodos de Optimización en la Ingeniería Civil                          |            |
| Actividades formativas                                                                 | Horas      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]        | 7          |
| Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]    | 2          |
| Prácticas en aulas de ordenadores [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]  | 3          |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                      | 5          |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                          | 16         |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]                                    | 1          |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]   | 8          |
| Actividad global                                                                       |            |
| Actividades formativas                                                                 | Suma horas |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]        | 34         |
| Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]    | 15         |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]   | 40         |
| Prácticas en aulas de ordenadores [PRESENCIAL][Aprendizaje basado en problemas (ABP)]  | 19         |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                      | 20         |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]                          | 92         |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]                                    | 5          |
| Total horas: 225                                                                       |            |

| 10. BIBLIOGRAFÍA, RECURSOS |                    |                           |                   |      |                    |
|----------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|------|--------------------|
| Autor/es                   | Título/Enlace Web  | Editorial                 | Población ISBN    | Año  | Descripción        |
| Sauer, T.                  | Numerical Analysis | Third edition,<br>Pearson | 978-0-13-469645-4 | 2018 | Lessons 3, 4 and 5 |

|                                                            |                                                                                                              |                                                  |                   |      |                       |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|------|-----------------------|
|                                                            |                                                                                                              | Education                                        |                   |      |                       |
| Siauw, T., and Bayen, A.M.                                 | An Introduction to MATLAB Programming and Numerical Methods for Engineers                                    | Academic Press, Elsevier                         |                   | 2015 | Lesson 2              |
| Sioshansi, R., and Conejo, A.J..                           | Optimization in Engineering: Models and Algorithms                                                           | Springer                                         |                   | 2017 | Lesson 6              |
| Hahn, B.D. and Valentine, D.T.                             | Essential MATLAB for Engineers and Scientists                                                                | Seventh edition, Academic Press, Elsevier        | 978-0-08-102997-8 | 2019 | Lesson 2              |
| Simon, V., Weigand, B., and Gomaa, H.                      | Dimensional Analysis for Engineers                                                                           | Springer                                         | 978-3-319-52028-5 | 2017 | Lesson 1              |
| Xue, D                                                     | Differential Equation Solutions with MATLAB                                                                  | De Gruyter                                       | 978-3-11-067524-5 | 2020 | Lessons 4 and 5       |
| Bashier, E.B.M.                                            | Practical Numerical and Scientific Computing with MATLAB and Python                                          | CRC Press, Taylor & Francis Group                | 978-0-42-902198-5 | 2020 | Lessons 3 and 4       |
| Woodford, C., and Phillips, C.                             | Numerical Methods with Worked Examples: MATLAB                                                               | Second edition, Springer                         |                   | 2012 | Lessons 3 and 6       |
| Wouwer, A.V., Saucez, P., and Vilas, C.                    | Simulation of ODE/PDE Models with MATLAB, OCTAVE and SCILAB: Scientific and Engineering Applications         | Springer                                         |                   | 2014 | Lessons 4 and 5       |
| Yang, X.-S.                                                | Optimization Techniques and Applications with Examples                                                       | John Wiley & Sons                                |                   | 2018 | Lesson 6              |
| Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L., and Zhu, J.Z.             | The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals                                                        | Seventh edition, Elsevier                        |                   | 2013 | Lesson 5              |
| Mo, J.P.T, Cheung, S.C.P., and Das, R.                     | Demystifying Numerical Models: Step-by-Step Modeling of Engineering Systems                                  | Elsevier                                         | 978-0-08-100975-8 | 2019 | Lesson 1              |
| Arora, J.S.                                                | Introduction to Optimum Design                                                                               | Fourth edition, Academic Press, Elsevier         |                   | 2016 | Lesson 6              |
| Shankar, P.M.                                              | Differential Equations: A Problem Solving Approach Based on MATLAB                                           | CRC Press, Taylor & Francis Group                |                   | 2018 | Lesson 4              |
| Attaway, S.                                                | MATLAB: A Practical Introduction to Programming and Problem Solving                                          | Fifth edition, Elsevier                          | 978-0-12-815479-3 | 2019 | Lesson 2              |
| Barnes, B., and Fulford, G.R.                              | Mathematical Modelling with Case Studies Using Maple and MATLAB                                              | Third edition, CRC Press, Taylor & Francis Group |                   | 2015 | Lesson 1              |
| Belegundu, A.D., and Chadrapatla, T.R.                     | Optimization Concepts and Applications in Engineering                                                        | Third edition, Cambridge University Press        | 978-1-108-42488-2 | 2019 | Lesson 6              |
| Bungartz, H.-J., Zimmer, S., Buchholz, M., and Pflüger, D. | Modeling and Simulation: An Application-Oriented Introduction                                                | Springer-Verlag                                  |                   | 2014 | Lesson 1              |
| Burden, R.L., Faires, J.D., and Burden, A.M.               | Numerical Analysis                                                                                           | Tenth edition, Brooks/Cole Cengage Learning      |                   | 2016 | Lessons 3 and 4       |
| Butcher, J.C.                                              | Numerical Methods for Ordinary Differential Equations                                                        | Third edition, John Wiley & Sons                 |                   | 2016 | Lesson 4              |
| Bober, W                                                   | MATLAB Essentials A First Course for Engineers and Scientists                                                | CRC Press, Taylor & Francis Group                |                   | 2018 | Lesson 2              |
| Chapra, S.C.                                               | Applied Numerical Methods with MATLAB for Engineers and Scientists                                           | Fourth edition, McGraw-Hill                      |                   | 2017 | Lesson 2              |
| Chapra, S.C., and Canale, R.P.                             | Numerical Methods for Engineers                                                                              | Eight edition, McGraw-Hill                       | 978-1-260-23207-3 | 2021 | Lessons 3, 4, 5 and 6 |
| Chaskalovic, J.                                            | Mathematical and Numerical Methods for Partial Differential Equations: Applications for Engineering Sciences | Springer                                         |                   | 2014 | Lesson 5              |
| Cheney, W., and Kincaid, D.                                | Numerical Mathematics and Computing                                                                          | Seventh edition, Cengage Learning                |                   | 2013 | Lessons 3, 4, 5 and 6 |
| Kharab, A. and Guenther, R.B..                             | An Introduction to Numerical Methods: A MATLAB Approach                                                      | CRC Press, Taylor & Francis Group                | 978-1-138-09307-2 | 2019 | Lessons 2-6           |
| Epperson, J.F.                                             | An Introduction to Numerical Methods and Analysis                                                            | John Wiley & Sons                                |                   | 2013 | Lessons 3 and 4       |
| Whiteley, J.                                               | Finite Element Methods: A Practical Guide                                                                    | Springer                                         |                   | 2017 | Lesson 5              |
| Kochenderfer, M.J., and Wheeler,                           |                                                                                                              | Massachusetts Institute of                       |                   |      |                       |

|                                              |                                                                           |                                                   |                   |      |                    |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|------|--------------------|
| T.A.                                         | Algorithms for Optimization                                               | Technology Press                                  |                   | 2019 | Lesson 6           |
| Gander, W., Gander, M.J., and Kwok, F.       | Scientific Computing: An Introduction using Maple and MATLAB              | Fourth edition, Springer                          |                   | 2014 | Lessons 3, 4 and 6 |
| Gilat, A.                                    | MATLAB: An Introduction with Applications                                 | Fifth edition, John Wiley & Sons                  |                   | 2014 | Lesson 2           |
| Giordano, F.R., Fox, W.P., and Horton, S.B.  | A First Course in Mathematical Modeling                                   | Fifth edition, Brooks/Cole Cengage Learning       |                   | 2014 | Lesson 1           |
| Surana, K.S.                                 | Numerical Methods and Methods of Approximation in Science and Engineering | CRC Press, Taylor & Francis Group                 | 978-0-367-13672-7 | 2019 | Lessons 3 and 4    |
| Eck, C., and Garcke, H., and Knabner, P.     | Mathematical Modeling                                                     | Springer                                          | 978-3-319-55161-6 | 2017 | Lesson 1           |
| Holmes, M.H.                                 | Introduction to Scientific Computing and Data Analysis                    | Springer                                          |                   | 2016 | Lessons 3, 4 and 6 |
| Kiusalaas, J.                                | Numerical Methods in Engineering with MATLAB                              | Third edition, Cambridge University Press         |                   | 2016 | Lessons 3, 4 and 6 |
| Lindfield, G.R., and Penny, J.E.T.           | Numerical Methods using MATLAB                                            | Fourth Edition, Academic Press, Elsevier          | 978-0-12-812256-3 | 2019 | Lessons 3 and 6    |
| Lyche, T., and Merrien, J.-L.                | Exercises in Computational Mathematics with MATLAB                        | Springer-Verlag                                   |                   | 2014 | Lesson 2           |
| Miller, G.                                   | Numerical Analysis for Engineers and Scientists                           | Cambridge University Press                        |                   | 2014 | Lesson 3           |
| Esfandiari, R.S.                             | Numerical Methods for Engineers and Scientists Using MATLAB               | Second edition, CRC Press, Taylor & Francis Group | 978-1-4987-7742-1 | 2017 | Lessons 2-5        |
| Pedregal, P.                                 | Optimization and Approximation                                            | Springer                                          | 978-3-319-64842-2 | 2017 | Lesson 6           |
| Quarteroni, A., Saleri, A., and Gervasio, P. | Scientific Computing with MATLAB and Octave                               | Fourth edition, Springer-Verlag                   |                   | 2014 | Lessons 3 and 6    |
| Rao, S.S.                                    | Engineering Optimization: Theory and Practice                             | Fifth edition, John Wiley & Sons                  | 978-1119454816    | 2019 | Lesson 6           |
| Rao, S.S.                                    | The Finite Element Method in Engineering                                  | Sixth edition, McGraw-Hill                        | 978-0-12-811768-2 | 2018 | Lesson 5           |