

# ANÁLISIS NUMÉRICO APLICADO A LA INGENIERÍA

Curso 2020-2021

(Fecha última actualización: 10/07/2020)

(Fecha de aprobación en Comisión Académica del Máster: 15/07/2020)

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
1º	3	Obligatoria	Presencial / Semipresencial / Virtual	Español
<b>MÓDULO</b>		<b>ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN REHABILITACIÓN</b>		
<b>MATERIA</b>		<b>ANÁLISIS NUMERICO APLICADO A LA INGENIERÍA</b>		
<b>CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO</b>		Escuela Internacional de Posgrado		
<b>MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE</b>		<b>Máster Universitario en Rehabilitación Arquitectónica</b>		
<b>CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA</b>		ETSI de Edificación		
<b>PROFESORADO<sup>(1)</sup></b>				
<b>MARÍA ISABEL BERENGUER MALDONADO</b>				
<b>DIRECCIÓN</b>		E.T.S. Ingeniería de Edificación, 5ª planta, despacho nº 9. Correo electrónico: maribel@ugr.es		
<b>TUTORÍAS</b>		Los horarios de tutoría, lugar de realización y procedimiento serán publicados por los medios habituales utilizados por el Departamento de Matemática Aplicada. Consúltense en: <ul style="list-style-type: none"> <li>la web del Departamento de Matemática Aplicada <a href="https://www.ugr.es/~mateapli/">https://www.ugr.es/~mateapli/</a></li> <li>Acceso Identificado &gt; Aplicaciones &gt; Ordenación Docente.</li> </ul>		
<b>MANUEL RUIZ GALÁN</b>				
<b>DIRECCIÓN</b>		E.T.S. Ingeniería de Edificación, 5ª planta, despacho nº 27. Correo electrónico: <a href="mailto:mruizg@ugr.es">mruizg@ugr.es</a>		
<b>TUTORÍAS</b>		Los horarios de tutoría, lugar de realización y procedimiento serán publicados por los medios habituales utilizados por el Departamento de Matemática Aplicada. Consúltense en: <ul style="list-style-type: none"> <li>la web del Departamento de Matemática Aplicada <a href="https://www.ugr.es/~mateapli/">https://www.ugr.es/~mateapli/</a></li> <li>Acceso Identificado &gt; Aplicaciones &gt; Ordenación Docente.</li> </ul>		

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" (<http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/>!)



## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

### COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

**CB7** - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

**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.

**CG01** - Capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos y de resolución de problemas en el área de estudio, identificando, formulando y resolviendo problemas relacionados con la rehabilitación arquitectónica.

**CG06** - Obtener de forma autónoma, eficiente y crítica información relevante, integrando los datos provenientes de la misma mediante resúmenes, tablas y gráficos, elaborando informes y formulando las conclusiones oportunas.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

**CE17** - Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados en la rehabilitación de edificios, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador.

**CE18** - 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.

## OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

Al finalizar esta asignatura el estudiante deberá:

- Saber diferenciar las ecuaciones diferenciales ordinarias de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.
- Conocer el método de resolución de las EDO lineales de orden 1 y 2.
- Saber aplicar los métodos anteriores a problemas de enfriamiento de edificios y problemas de movimiento vibratorio.
- Comprender el proceso de obtención de formulación variacional de los problemas de contorno unidimensionales, su relación con el problema original y su discretización en un espacio de elementos finitos.
- Entender el concepto de elemento finito unidimensional.
- Identificar qué espacio de elementos finitos es más apropiado utilizar en un problema de contorno determinado.
- Calcular las funciones de base de un espacio de elementos finitos.
- Obtener la matriz de rigidez de un problema mediante el proceso de ensamblaje.
- Desarrollar una programación avanzada de los correspondientes modelos analíticos y numéricos para resolver problemas unidimensionales aplicando el método de los elementos finitos: programación de la base y del proceso de ensamblaje.
- Saber aplicar el método de elementos finitos unidimensional al problema del cable y al problema de la viga.
- Conocer los conceptos básicos del campo de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.
- Conocer las ecuaciones del calor, de ondas y de Laplace.
- Comprender el proceso de obtención de formulación variacional de los problemas de contorno elípticos bidimensionales.
- Entender el concepto de elemento finito bidimensional.
- Programar en un lenguaje de alto nivel los correspondientes modelos analíticos y numéricos para resolver problemas de dos variables aplicando el método de los elementos finitos: programación de la base y del proceso de ensamblaje.



- Saber aplicar el método de elementos finitos bidimensional a problemas de placas.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

Ecuaciones diferenciales ordinarias. Aplicación a problemas de enfriamiento de edificios y al movimiento vibratorio. Resolución mediante el Método de Elementos Finitos de problemas unidimensionales. Programación. Aplicaciones a la Edificación.

Introducción al Método de Elementos Finitos para problemas con ecuaciones en derivadas parciales. Aplicaciones a la Edificación.

Las prácticas se realizarán con el programa *Mathematica*.

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

##### TEMARIO TEÓRICO:

*Tema 1: Ecuaciones diferenciales ordinarias. Aplicación a problemas de enfriamiento de edificios y al movimiento vibratorio.*

Resolución de ecuaciones lineales de primer orden.

Conceptos básicos de EDO lineales de segundo orden: ecuación homogénea, ecuación completa, ecuación característica, conjunto fundamental de soluciones.

Resolución del caso homogéneo.

Resolución del caso no homogéneo: Método de variación de parámetros.

Aplicaciones de las EDO lineales de orden 1 y 2 a problemas de enfriamiento de edificios y al movimiento vibratorio.

*Tema 2: Resolución mediante el Método de Elementos Finitos de problemas unidimensionales. Programación. Aplicaciones a la Edificación.*

Formulación variacional de los problemas de contorno unidimensionales.

Relación con el problema original.

Discretización en un espacio de elementos finitos unidimensionales.

Funciones de base de un espacio de elementos finitos.

Matriz de rigidez.

Proceso de ensamblaje.

Aplicaciones al problema del cable y de la viga.

*Tema 3: Introducción al Método de Elementos Finitos para problemas con ecuaciones en derivadas parciales. Aplicaciones a la Edificación.*

Conceptos básicos sobre ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.

Ecuaciones del calor, de ondas y de Laplace.

Formulación variacional de los problemas de contorno elípticos bidimensionales.

Elementos finitos bidimensionales.

Matriz de rigidez.

Proceso de ensamblaje.

Aplicaciones a problemas de placas.

##### TEMARIO PRÁCTICO:

Práctica 1: Introducción. Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de orden 1. Enfriamiento de edificios.

Práctica 2: Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de orden 2. Movimiento vibratorio.

Práctica 3: Programación del Método de Elementos Finitos para problemas unidimensionales. Problema del cable y de la viga.



Práctica 4: Programación del Método de Elementos Finitos para problemas bidimensionales. Problemas de placas.

#### BIBLIOGRAFÍA

##### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- W.E. Boyce, R.C. Di Prima, *Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera*, Ed. Limusa Wiley, México, 2000.
- R. Haberman, *Ecuaciones en derivadas parciales con series de Fourier y problemas de contorno*, Ed. Prentice-Hall, Madrid, 2003.
- D.V. Hutton, *Fundamentals of Finite Element Analysis*, The McGraw-Hill Companies, 2004.
- R.K. Nagle, E.B. Saff, E. B. A.D. Snider, *Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera*, Ed. Pearson Educación, México, 2001.
- G.F. Simmons, *Ecuaciones diferenciales. Con aplicaciones y notas históricas*, Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- P. Solin, *Partial Differential Equations and the Finite Element Method*, Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey, 2006.

Para la parte de prácticas con ordenador:

- A. Constantinescu, A. Korsunsky, *Elasticity with Mathematica: an introduction to continuum mechanics and linear elasticity*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.
- V. Ramírez, P. González, M. Pasadas, D. Barrera, *Cálculo numérico con Mathematica*, Editorial Ariel, S. A. Barcelona, 2001.

#### ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

- Web del Departamento de Matemática Aplicada: [www.ugr.es/~mateapli/](http://www.ugr.es/~mateapli/)
- Web de la ETSIE: <http://etsie.ugr.es/>
- PRADO: <http://prado.ugr.es/>

#### METODOLOGÍA DOCENTE

Para el desarrollo de esta asignatura las actividades a realizar son las que se indican a continuación:

Clases de teoría: En ellas se expondrán los contenidos desde una perspectiva general, ordenados sistemáticamente, aunque se hará imprescindible la participación por parte del alumnado. Se recomienda al estudiante tomar sus propios apuntes, las anotaciones que crea oportunas (aclaraciones, ejemplos, puntualizaciones, etc.) que unidos a los apuntes facilitados por el profesor completarán el material docente.

Clases de problemas: Se promoverán clases de problemas en las que los estudiantes participen activamente. Se resolverán ejercicios y/o problemas, que contribuirán a aclarar los contenidos teóricos y que servirán al alumnado para resolver otros de forma autónoma.

Clases de prácticas con ordenador: Se realizarán prácticas usando aplicaciones informáticas en las que los alumnos, trabajando por grupos y tutelados por el profesor, aplicarán sus conocimientos para resolver problemas de aplicación con la ayuda del ordenador.



Trabajo autónomo del alumnado: Será el estudio por parte del alumno de los contenidos de los diferentes temas explicados en las clases teóricas, clases de problemas y en las clases prácticas.

Tutorías: En ellas se aclararán u orientarán de forma individualizada o por grupos reducidos los contenidos teóricos y/o prácticos a desarrollar en las diferentes actividades formativas descritas anteriormente.

#### EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

##### CONVOCATORIA ORDINARIA

Atendiendo a la **Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada** (puede consultarse en <https://www.ugr.es/universidad/normativa/texto-consolidado-normativa-evaluacion-calificacion-estudiantes-universidad-granada>), para esta asignatura se propone tanto una **evaluación continua** como otra **única final** (véase apartado siguiente). Tanto para la evaluación continua como para la evaluación única final, todos los aspectos relativos a la evaluación se regirán por las normativas vigentes de la Universidad de Granada, que pueden consultarse en el mencionado enlace.

La **evaluación** será preferentemente **continua**. Las pruebas de evaluación continua constarán de:

- Un único examen de teoría y problemas (sobre 2.5 puntos) que será fechado durante los primeros días de impartición de la asignatura.
- Trabajos prácticos de resolución de problemas (sobre 7.5 puntos), que los profesores irán suministrando a los alumnos a lo largo del desarrollo de la asignatura.

Aquellos estudiantes cuya suma de las calificaciones anteriores sea igual o superior a 5 puntos habrán aprobado la asignatura.

##### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

En esta asignatura, la convocatoria extraordinaria se regirá por las mismas normas de la evaluación única final.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

Aquellos estudiantes que no puedan cumplir con el método de evaluación continua por alguna causa debidamente justificada y contemplada en la Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada, podrán acogerse a la evaluación única final. Deberán solicitarlo en el plazo y en la forma establecidos acreditando los motivos por los que no pueden acogerse al sistema de evaluación continua.

La prueba de evaluación única final constará de un único examen valorado sobre 10 puntos y que tendrá tres partes: teoría, problemas y prácticas con ordenador. La fecha de realización de este examen se fijará en la franja de abril habilitada a tal efecto por la Comisión Académica del Master.



## ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL	
HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
Los horarios de tutoría en el escenario A serán publicados por los medios habituales utilizados por el departamento de Matemática Aplicada <a href="https://mateapli.ugr.es/index.php">https://mateapli.ugr.es/index.php</a>	Foro de Prado establecido al efecto. Videoconferencia con Meet en ordenador concertada en el foro o por correo electrónico en horario de tutorías.
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE	
<ul style="list-style-type: none"><li>En función de la planificación sobre presencialidad realizada por el centro se complementarán, si es necesario, las clases presenciales con clases con videoconferencia (Meet) en el horario oficial de docencia de la asignatura.</li><li>Material de la asignatura en Prado. En dicha plataforma se pone a disposición del alumnado las presentaciones de los contenidos de los temas.</li></ul>	
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)	
Convocatoria Ordinaria	
Se mantienen la estructura, los criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final. Las actividades de <b>evaluación continua</b> serán presenciales, siempre que sea posible, pudiendo sufrir modificaciones el calendario previsto inicialmente en cada grupo. En caso de no ser posible la evaluación presencial de alguna de las actividades, ésta se adaptará a lo especificado en el Escenario B.	
Convocatoria Extraordinaria	
Se mantienen la estructura y los criterios de evaluación. El examen de la convocatoria extraordinaria se realizará de forma presencial, siempre que sea posible. En caso de no ser posible la evaluación presencial se adaptará a lo especificado en el Escenario B.	
Evaluación Única Final	
Se mantienen la estructura y los criterios de evaluación. El examen para aquellos estudiantes que se acojan a la evaluación única final se realizará de forma presencial, siempre que sea posible. En caso de no ser posible la evaluación presencial se adaptará a lo especificado en el Escenario B.	
ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)	
ATENCIÓN TUTORIAL	
HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
Los horarios de tutoría en el escenario B serán publicados por los medios habituales utilizados por el departamento de Matemática Aplicada <a href="https://mateapli.ugr.es/index.php">https://mateapli.ugr.es/index.php</a>	Foro de Prado establecido al efecto. Videoconferencia con Meet en ordenador concertada en el foro o por correo electrónico en horario de tutorías.



#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases teóricas y prácticas con videoconferencia (Meet) en el horario oficial de docencia de la asignatura.
- Material de la asignatura en Prado

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

##### Convocatoria Ordinaria

Se mantiene la estructura, los criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final de las diferentes actividades.

La prueba escrita de la evaluación continua se realizará de manera síncrona utilizando la videoconferencia con Meet. Se utilizará PRADO para el acceso a las pruebas y de subida de los ficheros resultantes. La evaluación de esta prueba se podrá complementar con una entrevista oral individual por videoconferencia, de manera que las explicaciones dadas en la misma serán tenidas en cuenta la calificación.

La defensa de los trabajos prácticos propuestos se hará utilizando la videoconferencia con Meet.

##### Convocatoria Extraordinaria

Se mantienen la estructura y los criterios de evaluación.

El examen se realizará de manera síncrona utilizando la videoconferencia con Meet.

Se utilizará PRADO para el acceso al mismo y para subir de los ficheros resultantes de la realización de éste.

La evaluación del examen se podrá complementar con una entrevista oral individual por videoconferencia, de manera que las explicaciones dadas en la misma serán tenidas en cuenta la calificación.

##### Evaluación Única Final

Se mantienen la estructura y los criterios de evaluación.

El examen se realizará de manera síncrona utilizando la videoconferencia con Meet.

Se utilizará PRADO para el acceso al mismo y para subir de los ficheros resultantes de la realización de éste.

La evaluación del examen se podrá complementar con una entrevista oral individual por videoconferencia, de manera que las explicaciones dadas en la misma serán tenidas en cuenta la calificación.

