



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

GUÍA DOCENTE

CURSO: 2020/21

44523 - ANÁLISIS DE SÓLIDOS DEFORMABLES

CENTRO: 105 - Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles

TITULACIÓN: 4042 - Grado en Ingeniería Mecánica

ASIGNATURA: 44523 - ANÁLISIS DE SÓLIDOS DEFORMABLES

Vinculado a : (Titulación - Asignatura - Especialidad)

5040-MU en Ingeniería Industrial - 51160-ANÁLISIS DE SÓLIDOS DEFORMABLES - 13

5040-MU en Ingeniería Industrial - 51168-ANÁLISIS DE SÓLIDOS DEFORMABLES - 14

CÓDIGO UNESCO: 2205.02 **TIPO:** Obligatoria **CURSO:** 3 **SEMESTRE:** 1º semestre

CRÉDITOS ECTS: 6 **Especificar créditos de cada lengua:** **ESPAÑOL:** 6 **INGLÉS:** 0

SUMMARY

This subject serves as introduction to:

1- the Theory of linear static Elasticity, including stress and strain tensors, and constitutive equations. The course focusses on acquiring the basic concepts associated to governing equations in solid mechanics.

2- the Finite Element Method for analysis of elastic solids with linear behavior, including the basis of the Method and the use of computer programmes to the resolution of some simple engineering problems.

Learning results:

1- Understand the basic hypothesis of structural behavior. Understand the relationship between the real structure and the calculation model.

2- Understand and apply the equations of linear elasticity to the resolution of problems related to obtaining the response in stresses / strains / displacements of mechanical parts or continuous structures subject to static load.

3- To develop the capacity for the creation of models of Finite Elements that allow to calculate the response of mechanical parts, continuous structures or structures of bars subjected to static load.

REQUISITOS PREVIOS

Para poder alcanzar los objetivos propuestos es importante que el estudiante tenga formación en las siguientes materias/asignaturas:

Resistencia de Materiales.

Mecánica racional del sólido rígido:

Estática. Concepto y cálculo de resultantes de fuerzas y momentos.

Diagramas de cuerpo libre y establecimiento de ecuaciones de equilibrio.

Cálculo de centros de gravedad de áreas y volúmenes y momentos estáticos respecto a ejes

cartesianos.

Tensor de inercia y cálculos de inercia.

Cinemática del sólido rígido respecto a una base fija.

Dinámica del sólido rígido. Ecuaciones de Newton.

Cálculo:

Concepto de derivada y cálculo de derivadas. Ecuaciones diferenciales.

Concepto de integral simple y múltiple, cambio de variable y cálculo de integrales.

Fundamentos de cálculo variacional y de análisis de mínimos y máximos.

Álgebra:

Espacio vectorial, dimensión, base y fundamentos de cálculo matricial.

Problemas de autovalores y autovectores.

Operadores vectoriales y diferenciales:

Cambios de coordenadas.

Operadores gradiente, divergencia, rotacional y laplaciano. Teoremas asociados.

Termodinámica:

Primera y segunda ley de la termodinámica.

Balance de energía.

Concepto de temperatura, calor y conducción.

Plan de Enseñanza (Plan de trabajo del profesorado)

Contribución de la asignatura al perfil profesional:

La asignatura contribuye al conocimiento y capacidades del alumno en aspectos fundamentales del cálculo estructural y sus aplicaciones en las tecnologías industriales.

Competencias que tiene asignadas:

Competencias básicas y generales:

G4 - TRABAJO EN EQUIPO. Ser capaz de trabajar como miembro de un entorno y equipo interdisciplinar ya sea como un miembro más, o realizando tareas de dirección con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

G3 - COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA. Comunicarse de forma oral y escrita con otras personas sobre los resultados del aprendizaje, de la elaboración del pensamiento y de la toma de decisiones; participar en debates sobre temas de la propia especialidad.

G5 - USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN. Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de la especialidad y valorar de forma crítica los resultados de esta gestión.

G6 - APRENDIZAJE AUTÓNOMO. Detectar deficiencias en el propio conocimiento y superarlas mediante la reflexión crítica y la elección de la mejor actuación para ampliar este conocimiento.

Competencias de la titulación:

T3 - Conocimiento en materias básicas de la rama de ingeniería y arquitectura y materias tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

T4 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad,

razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas.

T6 - Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

Competencias transversales:

N1 - Comunicarse de forma adecuada y respetuosa con diferentes audiencias (clientes, colaboradores, promotores, agentes sociales, etc.), utilizando los soportes y vías de comunicación más apropiados (especialmente las nuevas tecnologías de la información y la comunicación) de modo que pueda llegar a comprender los intereses, necesidades y preocupaciones de las personas y organizaciones, así como expresar claramente el sentido de la misión que tiene encomendada y la forma en que puede contribuir, con sus competencias y conocimientos profesionales, a la satisfacción de esos intereses, necesidades y preocupaciones.

N2 - Cooperar con otras personas y organizaciones en la realización eficaz de funciones y tareas propias de su perfil profesional, desarrollando una actitud reflexiva sobre sus propias competencias y conocimientos profesionales y una actitud comprensiva y empática hacia las competencias y conocimientos de otros profesionales.

Competencias específicas:

MTEM4 - Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos de la elasticidad y resistencia de materiales al comportamiento de sólidos reales.

MTEM5 - Conocimientos y capacidad para el cálculo y diseño de estructuras y construcciones industriales.

Objetivos:

Análisis y diseño de sistemas resistentes y/o estructurales contruidos con materiales elásticos. Los objetivos incluyen:

Asimilación del concepto de sólido deformable elástico.

Concepto de tensión, deformación y ecuaciones constitutivas del material, como herramientas para definir el comportamiento de los medios deformables.

Definición y consecuencias del sólido deformable elástico.

Conocer el significado y alcance de las hipótesis de partida (pequeños desplazamientos y deformaciones, homogeneidad y linealidad del material).

Planteamiento correcto del modelo matemático, incluyendo las relaciones estáticas, cinemáticas y las ecuaciones constitutivas del material.

Conocer los planteamientos diferenciales e integrales del problema, así como distinguir las ventajas e inconvenientes.

Conocer el Método de los Elementos Finitos (MEF) en su aplicación a la resolución de problemas elásticos.

Introducir al alumno en el uso de software basado en el MEF, para la resolución de problemas elásticos de mediana dificultad.

Que el alumno adquiera capacidad de análisis (incluyendo el estado de tensiones, deformaciones y desplazamientos) y de toma de decisiones a la luz de los resultados obtenidos.

Comprensión de las tipologías de elementos estructurales y las diferencias tanto físicas como de modelo que las definen.

Introducción de leyes de comportamiento más complejas que la elástica y lineal.

La aplicación de las competencias, Genéricas, Nucleares, y Transversales relacionadas con el campo de estudio de la materia se tendrán en cuenta a través de trabajos o memorias que los alumnos presentan a lo largo del curso. Sin embargo, no son objeto de evaluación específica.

Contenidos:

Contenidos que figuran en la memoria del título:

1. Teoría de Elasticidad lineal: Tensor de Tensiones, Deformaciones, Leyes de Comportamiento, Ecuaciones de Gobierno y Condiciones de Contorno.
2. El Método de los Elementos Finitos aplicado a la resolución de problemas que impliquen a elementos mecánicos o estructuras industriales.

Los anteriores puntos se desarrollarán en los siguientes temas:

notación:

T: horas de Teoría

A: horas de prácticas de Aula

L: horas prácticas numéricas de Laboratorio

TEMA 1. Introducción.

T: 1 hora; A: 0 horas; L: 0 horas

- 1.1 Introducción y alcance de la asignatura
- 1.2 Cuestiones académicas y de organización docente.
- 1.3 Hipótesis fundamentales.

TEMA 2. Relaciones básicas de la elasticidad lineal.

T: 5 horas; A: 3 horas; L: 0 horas

- 2.1 Introducción
- 2.2 Relaciones estáticas o de equilibrio.
- 2.3 Relaciones cinemáticas o de compatibilidad.
- 2.4 Relaciones constitutivas.
- 2.5 Condiciones de contorno.

TEMA 3. Rango de validez del comportamiento elástico.

T: 2 horas; A: 1 horas; L: 0 horas

- 3.1 Introducción
- 3.2 Criterios de plastificación.
- 3.3 Rotura dúctil y rotura frágil.

TEMA 4. Planteamientos diferenciales del problema elástico.

T: 2 horas; A: 1 horas; L: 0 horas

- 4.1 Introducción
- 4.2 Planteamiento diferencial en desplazamientos. Ecuaciones de Navier.

TEMA 5. Planteamientos integrales del problema elástico.

T: 2 horas; A: 1 horas; L: 0 horas

- 5.1 Introducción
- 5.2 Planteamientos en reciprocidad.
- 5.3 Principio de los Trabajos Virtuales.
- 5.4 Método de los residuos ponderados.

TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF).

T: 2 horas; A: 1 horas; L: 3 horas

- 6.1 Introducción
- 6.2 Selección del modelo estructural.
- 6.3 Etapas del método.

TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

T: 8 horas; A: 4 horas; L: 4 horas

- 7.1 Introducción
- 7.2 Elasticidad bidimensional
- 7.3 Formulación en elementos finitos. Elemento triangular de tres nodos.
- 7.4 Otros elementos sencillos.
- 7.5 Funciones de forma de elementos bidimensionales de clase C_0 .
- 7.6 Elementos isoparamétricos.
- 7.7 Integración numérica.
- 7.8 Programación.
- 7.9 Aplicaciones.

TEMA 8. Generalización del MEF.

T: 5 horas; A: 4 horas; L: 4 horas

- 8.1 Introducción
- 8.2 Elemento tetraédrico de cuatro nodos.
- 8.3 Otros elementos de sólido tridimensional.
- 8.4 Cálculo de las integrales.
- 8.5 Elementos isoparamétricos.
- 8.6 Integración numérica.
- 8.7 Ejemplos de aplicación.
- 8.8 Otros problemas estructurales (placas, láminas, etc.)

TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

T: 3 horas; A: 0 horas; L: 4 horas

- 9.1 Introducción
- 9.2 Restricción de movimientos.
- 9.3 Condensación nodal. Subestructuración.
- 9.4 Cálculo de tensiones en los nodos.
- 9.5 Simetrías.
- 9.6 Estimación del error.

Metodología:

El desarrollo de la docencia fomentará la participación activa del estudiante en todas las actividades formativas; promoviéndose el uso de la plataforma virtual de apoyo a la docencia (Campus Virtual) de que disponen todas las asignaturas de la ULPGC.

Actividades formativas en las que se basará el desarrollo de esta asignatura:

1.- Sesiones académicas Teóricas: Sesiones expositivas donde el profesor presenta, desarrolla y somete a debate los contenidos de la asignatura establecidos en el temario. Se prevén 30 horas de

clases teóricas de estas características que permiten abordar los contenidos de cada uno de los 9 temas en los que se ha estructurado el programa. Estas clases teóricas tienen una duración prevista de 2 horas en el plan docente, de forma que los contenidos y la profundidad con la que son estudiados en cada tema están calibrados teniendo en cuenta este dato. En lo que se refiere a la metodología de enseñanza en estas sesiones, el planteamiento en el desarrollo de cada tema y explicación de conceptos es de carácter deductivo (de lo general a lo particular), lo que permite mayor economía y rigor en la exposición de los conocimientos.

2.- Sesiones académicas de problemas de Aula: Las clases de problemas se guiarán por una técnica heurística, y es en ellas donde la participación del alumnado debe resultar preponderante. Se prevén 15 horas que se intercalan con las teóricas de acuerdo a la temporalización diseñada.

3.- Sesiones académicas prácticas de Laboratorio: La docencia se completa con prácticas numéricas que permiten el acercamiento del alumno a un software de Elementos Finitos para la resolución de problemas elásticos. Se prevén 15 horas presenciales para estas clases prácticas numéricas de Laboratorio, también intercaladas con el resto de actividades a lo largo del semestre.

Estas sesiones académicas teóricas, prácticas o de problemas tendrán carácter presencial si las condiciones lo permiten. En caso contrario, dichas sesiones se realizarán íntegramente por medios telemáticos, haciendo uso para ello de la plataforma virtual de apoyo a la docencia (Campus Virtual) y otros recursos disponibles por parte de la ULPGC.

Existen varios textos recomendados además de una numerosa colección de problemas resueltos, muchos de ellos de exámenes.

Evaluación:

Criterios de evaluación

Se evaluará la progresión en la adquisición de cada una de las competencias que tiene asignadas. Se utilizará para ello las actividades previstas en el Sistema de Evaluación y que se basan en los resultados del aprendizaje que se establecen como objetivo.

Sistemas de evaluación

Convocatorias Ordinaria, Extraordinaria y Especial:

1.- Examen (AE3).

Como sistema de evaluación de los resultados del aprendizaje se realizará un examen escrito en la fecha establecida oficialmente para cada convocatoria, que podrá incluir cuestiones teóricas y problemas, y que representa el 90% de la nota final. Dicho examen tiene como objetivo evaluar la capacidad del estudiante en el uso práctico de los conceptos teóricos y las técnicas de análisis desarrollados en las clases.

Si las condiciones del momento lo permiten, este examen podrá tener carácter presencial. En caso contrario, se realizará por medios telemáticos haciendo uso de las herramientas disponibles en la ULPGC.

2.- Controles de las Actividades Académicamente Dirigidas (AE2)

Evaluación de los trabajos realizados en las sesiones académicas prácticas. Asistencia activa y realización de la memoria de prácticas de laboratorio, lo que representa al 10% de la nota final. La calificación de las prácticas numéricas evaluadas satisfactoriamente un curso académico se guardará, si así lo desea el alumno, en los cursos académicos siguientes durante el tiempo que

estipula el reglamento vigente, siempre que no se modifique la relación de prácticas que incluye la asignatura ni el grado de trabajo que implique cada una.

Sistema de evaluación continua:

Sin menoscabo del sistema de evaluación explicado anteriormente, y que es de aplicación para las tres convocatorias oficiales, se plantea un sistema de evaluación continua con el fin de permitir la posibilidad de que el estudiante supere la asignatura sin necesidad de presentarse al examen oficial de convocatoria ordinaria. De este modo, para la actividad de evaluación AE3, se plantea la realización de dos exámenes parciales:

1er examen parcial (8ª semana del curso). Teoría de Elasticidad lineal.

2º examen parcial (15ª semana del curso). Método de los Elementos Finitos.

Estos exámenes parciales tendrán la condición de liberatorios de la materia evaluada hasta la convocatoria ordinaria. Si las condiciones del momento lo permiten, estos exámenes se realizarán de forma presencial. En caso contrario, se realizarán por medios telemáticos haciendo uso de las herramientas disponibles en la ULPGC.

Criterios de calificación

Convocatorias Ordinaria, Extraordinaria y Especial:

La ponderación del sistema de evaluación se establece a continuación:

AE2: 10%

AE3: 90%

Sistema de evaluación continua:

1er examen parcial: 50% de AE3

2º examen parcial: 50% de AE3

Para proceder a obtener la calificación media entre ambos exámenes parciales es requisito que la calificación en ambos sea igual o superior a 3.5. Cumpliéndose ese requisito, habrá superado la actividad AE3 aquel estudiante cuya media de las calificaciones de ambos parciales alcance la calificación de 5.0.

Plan de Aprendizaje (Plan de trabajo de cada estudiante)

Tareas y actividades que realizará según distintos contextos profesionales (científico, profesional, institucional, social)

Trabajo presencial:

- Clases teóricas (contexto científico).
- Clases prácticas de aula (contexto profesional).
- Prácticas de laboratorio y campo (contextos científico y profesional).

Trabajo no presencial:

- Estudio teórico (contexto científico).
- Estudio práctico (contexto profesional y social).
- Elaboración de informe de prácticas (contexto científico y profesional).

Temporalización semanal de tareas y actividades (distribución de tiempos en distintas actividades y en presencialidad - no presencialidad)

Semana 1: TEMA 1. Introducción; TEMA 2. Relaciones básicas de la elasticidad lineal; TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF).

Actividades Teoría (h): 2
Actividades Prácticas de Aula (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 2: TEMA 2. Relaciones básicas de la elasticidad lineal; TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF).

Actividades Teoría (h): 2
Actividades Prácticas de Aula (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 3: TEMA 2. Relaciones básicas de la elasticidad lineal; TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF).

Actividades Teoría (h): 2
Actividades Prácticas de Aula (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 4: TEMA 3. Rango de validez del comportamiento elástico; TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

Actividades Teoría (h): 2
Actividades Prácticas de Aula (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 5: TEMA 4. Planteamientos diferenciales del problema elástico; TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

Actividades Teoría (h): 2
Actividades Prácticas de Aula (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 6: TEMA 5. Planteamientos integrales del problema elástico; TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

Actividades Teoría (h): 2
Actividades Prácticas de Aula (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 7: TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF); TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

Actividades Teoría (h): 2
Actividades Prácticas de Aula (h): 1
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 8: TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional; TEMA 8.

Generalización del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 9: TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional; TEMA 8. Generalización del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 10: TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional; TEMA 8. Generalización del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 11: TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional; TEMA 8. Generalización del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 12: TEMA 8. Generalización del MEF; TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 13: TEMA 8. Generalización del MEF; TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 14: TEMA 8. Generalización del MEF; TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 15: TEMA 8. Generalización del MEF; TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Resumen de horas totales:

Actividades Teoría (h): 30
Actividades Prácticas de Aula (h): 15
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 15
Actividades y trabajo no presencial (h): 90

Recursos que tendrá que utilizar adecuadamente en cada uno de los contextos profesionales.

- Contexto científico: bibliografía, anotaciones de clase, Campus Virtual y manejo de Internet.
- Contexto profesional: documentación técnica, guiones de prácticas, material audio-visual, Campus Virtual y manejo de Internet.
- Contexto institucional y social: material audio-visual, Campus Virtual y manejo de Internet.

Si las condiciones permiten la docencia presencial, las sesiones de teoría y problemas se realizarán con la ayuda de los medios audiovisuales (pizarra y proyectores) disponibles en las aulas de la EIIC. En caso contrario, se realizarán haciendo uso de los medios existentes en la plataforma virtual de apoyo a la docencia (Campus Virtual) de la ULPGC.

Asimismo, se dispone de licencia multi-usuario para el software necesario en las clases de prácticas numéricas. Dicho software estará instalado en las salas de informática de la EIIC. En caso de que la presencialidad no sea posible, las prácticas se diseñarán de forma que puedan realizarse empleando licencias educativas del mismo o mediante software libre.

Resultados de aprendizaje que tendrá que alcanzar al finalizar las distintas tareas.

Resultados del aprendizaje

- 1.- Comprender las hipótesis básicas de comportamiento estructural. Comprender la relación entre la estructura real y el modelo de cálculo.
- 2.- Comprender y aplicar las ecuaciones de la Elasticidad lineal a la resolución de problemas vinculados a la obtención de la respuesta en tensiones/deformaciones/desplazamientos de piezas mecánicas o estructuras continuas sometidas a carga estática.
- 3.- Desarrollar la capacidad para la creación de modelos de Elementos Finitos que permitan calcular la respuesta de piezas mecánicas, estructuras continuas o estructuras de barras sometidas a carga estática.

Plan Tutorial

Atención presencial individualizada (incluir las acciones dirigidas a estudiantes en 5ª, 6ª y 7ª convocatoria)

General:

A inicio del semestre, se informará adecuadamente sobre el horario de tutorías presenciales individuales a las que el estudiante puede optar para consultar dudas o cuestiones relacionadas con los contenidos de la asignatura. De cualquier forma, éste habrá de concertar cita previamente con los profesores a través del teléfono o plataforma virtual de la asignatura.

Específico. Estudiantes en 5ª, 6ª ó 7ª convocatoria:

Los estudiantes que se encuentren en 5ª, 6ª ó 7ª convocatoria podrán solicitar al coordinador de la asignatura la elaboración de un plan específico de tutorización y seguimiento. En cualquier caso, les será de aplicación lo establecido en el reglamento de evaluación de los resultados del aprendizaje y de las competencias adquiridas por el alumnado en los títulos oficiales, títulos

[1 Básico] Cálculo de estructuras por el método de elementos finitos: análisis estático lineal /

Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra.

Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería,, Barcelona : (1995) - (2ª ed.)

8487867006

[2 Recomendado] Métodos de los elementos finitos en la ingeniería civil /

C. A. Brebbia, J. J. Connor.

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ;, Madrid : (1975)

8438000215

[3 Recomendado] ED-ELAS2D: programa educativo para análisis de estructuras por el método de elementos finitos /

estuche con dos discos y 2 manuales de uso.

Universidad Politécnica de Cataluña ;, Barcelona : (1996)

8487867782

[4 Recomendado] Teoría de la elasticidad /

Federico París.

Universidad de Sevilla,, Sevilla : (1996)

8488783183

[5 Recomendado] Resistencia de materiales I /

Francisco Chirino Godoy, David Greiner Sánchez.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,, Las Palmas de Gran Canaria : (2010) - (2ª ed.)

9788492777655

[6 Recomendado] Problemas de elasticidad y resistencia de materiales /

Francisco Chirino Godoy, Orlando Maeso Fortuny.

Universidad,, Las Palmas de Gran Canaria : (1987)

8489728984

[7 Recomendado] Curso de elasticidad y resistencia de materiales /

Luis Ortiz Berrocal.

Universidad Politécnica, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales,, Madrid : (1985) - (2ª ed.)

843984607X

[8 Recomendado] Elasticidad /

Luis Ortiz Berrocal.

McGraw-Hill,, Madrid : (1998) - (3ª ed.)

8448120469

[9 Recomendado] El método de los elementos finitos /

O.C. Zienkiewicz ; [versión

del inglés por Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra].

Reverté,, Barcelona : (1982)

84-291-4894-9

[10 Recomendado] Método de los elementos finitos :introducción a ANSYS /

Pilar Ariza Moreno, Andrés Sáez Pérez.

Universidad,, Sevilla : (1999)

844720555X
