Guía docente de la asignatura

Ampliación de Análisis de Estructuras (MA9/56/3/33)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 03/07/2025

Máster	Máster Doble: Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos + Máster Universitario en Hidráulica Ambiental
MÓDULO	Tecnología Específica
RAMA	Ingeniería y Arquitectura
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Segundo	**Créditos**	6	**Tipo**	Obligatorio	**Tipo de enseñanza**	Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Teoría de estructuras, análisis de estructuras, mecánica de medios continuos, introducción a los elementos finitos

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

Análisis estructural de placas. Análisis dinámico de estructuras. Ingeniería del viento. Instrumentación y auscultación de estructuras. Estructuras de edificación singular.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:04
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D Pág. 1 de 10

- 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.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - 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.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- 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.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - 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.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El estudiante debe aprender a:

- Diferenciar los modelos de placas y láminas de los modelos de barras y distinguir los sistemas estructurales donde son de aplicación.
- Comprender las hipótesis básicas y por tanto las limitaciones de las diferentes teorías de placas, y distinguir los sistemas estructurales donde son de aplicación.
- Aprender las variables cinemáticas y dinámicas que intervienen en las Teorías de Placas y su relación con las magnitudes a nivel de punto de la Teoría de la Elasticidad.
- Resolver problemas de placas por métodos analíticos exactos y aproximados.
- Conocer y aplicar los elementos finitos tipo placa más habituales, sus posibilidades y limitaciones.
- Comprender las hipótesis y por tanto limitaciones de las diferentes teorías de láminas, y distinguir los sistemas estructurales donde son de aplicación.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:04
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D Pág. 2 de 10

- Aprender las variables cinemáticas y dinámicas que intervienen en las Teorías de Membrana y de Láminas, y su relación con las magnitudes a nivel de punto de la Teoría de la Elasticidad.
- Obtener los esfuerzos de membrana para diferentes sistemas estructurales.
- Obtener distribuciones de flectores, torsores y cortantes para problemas de láminas restringidas.
- Conocer y aplicar los elementos finitos tipo lámina más habituales.
- Conocer el cambio en el patrón de tensiones en un elemento estructural cuando existe una grieta.
- Comprender los diferentes modos de fractura y los criterios de fallo.
- Conocer la existencia de la zona plástica en el vértice de la grieta y entender la forma que tiene ésta en función del espesor de la pieza.
- Determinar los límites de aplicación de la mecánica de la fractura elástica lineal y cuándo se aplica la mecánica de la fractura elasto-plástica.
- Conocer el proceso de fatiga.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

BLOQUE I: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PLACAS

Capítulo 1. Introducción al Análisis de Placas.

1.1. Conceptos básicos de placas.

1.2. Métodos de resolución.

Capítulo 2. Teoría de Placas Delgadas: Ecuaciones básicas.

2.1. Introducción.

2.2. Hipótesis de comportamiento.

2.3. Relaciones cinemáticas.

2.4. Esfuerzos unitarios.

2.5. Ecuaciones de equilibrio.

2.6. Deformaciones en el prisma diferencial.

2.7. Momentos-curvaturas.

2.8. Ecuación de la deformada.

2.9. Cálculo de las tensiones.

2.10. Validez de la teoría.

2.11. Esfuerzos en secciones no cartesianas.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D
06/05/2026 - 11:04
Pág. 3 de 10

2.12. Condiciones de contorno.

Capítulo 3. Placas Rectangulares.

3.1. Introducción.

3.2. Solución analítica a la ecuación de placas.

3.3. Desarrollo en series de Fourier.

3.4. Método de Navier.

3.5. Método de Levy.

Capítulo 4. Placas Circulares.

4.1. Introducción.

4.2. Ecuaciones de equilibrio en coordenadas polares.

4.3. Ecuación de la deformada.

4.4. Condiciones de contorno.

4.5. Placas circulares con flexión axisimétrica.

4.6. Placas circulares bajo carga no axisimétrica.

Capítulo 5. El Método de los Elementos Finitos para Placas.

5.1. Introducción.

5.2. El método de los elementos finitos.

5.3. Teoría de placas de Kirchhoff.

5.4. Elementos de placas rectangulares.

5.5. Teoría de Reisner-Mindlin

BLOQUE II. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LÁMINAS

Capítulo 6. Introducción al análisis de láminas.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D
06/05/2026 - 11:04
Pág. 4 de 10

6.1. Introducción.

6.2. La teoría de láminas.

6.3. Geometría de láminas de revolución.

6.4. Elemento diferencial: el prisma diferencial.

6.5. Esfuezos unitarios en el prisma diferencial.

Capítulo 7. Estado de membrana: ecuaciones de equilibrio.

7.1. Ecuaciones de equilibrio del estado de membrana.

7.2. Particularización para el caso de carga axilsimétrica.

7.3. Particularización para láminas esféricas.

7.4. Particularización para láminas cilíndricas.

7.5. Particularización para láminas cónicas.

Capítulo 8. Desplazamientos y deformaciones en láminas de revolución.

8.1. Hipótesis cinemáticas.

8.2. Deformaciones y desplazamientos en un punto cualquiera del espesor de la lámina para el caso axilsimétrico.

8.3. Deformaciones en un punto cualquiera del espesor de la lámina para el caso general.

8.4. Desplazamiento en un punto cualquiera del espesor de la lámina para el caso cilíndrico.

8.5. Simplificación de las ecuaciones generales de desplazamientos y deformaciones para el caso axilsimétrico.

Capítulo 9. Relaciones entre esfuerzos unitarios y desplazamientos en el estado de membrana.

9.1. Introducción.

9.2. Relaciones entre esfuerzos unitarios de membrana y desplazamientos para una lámina de gran radio de curvatura bajo carga axilsimétrica.

9.3. Cálculo de los desplazamientos conocidos los esfuerzos

9.4. Particularización para láminas de generatriz sencilla.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D
06/05/2026 - 11:04
Pág. 5 de 10

Capítulo 10. Flexión en láminas cilíndricas circulares bajo carga axilsimétrica.

10.1. Esfuerzos en el prisma diferencial.

10.2. Ecuaciones de equilibrio.

10.3. Ecuaciones de comportamiento y compatibilidad.

10.4. Ecuaciones de equilibrio en términos de los desplazamientos en la superficie media.

10.5. Cálculo de las tensiones en un punto cualquiera del espesor conocidos los esfuerzos.

10.6. Solución de la ecuación diferencial de la flecha.

10.7. Algunos problemas útiles de flexión: cilindro de gran longitud.

10.8. Depósito cilíndrico a presión con extremos planos infinitamente rígidos y libertad de movimientos longitudinales.

Capítulo 11. El Método de los Elementos Finitos para láminas.

11.1. MEF para láminas axilsimétricas.

11.2. MEF para láminas.

BLOQUE III. INTEGRIDAD ESTRUCTURAL

Capítulo 12. Integridad Estructural: Introducción.

12.1. Introducción.

12.2. Modos de fallo en estructuras.

12.3. Evaluación no destructiva.

Capítulo 13. Mecánica de la Fractura Elástica Lineal.

13.1. Introducción.

13.2. Factor de Intensidad de Tensiones.

13.3. Postulado de Irwin: criterio de fallo.

Capítulo 14. La Zona Plástica en el Vértice de la Grieta.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:04
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D Pág. 6 de 10

14.1. Introducción.

14.2. La corrección plástica de Irwin.

14.3. Modelo de Dugdale-Baremblatt.

14.4. Forma de la zona plástica.

Capítulo 15. Mecánica de la Fractura Elasto-Plástica.

15.1. Introducción.

15.2. Equilibrio energético: G y R.

15.3. Relación entre el FIT y G.

15.4. La curva de resitencia R.

15.5. La integral J.

Capítulo 16. Fatiga.

16.1. Introducción

16.2. Proceso general de fatiga.

16.3. Modelos de crecimiento de grieta por fatiga.

16.4. Cálculo de la vida a fatiga.

PRÁCTICO

Ejercicios teóricos, numéricos y computacionales acordes al temario teórico.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Puertas García, M.E.; Martínez Castro, A.E.; Gallego Sevilla, R. Análisis Estructural de Placas. Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual. (se entregarán en PRADO)
- Gallego Sevilla, R; Puertas García, M.E. Análisis Estructural de Láminas. Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual. (se entregarán en PRADO)
- Gallego Sevilla, R; Puertas García, M.E. Mecánica de la Fractura. Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual. (se entregarán en PRADO)

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D
06/05/2026 - 11:04
Pág. 7 de 10

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- K. Bhaskar and T.K. Varadan. Plates. Theories and Applications. Wiley. 2014.
- J. Blaauwendraad. Plates and FEM. Susprises and Pitfalls. Springer. 2010.
- J. Blaauwendraad ans J.H. Hoefakker. Structural Shell Analysis. Understanding and Application. Springer. 2014.
- Jurado, J.A; Hernández, S. Análisis Estructural de placas y láminas, Tórculo Ed., 2004.
- T. Krauthammer and E. Ventsel. Thin Plates and Shells. Theory, Analysis ans Applications. CRC Press. 2001.
- Monleón Cremadas, S., Análisis de vigas, arcos, placas y láminas, UPV, 1999.
- Oñate, E. Análisis de Estructuras mediante el Método de los Elmentos Fintios, UPC, 1995.
- J.N. Reddy. Theory and Analysis of Elastic Plates and Shells. 2006. CRC Press.
- R. Szilard. Theories and Applications of Plate Analysis. John Wiley & Sons, Inc. 2004.
- A.C. Ugural. Stresses in Beams, Plates and Shells. CRC Press. 2009.

ENLACES RECOMENDADOS

- Plataforma PRADO de la asignatura (http://pradoposgrado.ugr.es)

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 18 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se le haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

La **evaluación continua** se realizará del siguiente modo:

- E1 (60%): Examen/pruebas teórico-prácticas parciales: Se realizará una prueba para cada bloque de la asignatura (E11: Placas 40%, E12: Láminas 40% e E13: Integridad Estructural 20%) que consistirá en la resolución de varios ejercicios teórico-prácticos y durarán entre 90-120 minutos.
- E2 (40%): Actividades individuales y/o en grupo supervisadas, , incluyendo asistencia y participación en clase. Estas actividades se calificarán independientemente. La nota obtenida será la media de las calificaciones de total de actividades desarrolladas a lo largo del curso.

Las actividades de cada bloque deberán ser entregadas antes de la fecha del parcial del bloque correspondiente. En caso contrario, se deben entregar antes de la fecha de examen en convocatoria ordinaria, si bien la calificación obtenida se reducirán en un 40%.

Para aprobar por Curso será necesario:

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:04
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D Pág. 8 de 10

- Obtener una calificación igual o superior a 3/10 en las pruebas teórico-prácticas de cada bloque (E11, E12 y E13).
- Obtener una calificación igual o superior a 5 en el parcial de placas o el de láminas (E12 y E13).
- Obtener una calificación media ponderada (40-40-20) igual o superior a 4/10 en las pruebas teórico-prácticas (E1)
- Obtener una media ponderada final (exámenes y actividades) igual o superior a 5/10.

La asistencia a clases tanto teóricas como prácticas es recomendable. Se debe tener en cuenta que en el desarrollo de las clases se realizarán actividades que computan en la evaluación continua.

EVALUACIÓN 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.

La evaluación extraordinaria consistirá en un examen teórico-práctico de los tres bloques que componen la asignatura. Para la evaluación el estudiante podrá acogerse a una de estas dos modalidades, según su elección previa a la realización del examen:

1. Examen único de los tres bloques. en ese caso la calificación será la obtenida en la convocatoria, teniendo en cuenta que para aprobar será necesario:

- Obtener una calificación igual o superior a 3/10 en las pruebas teórico-prácticas de cada bloque
- Obtener una calificación igual o superior a 5 en el parcial de placas o el de láminas.
- Obtener una media ponderada (40-40-20) en el examen superior a 5/10.

2. Examen de recuperación: en ese caso el estudiante se examinará de todos parciales que tenga suspensos y se le tienen en cuenta las calificaciones obtenidas en los parciales aprobados y las actividades realizadas durante el curso. Su calificación se calculará como en el caso de la Evaluación Continua. Para acogerse a esta modalidad el estudiante debe haberse presentado a los 3 parciales y haber aprobado al menos 1.

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D
06/05/2026 - 11:04
Pág. 9 de 10

La evaluación única final consistirá en un examen teórico-práctico de los tres bloques que componen la asignatura. Para aprobar será necesario:

- Obtener una calificación igual o superior a 3/10 en las pruebas teórico-prácticas de cada bloque
- Obtener una calificación igual o superior a 5 en el parcial de placas o el de láminas.
- Obtener una media ponderada (40-40-20) en el examen superior a 5/10.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

SOFTWARE LIBRE

Cuadernos en Python y códigos Python y Julia

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): CDC4DAF1CA445EBAA390FA42AE906A4D
06/05/2026 - 11:04
Pág. 10 de 10