




*Guía docente de la asignatura*  
*Teoría de Estructuras*  
*(Theory of Structures)*

**Titulación: Master Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos**

**Curso 1º**

CSV:	rywKmYINA4oFSHjMWUujTJ2nk	Fecha:	29/01/2019 23:07:45	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/rywKmYINA4oFSHjMWUujTJ2nk	Página:	1/14	

1. Datos de la asignatura

Nombre		TEORÍA DE ESTRUCTURAS				
Materia*		TEORÍA DE ESTRUCTURAS (THEORY OF STRUCTURES)				
Módulo*		COMÚN A LA RAMA CIVIL				
Código		213101003				
Titulación		MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS				
Plan de estudios		2013-2014				
Centro		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS Y DE INGENIERÍA DE MINAS				
Tipo		OBLIGATORIA				
Periodo lectivo		1º CUATRIMESTRE	Cuatrimestre	1	Curso	1º
Idioma		Español				
ECTS	7,5	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)		225

\* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:  
<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

2. Datos del profesorado

Profesor responsable	Iago González Quelle		
Departamento	Estructuras y Construcción		
Área de conocimiento	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras		
Ubicación del despacho	ETSINO. Despacho 2.24		
Teléfono	968 32 70 50	Fax	968 32 53 78
Correo electrónico	iago.gonzalez@upct.es		
URL / WEB	www.upct.es/~deyc		
Horario de atención / Tutorías	Martes, 8:00 h a 9:00 h ; 12:00 h - 14:00 h Jueves, de 8:00 h a 9:00 h. 11:00 h - 13:00 h		
Ubicación durante las tutorías	ETSINO. Despacho 2.24		

Titulación	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (Universidad de A Coruña). Msc in Membrane Structures (Anhalt University of Applied Sciences).
Vinculación con la UPCT	Profesor Asociado.
Año de ingreso en la UPCT	2010.
Nº de quinquenios (si procede)	-
Líneas de Investigación (si procede)	Estructuras Tensadas. Comportamiento de Estructuras Metálicas frente al Fuego. Análisis de Estructuras Integrales. Análisis y Comportamiento Sísmico de Estructuras.
Nº de sexenios (si procede)	-
Experiencia profesional	>12 Años en oficinas especializadas en grandes proyectos de estructuras, tanto de edificación pública (aeropuertos, estaciones de metro y ferrocarril, museos, centros deportivos, etc), como de obra civil (puentes, pasarelas peatonales, estructuras subterráneas y cimentaciones especiales, etc).
Otros temas de interés	

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura.

La Teoría de Estructuras establece los criterios que permiten determinar la estructura más conveniente, la forma y las dimensiones más adecuadas que deben tener los elementos resistentes de una construcción, para resistir la acción de las fuerzas exteriores que los solicitan de forma que se verifiquen todas las restricciones impuestas.

#### 3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional.

La asignatura Teoría de Estructuras aporta al alumno los conceptos y herramientas avanzadas de la Teoría de Estructuras (y algunos conceptos de Teoría de Láminas y Placas), que éste utilizará en diversas asignaturas del módulo técnico, así como en el desempeño de su labor profesional. Asimismo se introduce al alumno en el uso de programas informáticos como ayuda al cálculo de esfuerzos, de desplazamientos y tensional de sistemas estructurales.

#### 3.3. Relación con otras asignaturas.

Se recomienda haber cursado las materias básicas de Resistencia de Materiales y Teoría Básica de Estructuras.

#### 3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios.

No están definidas.

#### 3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura.

Es recomendable que el alumno disponga de conocimientos de Cálculo (derivadas, integrales, ecuaciones diferenciales), Resistencia de Materiales y Teoría de la Elasticidad.

#### 3.6. Medidas especiales previstas

El alumno que por sus circunstancias especiales pueda necesitar de medidas especiales, debe comunicárselo al profesor al principio del curso.

## 4. Competencias

### 4.1. Competencias básicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura.

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;

### 4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura.

G18 - 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.

### 4.3. Competencias específicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura.

FC02 - Comprensión y dominio de las leyes de la termomecánica de los medios continuos y capacidad para su aplicación en ámbitos propios de la ingeniería como son la mecánica de fluidos, la mecánica de materiales, la teoría de estructuras, etc.

### 4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura.

T16 - Aprendizaje autónomo

### 4.5. Resultados esperados del aprendizaje de la asignatura

1. Resolver problemas matemáticos que puedan plantearse en el ámbito de la Ingeniería Civil.
2. Implementar y relacionar los conceptos teórico-prácticos de los métodos matemáticos con los utilizados en otras asignaturas del título.
3. Formular y aplicar modelos físico-matemáticos adecuados para predecir desplazamientos, esfuerzos y deformaciones en estructuras de barras, arcos, placas y láminas.
4. Aplicar correctamente los modelos teóricos estructurales al análisis de problemas reales en Ingeniería Civil.

**\*\* Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**  
[http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes\\_v02.pdf](http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf)

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura.

Análisis matricial de estructuras. Análisis de piezas alargadas de directriz curva. Teoría de placas. Análisis de láminas delgadas.

5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

BLOQUE I: ANÁLISIS MATRICIAL DE ESTRUCTURAS

1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS MATRICIAL DE ESTRUCTURAS

- 1.1. Introducción
- 1.2. Conceptos de rigidez y de flexibilidad

2 SISTEMAS DE COORDENADAS. MATRICES DE RIGIDEZ ELEMENTALES

- 2.1. Introducción
- 2.2. Sistemas de coordenadas
- 2.3. Rigideces elementales
- 2.4. Matrices de rigidez elementales
- 2.5. Transformación de coordenadas

3 EL MÉTODO DE LAS RIGIDECES

- 3.1. Introducción
- 3.2. Formación de la matriz de rigidez de la estructura
- 3.3. Condiciones de contorno. Cálculo de desplazamientos
- 3.4. Cálculo de esfuerzos
- 3.5. Cálculo de fuerzas en los nudos
- 3.6. Resumen del método

4 ESTRUCTURAS ESPACIALES DE NUDOS RÍGIDOS

- 4.1. Introducción
- 4.2. Sistemas de coordenadas. Matrices de rotación
- 4.3. Matriz de rigidez elemental en el sistema local
- 4.4. Matriz de rigidez elemental en el sistema global
- 4.5. Ensamblaje de la matriz de rigidez de la estructura
- 4.6. Condiciones de contorno
- 4.7. Cálculo de desplazamientos
- 4.8. Cálculo de esfuerzos
- 4.9. Cálculo de fuerzas en los nudos

5

CARGAS NO PUNTUALES

5.1.

Introducción

5.2.

Cargas aplicadas en los elementos

5.3.

Desplazamientos de apoyos

5.4.

Acciones térmicas

5.5.

Faltas de ajuste

6

CONDICIONES DE ELEMENTOS Y DE APOYOS NO IDEALES

6.1.

Introducción

6.2.

Elementos con liberaciones

6.3.

Apoyos elásticos

6.4.

Apoyos inclinados

7

TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DEL PROBLEMA

7.1.

Introducción

7.2.

Condensación de grados de libertad

7.3.

Subestructuras

7.4.

Simplificaciones en estructuras simétricas

BLOQUE II: TEORÍA DE PLACAS Y LÁMINAS

8

ELASTICIDAD LINEAL BIDIMENSIONAL

8.1.

Estado de deformación plana.

8.2.

Estado de tensión plana.

8.3.

Función de tensiones de Airy.

8.4.

Curvas representativas de los estados de tensiones.

9

TEORÍA DE PLACAS

9.2.

Introducción.

9.3.

Teoría lineal de placas delgadas ortótropas.

9.4.

Ecuaciones de compatibilidad.

9.5.

Ecuación diferencial de la placa.

9.6.

Placas rectangulares.

9.7.

Placas isótropas en coordenadas polares.

9.8.

Condiciones de contorno.

9.9.

Aplicación a puentes y estructuras de edificación

10

PANDEO DE PLACAS DELGADAS

10.2.

Definición del modelo.

- 10.3. Ecuaciones de equilibrio de placas isotrópicas.
- 10.4. Criterio de energía potencial mínima.
- 10.5. Placas delgadas con los cuatro bordes simplemente apoyados.

11 TEORÍA DE LÁMINAS

- 11.1. Introducción
- 11.2. Consideraciones sobre láminas. Hipótesis básicas
- 11.3. Láminas sin flexión con simetría axial.
- 11.4. Láminas cilíndricas a flexión.
- 11.5. Energía de deformación en láminas.
- 11.6. Láminas cilíndricas en compresión axial.
- 11.7. Modos de pandeo en láminas cilíndricas.
- 11.8. Aplicación a puentes y estructuras de edificación

5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica).

BLOQUE I: ANÁLISIS MATRICIAL DE ESTRUCTURAS

- Práctica 1. Explicación del programa SAP 2000 (Introducción de cargas y geometría. Estructuras de Barras).
- Práctica 2. Análisis de un sistema estructural de barras mediante el programa SAP 2000.

BLOQUE II: TEORÍA DE PLACAS Y LÁMINAS

- Práctica 3. Explicación del programa SAP 2000 (Placas y Láminas).
- Práctica 4. Análisis de un sistema estructural tipo placa y/o lámina mediante el programa SAP 2000.

5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

UNIT I: MATRIX ANALYSIS

12 INTRODUCTION TO MATRIX ANALYSIS OF STRUCTURES

- 12.2. Introduction
- 12.3. Concepts of stiffness and flexibility

13 REFERENCE SYSTEMS. ELEMENTARY STIFFNESS MATRIX.

- 13.2. Introduction
- 13.3. Reference systems



- 13.4. Elementary stiffness
- 13.5. Element stiffness matrix
- 13.6. Coordinate transformation.

14 STIFFNESS METHOD

- 14.2. Introduction
- 14.3. Definition of structure stiffness matrix
- 14.4. Boundary conditions. Deflection analysis
- 14.5. Internal forces
- 14.6. Nodal forces
- 14.7. Method summary

15 3D FRAME STRUCTURES

- 15.2. Introduction
- 15.3. Coordinate systems. Rotation matrix
- 15.4. Element matrix in local reference system
- 15.5. Element matrix in local reference system
- 15.6. Assembly of system stiffness matrix
- 15.7. Boundary conditions
- 15.8. Deflection analysis
- 15.9. Internal forces
- 15.10. Nodal forces

16 GENERIC LOADS

- 16.2. Introduction
- 16.3. Loads on elements
- 16.4. Support displacements
- 16.5. Thermal actions
- 16.6. Imposed displacements

17 NON IDEAL BOUNDARY CONDITIONS

- 17.2. Introduction
- 17.3. Pinned elements
- 17.4. Elastic supports
- 17.5. Ramp supports

18 SIZE REDUCTION TECHNIQUES

- 18.2. Introduction

- 18.3. Reduction of degrees of freedom
- 18.4. Substructures
- 18.5. Symmetric structures

UNIT II: THEORY OF PLATES AND SHELLS

19 LINEAR BIDIMENSIONAL ELASTICITY

- 19.2. Plane deflection.
- 19.3. Plane tension.
- 19.4. Airy tension function.
- 19.5. Representation of tensional states.

20 THEORY OF PLATES

- 20.2. Introduction.
- 20.3. Linear theory of thin orthotropic plates.
- 20.4. Compatibility equations.
- 20.5. Plate differential equation.
- 20.6. Rectangular plates.
- 20.7. Isotropic plates in polar coordinates.
- 20.8. Boundary conditions.
- 20.9. Application to bridges and building structures.

21 BUCKLING OF THIN PLATES

- 21.2. Model definition.
- 21.3. Equation of equilibrium of isotropic plates.
- 21.4. Criterion of minimal potential energy.
- 21.5. Thin plates with four pin jointed edges.

22 SHELL THEORY

- 22.2. Introduction
- 22.3. Shells. Basic theory
- 22.4. Symmetric shells without bending.
- 22.5. Bending of cylindrical shells.
- 22.6. Deformation energy of shells.
- 22.7. Cylindrical shells under compression forces.
- 22.8. Modal buckling shapes in cylindrical shells.
- 22.9. Application to bridges and building structures.

## 5.5. Objetivos de aprendizaje detallados por Unidades Didácticas

Los contenidos de la asignatura se han agrupado en dos unidades didácticas:

### Unidad didáctica I. Cálculo Matricial

Se introduce el análisis matricial para el cálculo de estructuras. En esta unidad se introducen los conceptos básicos de la Teoría de Estructuras: Relaciones fundamentales, Estabilidad e hipótesis básicas de la teoría de Estructuras. Se abordan métodos clásicos de cálculo para resolver estructuras articuladas y de nudos rígidos.

Los objetivos de esta unidad didáctica son enseñar a calcular estructuras mediante análisis matricial.

### Unidad didáctica II. Teoría de placas y láminas.

En esta unidad se calculan las deformaciones y leyes y diagramas de esfuerzos en elementos tipo placa y/o lámina.

Los objetivos de esta unidad didáctica son: Enseñar a calcular deformaciones y leyes de esfuerzos en placas y láminas

6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*			
Actividad	Descripción de la actividad	Trabajo del estudiante	Horas
Clases de teoría	Clase expositiva empleando el método de la lección. Resolución de dudas planteadas por los alumnos.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes. Planteamiento de dudas.	25
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia	45
Resolución de ejercicios y casos prácticos	Se resolverán problemas tipo y se analizarán casos prácticos.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas.	33
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia. Resolución de los ejercicios propuestos por el profesor.	60
Clases de Prácticas. Sesiones de laboratorio y aula de informática	Las sesiones prácticas de laboratorio permiten al alumno trabajar con modelos en los que aplicar los conocimientos dados en las clases de teoría. En las sesiones de aula de informática los alumnos adquieren habilidades básicas computacionales y manejan programas y herramientas de cálculo profesionales. Al finalizar las sesiones, el alumno deberá entregar los resultados obtenidos.	<u>Presencial</u> : Manejo de instrumentación y de software específico de la materia.	14
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los informes de prácticas, en grupo o individualmente.	21
Actividades de evaluación	El alumno, a lo largo de la asignatura, resolverá los ejercicios propuestos en clase para su evaluación.	<u>Presencial</u> : Elaboración de ejercicios, individualmente.	17
Tutorías	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento del aprendizaje.	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en horario de tutorías.	3
		<u>No presencial</u> : Planteamiento de dudas por correo electrónico.	2
Exámenes	Pruebas escritas oficiales.	<u>Presencial</u> : Respuesta por escrito a las cuestiones, ejercicios y problemas propuestos.	5
			225

6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1)											
	Resultados del aprendizaje (4.5)										
Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Clases de teoría	X	x	X	X							
Resolución de ejercicios y casos prácticos	X	X	X	X							
Clases de Prácticas. Sesiones de laboratorio y aula de informática	X	X	X	X							
Actividades de evaluación	X	X	X	X							
Tutorías	X	X	X	X							
Exámenes	x	X	x	X							

## 5. Metodología de Evaluación

7.1. Metodología de evaluación*					
Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Prueba escrita oficial			3 a 5 cuestiones de aplicación de la teoría y 2 ó 3 problemas.	60%	1, 2, 3
Trabajos e informes			Memorias de las prácticas y otras actividades realizadas.	20%	1, 2, 3, 4
Pruebas escritas			Pruebas escritas para comprobar el grado de consecución de las competencias específicas.	20%	1, 2, 3
CONVOCATORIAS EXTRAORDINARIAS (RESTO DE CONVOCATORIAS)					
Prueba escrita oficial			3 a 5 cuestiones de aplicación de la teoría y 2 ó 3 problemas.	80%	1, 2, 3
Trabajos e informes			Memorias de las prácticas y otras actividades realizadas.	20%	1, 2, 3, 4

7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Supervisión durante las sesiones presenciales de trabajo individual o en equipo.</li><li>- Ejercicios individuales o en grupo tras cada tema.</li></ul>	

## 8. Recursos y bibliografía

9.1. Bibliografía básica

- Argüelles, R. Cálculo de estructuras (tomo I). UPM, 1981.
- Livesley, R.K. Métodos matriciales para cálculo de estructuras. Blume, 1970.
- Martí, P. Análisis de estructuras. Métodos clásicos y matriciales. 2ª ed., Horacio Escarabajal Editores, 2007.
- Martí, P. Problemas de análisis matricial de estructuras. Servicio de publicaciones de la UM, 1996.
- Jawad M.H. Theory and design of plate and shell structures. Chapman & Hall. 1994.
- Zingoni A. Shell Structures in Civil and Mechanical Engineering. Thomas Telford. 1997
- Jurado J.A. Hernández S. Análisis estructural de placas y láminas. Edicións Torculo. 2002.

9.2. Bibliografía complementaria

- Bath, P. Problems in structural analysis by matrix methods. Construction Press, 1981.
- Doblaré, M. y Gracia, L. Análisis lineal de estructuras. Análisis matricial de estructuras de barras. UZ.
- Przemieniecky, J.S. Theory of matrix structural analysis. McGraw-Hill, 1968.
- Zienkiewicz, O.C. y Taylor, R.L. El método de los elementos finitos. 5ª ed., Vol. 1. CIMNE, 2004.
- Timoshenko, S.P. Young, D.H. Teoría de las estructuras. Ed Urmo. 1981.
- Timoshenko y Googier. Teoría de la elasticidad. Ed Urmo.

Programa MEFI (Descarga desde la web del Departamento de Estructuras y Construcción)