



## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre Completo	Cálculo de Estructuras
Código	DIM-GITI-433
Título	<a href="#">Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales</a>
Impartido en	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales [Cuarto Curso]
Nivel	Reglada Grado Europeo
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	4,5
Carácter	Optativa (Grado)
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Mecánica
Responsable	Jesús R. Jiménez Octavio

Datos del profesorado	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Alberto Carnicero López
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Mecánica
Despacho	Alberto Aguilera 25 [D-319]
Correo electrónico	carnicero@icai.comillas.edu
<b>Profesor</b>	
Nombre	Jesús Ramón Jiménez Octavio
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Mecánica
Despacho	Alberto Aguilera 25 [D-315]
Correo electrónico	Jesus.Jimenez@iit.comillas.edu

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura
<b>Aportación al perfil profesional de la titulación</b>
<p>Este curso proporciona los principios básicos del análisis estructural y su aplicación para resolver problemas en el campo de la ingeniería.</p> <p>Al completar el curso, los estudiantes conocerán los métodos de cálculo de celosías y estructuras de nudos rígidos, familiarizándose además con ciertos estándares de construcción. Los conceptos adquiridos aquí son la base de algunos temas de Construcciones Industriales e incluso este curso puede ser una breve introducción al Método de Elementos Finitos.</p>



Además, este curso cubre aspectos teóricos y prácticos del análisis estructural. A la parte teórica se agrega un enfoque práctico, por lo tanto, los problemas conceptuales se enriquecen con otros más realistas de acuerdo con la validación frente a los estándares obligatorios específicos.

## Prerrequisitos

No existen prerrequisitos formales para este curso. Sin embargo, se recomienda tener conocimientos básicos de cursos previos en ingeniería tales como:

- Cálculo diferencial
- Álgebra lineal
- Conocimientos de Elasticidad y Resistencia de Materiales

## Competencias - Objetivos

### Competencias

#### GENERALES

<b>CG03</b>	Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
<b>CG04</b>	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.
<b>CG05</b>	Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
<b>CG06</b>	Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

### Resultados de Aprendizaje

<b>RA1</b>	Conocer y aplicar el Principio de los Trabajos Virtuales (PTV), tanto en estructuras articuladas como en pórticos de nudos rígidos
<b>RA2</b>	Conocer métodos de flexibilidad y aplicar el PTV a la resolución de problemas hiperestáticos
<b>RA3</b>	Resolver de forma sistemática estructuras articuladas y de nudos rígidos empleando el método directo de la rigidez y/o el método. Identificar las situaciones en las que la aplicación de uno u otro método es idónea
<b>RA4</b>	Manejar el Código técnico de la Edificación. Identificar tipos de cargas y combinar acciones para el dimensionamiento de piezas a compresión, a tracción y a flexión



## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos

#### MÓDULO 1: Tipologías estructurales

- Elementos estructurales
- Tipos de estructuras

#### MÓDULO 2: El Principio de los Trabajos Virtuales

- El PTV en estructuras articuladas
- Generalización

#### MÓDULO 3: Métodos de Flexibilidad

- Aplicación del PTV a la resolución de problemas hiperestáticos

#### MÓDULO 4: Método directo de la rigidez

- Concepto de rigidez
- Funciones de forma
- Fuerzas en los nudos y fuerzas de empotramiento
- Matrices de rigidez de elementos estructurales
- Cálculo de esfuerzos
- Resolución de problemas por el método directo

#### MÓDULO 5: Cálculo matricial

- Generalización del método directo de la rigidez
- Matriz de rigidez de una estructura
- Imposición de condiciones de contorno
- Diagramas de esfuerzos

#### MÓDULO 6: Código técnico de la Edificación

- Tipos de cargas
- Combinación de acciones
- Tipos de materiales
- Dimensionado a de piezas a compresión
- Dimensionado a de piezas a tracción
- Dimensionado a de piezas a flexión

## METODOLOGÍA DOCENTE

---



## Aspectos metodológicos generales de la asignatura

### Metodología Presencial: Actividades

Para alcanzar los objetivos de aprendizaje, el enfoque de esta asignatura se dirigirá a la actividad del alumno y su proceso de aprendizaje. Esto implica que las actividades de dentro y fuera del aula promoverán un rol proactivo del alumno en el proceso del aprendizaje.

- **Lecciones magistrales:** Presentación de conceptos y métodos a través de las explicaciones del profesor. Se incluirán discusiones teóricas, ejemplos prácticos y una pequeña participación formal o espontánea de los estudiantes
- **Resolución de problemas propuestos:** Los problemas propuestos por el profesor y trabajados por los estudiantes, serán explicados, analizados y resueltos
- **Resolución de dudas en el aula:** El profesor atenderá las dudas planteadas por los estudiantes después de haber intentado resolver los problemas en grupos o individualmente

### Metodología No presencial: Actividades

El objetivo principal del trabajo en el aula es comprender los conceptos teóricos de la asignatura y poder utilizarlos al resolver diferentes tipos de problemas básicos. Por tanto, las actividades no presenciales deberán enfocarse a abordar problemas avanzados que serán explicados y/o evaluados al final de cada unidad.

## RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES		
Clase magistral y presentaciones generales	Resolución en clase de problemas prácticos	Resolución grupal de problemas
20,00	20,00	5,00
HORAS NO PRESENCIALES		
Trabajo autónomo sobre contenidos teóricos por parte del alumno	Trabajo autónomo sobre contenidos prácticos por parte del alumno	Estudios y Trabajos de carácter práctico individual
35,00	30,00	25,00
<b>CRÉDITOS ECTS: 4,5 (135,00 horas)</b>		

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
Examen Final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensión de conceptos teóricos</li> <li>• Aplicación de conceptos teóricos a la resolución de problemas</li> <li>• Análisis e interpretación de</li> </ul>	70 %



	resultados en aplicaciones prácticas	
Evaluación continua	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicación de conceptos teóricos a la resolución de problemas</li><li>• Análisis e interpretación de resultados en aplicaciones prácticas</li><li>• Desarrollo de habilidades de presentación de documentos escritos</li></ul>	30 %

## Calificaciones

### Convocatoria Ordinaria

- Examen Final - 70% con nota mínima de 4.0
- Evaluación Continua - 30%

### Convocatoria Extraordinaria

- Examen Final - 85% con nota mínima de 4.0
- Evaluación Continua - 15%

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- Structural Analysis, 8th Ed., R.C. Hibbeler. Prentice Hall, 2012

### Bibliografía Complementaria

- Fundamentals of Structural Analysis, 4th Ed., K.M. Leet, C. Uang and A.M. Gilbert. McGraw-Hill, 2011
- Design of Steel Structures, L. Simoes da Silva, R. Simoes and H. Gervasio. Ernst & Son, 2010
- The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3, 4th Ed., N.S. Trahair, M.A. Bradford, D.A. Nethercot and L. Gardner. Taylor & Francis, 1977

**SYLLABUS**

<b>Course</b>	
<b>Name</b>	<b>Structural Analysis</b>
<b>Code</b>	<b>DIM-GITI-433</b>
<b>Degree</b>	<b>Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales</b>
<b>Year</b>	<b>4º</b>
<b>Semester</b>	<b>Fall</b>
<b>ECTS credits</b>	<b>4.5 ECTS</b>
<b>Character</b>	<b>Elective</b>
<b>Department</b>	<b>Mechanical Engineering</b>
<b>Area</b>	<b>Continuum Mechanics</b>
<b>Universidad</b>	<b>Pontificia Comillas</b>
<b>Schedule</b>	
<b>Instructors</b>	<b>Jesús R. Jiménez Octavio Alberto Carnicero López</b>
<b>Descriptor</b>	

<b>Instructors</b>	
<b>Professor</b>	
<b>Name</b>	<b>Jesús R. Jiménez Octavio</b>
<b>Department</b>	<b>Mechanical Engineering</b>
<b>Area</b>	<b>Continuum Mechanics</b>
<b>Office</b>	<b>D-320</b>
<b>e-mail</b>	<b>joctavio@comillas.edu</b>
<b>Office hours</b>	<b>To be defined</b>
<b>Professor</b>	
<b>Name</b>	<b>Alberto Carnicero López</b>
<b>Department</b>	<b>Mechanical Engineering</b>
<b>Area</b>	<b>Continuum Mechanics</b>
<b>Office</b>	<b>D-319</b>
<b>e-mail</b>	<b>carnicero@comillas.edu</b>
<b>Office hours</b>	<b>To be defined</b>

## COURSE SPECIFICS

### Context of the course

#### Contribution to the professional profile

This course provides the basic principles of structural analysis and its application to solving problems in the field of engineering.

When completing the course, students will understand the calculation of problems related to truss and framed structures and will be familiarized with certain building standards. The acquired concepts here are the basis for subjects that will be explored in next future as Industrial Building and even this course may be a brief introduction to the Finite Element Method.

In addition, this course covers both theoretical and practical aspects of structural analysis. To the theoretical part a practical approach is added, therefore conceptual problems are enriched with more realistic ones according to the validation against the mandatory specific standards.

#### Pre-requisites

There are no prerequisites that formally prevent this course. However, by being immersed in a graduate program, it is based on concepts that have been studied before in previous courses:

- Linear Algebra
- Calculus I
- Material Mechanics

### Competences – Goals

#### Generic competences

- CG1. Ability to write, sign and development of projects in the field of industrial engineering aimed, according to the knowledge acquired as provided in paragraph 5 of the order of 9 February CIN/351/2009, to building, repair, maintenance, demolition, manufacturing, installation, assembly or operation of: structures, mechanical equipment, energy facilities, electrical and electronic installations and industrial plants and manufacturing and automation processes.
- CG3. Knowledge of basic and technological subjects, which enables students to learn new methods and theories, and gives them versatility to adapt to new environments.
- CG4. Ability to solve problems with initiative, decision, creativity, and critical reasoning; and to communicate and transfer knowledge, abilities and skills in the field of Engineering.
- CG6. Ability to handle specifications, regulations and mandatory standards.

## Specific Competences and Learning Results<sup>1</sup>

### **CE1. To know the basics of structural analysis**

- RA1. To understand structural analysis objectives, its history and applications
- RA2. To identify the type of the component elements in real life applications
- RA3. To understand the fundamental hypothesis assumed in this subject, all of them based on the general knowledge on material mechanics

### **CE2. To know and to understand the analysis and characteristics of truss and framed structures**

- RA4. To identify statically determinate trusses (SDT) and frames (SDF)
- RA5. To know how to calculate member forces of SDT by means of equilibrium equations
- RA6. To understand the Principle of Virtual Work (PVW) applied to SDT and SDF
- RA7. To know how to calculate deflections of SDT and SDF by means of PVW
- RA8. To identify statically indeterminate trusses (SIT) and frames (SIF)
- RA9. To be able to identify the source and degree of indetermination in SIT and SIF
- RA10. To understand the PVW applied to SIT and SIF
- RA11. To know how to turn SIT and SIF into SDT and SDF by means of PVW

### **CE3. To understand the necessity and to know systematic structural analysis methods**

- RA12. To understand the Stiffness Method (SM) for coplanar structures
- RA13. To identify the degrees of freedom and boundary conditions in any truss or framed structure
- RA14. To know how to build the stiffness matrix and the load vector in any truss or framed structure and to express such structure in a matrix system
- RA15. To know how to calculate deflections in any truss or framed structure by means of SM theoretically and computer assisted
- RA16. To know how to calculate the forces on the members in any truss or framed structure by means of SM
- RA17. To understand the systematized mode of arranging the physical information of SF and to realize the robustness and flexibility of this method to be extrapolated to more complex applications

### **CE4. To understand the necessity and to know the application of mandatory standards for steel structures**

- RA18. To know the codes of practice and normalization
- RA19. To understand the basis of design
- RA20. To know how to identify a critical load combinations according to the standards
- RA21. To know how to apply Eurocode 3 to validate a truss or framed under tensile and bending forces considering buckling resistance

---

<sup>1</sup> Learning results are observable indicators of the competences acquired, which allow assessing the degree of competence of the students. The competences are usually more general and abstract. Learning results are observable indicators of competences.



## CONTENTS AND MODULES

<b>Contents</b>
<b>Introduction to Structural Analysis</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Classification of structures. Structural members</li><li>• Purpose of structural design</li><li>• General equations: equilibrium, behavior and compatibility</li></ul>
<b>Principle of Virtual Work</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• The principle of virtual works (PVW) for trusses</li><li>• Basics on beams under tensile, bending, torsion and thermal loads</li><li>• Generalization of the PVW</li></ul>
<b>Flexibility methods</b>
4.1 The PVW for statically indeterminate structures
<b>Stiffness method</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Idealized structure</li><li>• Calculation methods: stiffness vs flexibility</li><li>• Basics of the stiffness method</li><li>• Elementary degrees of freedom</li><li>• Equations of compatibility and equilibrium: Assembly of the global stiffness matrix</li><li>• Boundary conditions</li><li>• Calculation of constraints</li><li>• Calculation of member forces</li></ul>
<b>Influence lines</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction to moving loads</li><li>• Influence lines for statically determinate structures</li><li>• Influence lines for statically indeterminate structures</li><li>• Application of influence lines for floor girders</li></ul>
<b>Eurocode 3: Design of steel structures</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction: purpose of mandatory codes</li><li>• Basis of design</li><li>• Partial factor method for load combination</li><li>• Materials</li><li>• Ultimate limit states</li><li>• Serviceability limit states</li></ul>

## TEACHING METHODOLOGY

### General methodological aspects

In order to achieve the learning objectives stated above, the course will be focused on the students' activity and on their active learning. This implies that both classroom and non-classroom activities will promote active student involvement in learning activities

### Classroom methodology: Activities

1. **Lectures and general presentations:** Presentation of key concepts and procedures through explanations by the instructor. They will include theoretical discussions, practical examples and small formal or spontaneous participation of students
2. **Proposed problem solving:** Problems proposed by the instructor and worked by the students, will be explained, analyzed and solved
3. **Tutorials.** They will be conducted in groups or individually in order to solve the doubts were raised by students after working the issues

### Non-classroom methodology: Activities

1. Individual study of the concepts explained during the lectures
2. Analysis of problems solved in class
3. Proposed problems solving
4. Mandatory problems as continuous assessment

The main objective of the classroom work is to understand the theoretical concepts of the subject and to be able to use them when solving different types of basic problems. Then, they should be able to face advanced problems and finally they will be evaluated at the end of each unit.

## SUMMARY OF THE STUDENT WORKING HOURS

CLASSROOM ACTIVITIES		
Lectures	Problems solving	Classroom tests
20	20	5
NON-CLASSROOM ACTIVITIES		
Autonomous work-theory	Autonomous work-problems	Continuous assessment
35	30	25
ECTS:		4.5 (135 hours)

## EVALUATION AND GRADING CRITERIA

Evaluation activities	Grading criteria	Weight
Final exam	<ul style="list-style-type: none"><li>- Understanding of concepts</li><li>- Application of concepts to problem solving</li><li>- Analysis and interpretation of problem results</li></ul>	70%
To pass the course you must get at least 4 out of 10 on the final exam		
Continuous assessment	<ul style="list-style-type: none"><li>- Understanding of concepts</li><li>- Application of concepts to problem solving</li><li>- Analysis and interpretation of problem results</li><li>- Writing skills</li></ul>	30%

## Grading.

### Grading

The final grade of the course will result from the weighted average of:

- Exam (theory and problems):
  - 70% (minimum 4.0)
- Continuous assessment:
  - 30% Problem solving

In the extraordinary exam, the student will be examined of the whole syllabus.

The weighting criterion is:

- 85% Extraordinary exam (minimum 4.0)
- 15% Continuous assessment (of the course)

## WORK PLAN AND SCHEDULE<sup>2</sup>

Non-classroom activities	Date
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reading and study of materials (theory and problems)</li></ul>	Before each session
<ul style="list-style-type: none"><li>• Study of the concepts explained</li></ul>	After each session
<ul style="list-style-type: none"><li>• Proposed problem solving</li></ul>	Weekly
<ul style="list-style-type: none"><li>• Continuous assessment</li></ul>	Monthly
<ul style="list-style-type: none"><li>• Final exam preparation</li></ul>	December

## REFERENCES AND RESOURCES

Basic references
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Structural Analysis, 8th Ed., R.C. Hibbeler. Prentice Hall, 2012.</b></li></ul>
Complementary references
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fundamentals of Structural Analysis, 4th Ed., K.M. Leet, C. Uang and A.M. Gilbert. McGraw-Hill, 2011.</li><li>• Design of Steel Structures, L. Simoes da Silva, R. Simoes and H. Gervasio. Ernst &amp; Son, 2010.</li><li>• The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3, 4th Ed., N.S. Trahair, M.A. Bradford, D.A. Nethercot and L. Gardner. Taylor &amp; Francis, 1977.</li></ul>

---

<sup>2</sup> A detailed planning of the course may be found in the schedule. This planning is indicative and may change along the course