



E.T.S. de Ingeniería de  
Caminos, Canales y Puertos y  
de Ingeniería de Minas  
Universidad Politécnica  
de Cartagena



# Guía docente de la asignatura Construcción Metálica y Mixta



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



## 1. Datos de la asignatura

<b>Nombre</b>	Construcción Metálica y Mixta (Steel and Composite Steel and Concrete Construction)				
<b>Materia*</b>	Ingeniería estructural, de la construcción y del terreno				
<b>Módulo*</b>	Módulo II: Tecnología específica				
<b>Código</b>	213101007				
<b>Titulación</b>	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos				
<b>Plan de estudios</b>	2011				
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas				
<b>Tipo</b>	Obligatoria				
<b>Periodo lectivo</b>	Cuatrimestral	<b>Cuatrimestre</b>	1º	<b>Curso</b>	2º
<b>Idioma</b>	Castellano				
<b>ECTS</b>	6	<b>Horas / ECTS</b>	30	<b>Carga total de trabajo (horas)</b>	180

\* 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

<b>Profesor responsable</b>	Juan José Jorquera Lucerga		
<b>Departamento</b>	Ingeniería Civil		
<b>Área de conocimiento</b>	Ingeniería de la Construcción		
<b>Ubicación del despacho</b>	Edf. de Caminos y Minas/Navales, 1ª planta, despacho A1.15		
<b>Teléfono</b>	868 07 12 77	<b>Fax</b>	968 33 88 05
<b>Correo electrónico</b>	juanjo.jorquera@upct.es		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://www.upct.es/~ingcivil">http://www.upct.es/~ingcivil</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Lunes y martes de 11 a 14 h. Se recomienda contactar previamente con el profesor.		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	En el despacho		

<b>Titulación</b>	Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
<b>Vinculación con la UPCT</b>	Profesor Contratado Doctor (interino)
<b>Año de ingreso en la UPCT</b>	2009
<b>Nº de quinquenios (si procede)</b>	1
<b>Líneas de investigación</b>	Tipologías estructurales; Puentes arco espaciales; Puentes atirantados; Form-finding. Investigador responsable del grupo de investigación <i>New Structural Typologies</i> (NEST), UPCT.
<b>Nº de sexenios (si procede)</b>	1
<b>Experiencia profesional</b>	De 1997 a 2014 en ingeniería estructural, fundamentalmente en proyectos de puentes y estructuras de obra civil. Otras áreas de trabajo han sido la programación de aplicaciones informáticas de análisis estructural; trabajos de patología estructural; proyectos de edificación singular y supervisión de proyectos de estructuras de obra civil.
<b>Otros temas de interés</b>	



<b>Profesor</b>	Antonio Tomás Espín		
<b>Departamento</b>	Ingeniería Civil		
<b>Área de conocimiento</b>	Ingeniería de la Construcción		
<b>Ubicación del despacho</b>	Edf. de Caminos y Minas/Navales, 1ª planta, despacho A1.12		
<b>Teléfono</b>	968 32 56 53	<b>Fax</b>	968 33 88 05
<b>Correo electrónico</b>	antonio.tomas@upct.es		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://www.upct.es/~ingcivil">http://www.upct.es/~ingcivil</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Horario semanal de tutorías: En actualización permanente. Para consultarlo pincha <a href="#">AQUÍ</a>		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	En el despacho		

<b>Titulación</b>	Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
<b>Vinculación con la UPCT</b>	Profesor Titular de Universidad
<b>Año de ingreso en la UPCT</b>	1997
<b>Nº de quinquenios</b>	4
<b>Líneas de investigación</b>	Diseño avanzado de láminas y estructuras de hormigón y metálicas. Nuevas técnicas de optimización estructural. Métodos computacionales en diseño sismorresistente. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones. Investigador responsable del grupo de investigación STRENGTH - <i>Structural Engineering and Technology</i> , UPCT. Miembro del grupo de trabajo GT1/3 <i>Proyectos de estructuras de hormigón en zona sísmica</i> , de la Asociación Española de Ingeniería Estructural.
<b>Nº de sexenios</b>	2
<b>Experiencia profesional</b>	Múltiples contratos con empresas para actividades de asesoramiento y asistencia técnica en ingeniería estructural.
<b>Otros temas de interés</b>	Innovación docente. Premio a la Labor Docente (ETSII-UPCT, curso 2007-2008). Premio al Profesor de Referencia en el Marco del EEES (UPCT, cursos 2014-2015 y 2015-2016).



### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura

La finalidad de esta asignatura es transmitir los fundamentos del proyecto y la construcción de las estructuras metálicas y mixtas.

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

La formación recibida en el curso permite proyectar y construir estructuras metálicas y mixtas. La asignatura aporta, por tanto, parte de la formación necesaria para que el futuro titulado pueda desarrollar adecuadamente las atribuciones profesionales relacionadas con el comportamiento de las estructuras metálicas y mixtas y con su capacidad para concebir, proyectar, construir y mantener este tipo de estructuras.

#### 3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

De 1er curso: *Teoría de estructuras; Construcción en hormigón; Geotecnia y cimientos.*  
De 2º curso: *Análisis avanzado de estructuras; Aplicaciones del método de los elementos finitos en ingeniería estructural* (asignatura de bloque optativo); *Puentes* (asignatura de bloque optativo); *Tipología estructural y constructiva* (asignatura de bloque optativo); *Procedimientos especiales de cimentación* (Asignatura de bloque optativo).

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

No existen.

#### 3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Es necesario disponer de conocimientos de resistencia de materiales y de cálculo de estructuras.

#### 3.6. Medidas especiales previstas

El Vicerrectorado correspondiente podrá establecer adaptaciones especiales en la metodología y el desarrollo de enseñanzas para los estudiantes que padezcan algún tipo de discapacidad o alguna limitación, a efectos de posibilitarles la continuación de los estudios (artículo 6 de la Normativa de Evaluación de la UPCT).

El estudiante que, por sus circunstancias, pueda necesitar de medidas especiales de este tipo, debe comunicárselo al profesor al principio del cuatrimestre.

Asimismo, los estudiantes extranjeros que puedan tener dificultades con el idioma deben comunicárselo al profesor. Las pruebas de evaluación pueden desarrollarse en inglés.



## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

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

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 (CB7).

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

Capacidad para el proyecto, ejecución e inspección de estructuras (puentes, edificaciones, etc.), de obras de cimentación y de obras subterráneas de uso civil (túneles, aparcamientos), y el diagnóstico sobre su integridad (G11).

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

Conocimiento de todo tipo de estructuras y sus materiales, y capacidad para diseñar, proyectar, ejecutar y mantener las estructuras y edificaciones de obra civil (TE03)

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

Aprendizaje autónomo (nivel 3).

### 4.5. Resultados\*\* del aprendizaje de la asignatura

Al terminar con éxito esta asignatura, los estudiantes serán capaces de:

1. Conocer y ser capaz de aplicar los conceptos y la terminología propios de la construcción metálica y mixta.
2. Identificar y comprender los mecanismos de respuesta de las tipologías más frecuentes de estructuras metálicas y mixtas.
3. Comprender y utilizar los métodos de diseño y cálculo fundamentales de estructuras metálicas y mixtas.
4. Usar software aplicado al cálculo y dimensionamiento.
5. Conocer las particularidades del análisis, tipológicas y constructivas de los puentes metálicos y mixtos.
6. Elegir entre los procesos constructivos más habituales, ideando su necesidad según la casuística analizada y diseñando de manera básica los casos propuestos de cara a su integración en el proyecto de una construcción metálica y mixta.
7. Generar modelos científicos para desarrollar su capacidad de transferir esquemas conceptuales a realidades distintas en el ámbito de la construcción metálica y mixta.

\*\* 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

Vigas armadas. Piezas compuestas. Tipologías constructivas metálicas. Protección contra el fuego y corrosión. Bases teóricas de los sistemas mixtos. Comportamiento en servicio de los sistemas mixtos. Efectos de la fisuración del hormigón. Comportamiento en rotura de los sistemas mixtos. Conectores. Dimensionamiento de la conexión y armado de la losa de hormigón. Tipologías constructivas mixtas. Mantenimiento de construcciones metálicas y mixtas. Introducción a los puentes metálicos y mixtos.

### 5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

#### BLOQUE I.- ESTRUCTURAS METÁLICAS.

##### UNIDAD DIDÁCTICA I: MATERIALES, COMPORTAMIENTO DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES Y BASES DE CÁLCULO.

**T1. ACEROS ESTRUCTURALES.-** Aceros estructurales. Perfiles estructurales.

**T2. COMPORTAMIENTO DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES.-** El ensayo de tracción. Criterios de fallo o de plastificación.

**T3. BASES DE CÁLCULO.-** Acciones. Valores característicos. Valores de cálculo. Estados Límite. El método de los coeficientes de seguridad. Situaciones de proyecto. Hipótesis de combinación de acciones. Valores de acciones según el CTE DB SE-AE.

##### UNIDAD DIDÁCTICA II: MEDIOS DE UNIÓN.

**T4. UNIONES ATORNILLADAS.-** Medios de unión. Esfuerzos en los elementos de la unión. Comprobación de la resistencia de los elementos de la unión. Disposiciones relativas a las uniones atornilladas.

**T5. TECNOLOGÍA DE UNIONES SOLDADAS.-** Procedimientos de soldadura. Material de aportación. Tipos de soldadura. Clasificación de los cordones según la posición durante su ejecución. Deformaciones y tensiones residuales. Defectos de las soldaduras. Control de calidad.

**T6. CÁLCULO DE UNIONES SOLDADAS.-** Criterios de agotamiento de los cordones de soldadura. Cálculo de uniones soldadas sometidas a distintos esfuerzos.

##### UNIDAD DIDÁCTICA III: CÁLCULO Y DISEÑO DE PIEZAS.

**T7. TRACCIÓN.-** Hipótesis de diseño en estructuras trianguladas. Tracción centrada. Tracción excéntrica. Limitaciones a la esbeltez.

**T8. FLEXIÓN.-** Tensiones debidas a la flexión. Diseño a resistencia (en tensiones) de piezas flectadas. Tipos de sección. Métodos de cálculo. Resistencia de las secciones. Deformaciones. Vibraciones.

**T9. COMPRESIÓN.-** Fenómenos de inestabilidad. Pandeo teórico: Fórmula de Euler. Longitud de pandeo. Capacidad de una barra a pandeo por flexión en compresión centrada.

**T10. FLEXOCOMPRESIÓN.-** Efectos P-Delta o de 2º orden (coeficientes B1 y B2). Longitud de pandeo en pilares de edificios. Comprobación de piezas a flexocompresión.

**T11. TORSIÓN.-** Tipos de torsión. Torsión sin alabeo y torsión uniforme. Casos comunes de piezas solicitadas a torsión uniforme. Interacción de esfuerzos.

**T12. PANDEO LATERAL.-** Momento crítico elástico de pandeo lateral. Resistencia a pandeo lateral. Elementos flectados y traccionados. Consideraciones de diseño. Arriostramientos.



#### **UNIDAD DIDÁCTICA IV: CÁLCULO Y DISEÑO DE NUDOS Y APOYOS.**

**T13. NUDOS.-** Clasificación. Uniones flexibles o articuladas. Uniones rígidas. Brochales. Nudos acartelados.

**T14. APOYOS Y BASAS.-** Apoyos de vigas. Basas de soportes.

#### **UNIDAD DIDÁCTICA V: CONJUNTOS ESTRUCTURALES.**

**T15. ESTRUCTURAS TRIANGULADAS.-** Consideraciones de diseño y cálculo. Detalles constructivos.

**T16. ESTRUCTURAS APORTICADAS.-** Consideraciones de diseño y cálculo. Detalles constructivos.

**T17. EDIFICIOS.-** Consideraciones de diseño y cálculo. Detalles constructivos.

#### **BLOQUE II.- DISEÑO DE PIEZAS SINGULARES Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL.**

#### **UNIDAD DIDÁCTICA VI: VIGAS ARMADAS, DE ALMA ALIGERADA Y DE SECCIÓN VARIABLE.**

**T18. VIGAS ARMADAS.-** Introducción. Fenómeno de la abolladura del alma. Dimensiones óptimas de la sección. Necesidad de comprobar la abolladura del alma. Pandeo local del ala comprimida. Dimensionamiento de la unión alma-ala. Resistencia de las secciones de clase 4. Rigidizadores.

**T19. VIGAS DE ALMA ALIGERADA Y DE SECCIÓN VARIABLE.-** Vigas de alma aligerada: Introducción. Comprobación a resistencia de las vigas de alma aligerada. Cálculo de deformaciones en vigas de alma aligerada. Vigas de sección variable. Tipos de vigas: Fichas resumen.

#### **UNIDAD DIDÁCTICA VII: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y PILARES DE SECCIÓN COMPUESTA.**

**T20. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.-** Introducción. Estabilidad lateral global. Traslacionalidad.

**T21. PIEZAS DE SECCIÓN COMPUESTA.-** Introducción. Pandeo de piezas compuestas. Cálculo de los elementos de enlace.

#### **BLOQUE III.- ESTRUCTURAS MIXTAS.**

#### **UNIDAD DIDÁCTICA VIII: ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS MIXTAS.**

**T22. INTRODUCCIÓN A LAS ESTRUCTURAS MIXTAS.-** Definición. Elementos de una sección mixta. Acción conjunta de la sección mixta. Ventajas e inconvenientes de las estructuras mixtas. Tipologías básicas y aplicaciones.

**T23. NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

**T24. MATERIALES.-** Acero estructural. Armaduras. Hormigón. Fluencia del hormigón. Retracción del hormigón.

**T25. ANÁLISIS ESTRUCTURAL I.-** Análisis lineal y no lineal. Consideración de la N. L. geométrica Imperfecciones. Estabilidad global de entramados reticulares. Cálculo de esfuerzos.

**T26. ANÁLISIS ESTRUCTURAL II.-** La sección mixta. Arrastre por cortante. Fluencia. Retracción. Fisuración. Análisis diferido

**T27. ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS.-** Flexión. Cortante. Pandeo lateral. Rasante y conexión. Soportes y elementos comprimidos.

**T28. ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO.-** Generalidades. Tensiones. Flechas. Fisuración.

#### **UNIDAD DIDÁCTICA IX: INTRODUCCIÓN A PUENTES METÁLICOS Y MIXTOS.**

**T29. PUENTES METÁLICOS Y MIXTOS.-** Análisis estructural global. ELS y ELU. Elementos estructurales en los puentes metálicos y mixtos. Tipología. Construcción.



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

#### **Prácticas de Estructuras Metálicas.**

Práctica 1. Diseño y comprobación de vigas armadas (secciones esbeltas).

#### **Prácticas de Estructuras Mixtas.**

Práctica 2. Cálculo en ELS y cálculo de flechas.

Práctica 3. Cálculo en ELU y cálculo de conexión.

### Prevención de riesgos

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un "Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos" que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.

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

#### **CONTENT BLOCK I.- STEEL STRUCTURES.**

##### **I. MATERIAL, BEHAVIOR OF STRUCTURAL STEEL AND DESIGN CRITERIA.**

1. Structural steel.
2. Behaviour of structural steel.
3. Design criteria.

##### **II. ANALYSIS OF CONNECTIONS.**

4. Bolted connections.
5. Technology of welded connections.
6. Analysis of welded connections.

##### **III. DESIGN OF MEMBERS.**

7. Tension.
8. Bending.
9. Compression.
10. Combined bending and compression.
11. Torsion.
12. Lateral buckling.

##### **IV. CONNECTIONS AND SUPPORTS.**

13. Connections.
14. Supports and bases.

##### **V. STRUCTURAL ASSEMBLIES.**

15. Trusses.
16. Frames.
17. Buildings.

#### **CONTENT BLOCK II.- DESIGN OF SINGULAR ELEMENTS AND STRUCTURAL ANALYSIS.**



## **VI. PLATE GIRDERS, OPEN-WEB EXPANDED BEAMS AND VARIABLE SECTION BEAMS.**

18. Plate girders.
19. Open-web expanded beams and variable section beams.

## **VII. STRUCTURAL ANALYSIS AND BUILT-UP COLUMNS.**

20. Structural analysis.
21. Built-up columns.

## **CONTENT BLOCK III.- COMPOSITE STEEL AND CONCRETE STRUCTURES.**

### **VIII. COMPOSITE STRUCTURES ANALYSIS.**

22. Introduction to composite structures.
23. Regulation.
24. Materials.
25. Structural analysis I.
26. Structural analysis II.
27. Ultimate limit states.
28. Serviceability limit states.

### **IX. INTRODUCTION TO STEEL AND STEEL-CONCRETE BRIDGES.**

29. Steel and steel-concrete bridges.

## **5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas**

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

### **Unidad didáctica I.- Materiales, comportamiento de los aceros estructurales y bases de cálculo.**

Se presentan los tipos de aceros estructurales, incidiendo en sus propiedades resistentes como característica principal diferenciadora. Se presentan los perfiles estructurales, haciendo mayor hincapié en los laminados en caliente, y dentro de éstos, en los denominados perfiles doble t. Se realiza una introducción a los criterios de fallo, en particular del criterio de Von Mises como criterio universalmente aceptado. Por último, se establecen las bases necesarias al inicio de todo diseño de estructuras metálicas, se clasifican las acciones, se exponen los conceptos de valor característico y de valor de cálculo, se exponen los estados límite que no deben ser alcanzados por las estructuras, y se presentan los coeficientes de seguridad, así como las hipótesis de combinación de acciones.

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Conocer los tipos de acero estructural y distinguir sus aplicaciones principales.
- Manejar los tipos de perfiles, conociendo las bondades y debilidades de sus características mecánicas de cara a las posibles aplicaciones.
- Comprender y manejar la expresión de la tensión de comparación de Von Mises como criterio de fallo más empleado.
- Obtener y clasificar las acciones a emplear en el cálculo de una estructura, distinguiendo los coeficientes de seguridad a emplear en las combinaciones de acciones, así como los coeficientes de simultaneidad.
- Realizar las distintas hipótesis de combinación de acciones según que el Estado Límite a comprobar sea Último o de Servicio.

### **Unidad didáctica II.- Medios de unión.**

Esta unidad trata los dos tipos de unión más empleados en la práctica: las uniones atornilladas y las uniones soldadas. En el primer caso se exponen los medios de unión (tornillos, tuercas y arandelas), se presentan los criterios para calcularlas (obtención primero de los esfuerzos en los elementos de la unión, y realización después de las comprobaciones de resistencia en dichos elementos), y se relacionan las disposiciones geométricas a observar. En el caso de las uniones soldadas, primero se presentan diversos aspectos tecnológicos (procedimientos de soldeo, materiales, tipos de soldadura, aparición de deformaciones, tensiones residuales, etc.), exponiendo después los criterios de cálculo en este tipo de uniones.



Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Conocer los medios de unión, tanto en uniones atornilladas como soldadas.
- Conocer la tecnología de las uniones soldadas.
- Comprender los conceptos y criterios de cálculo de las uniones.

### **Unidad didáctica III.- Cálculo y diseño de piezas.**

En esta unidad se aborda el problema de diseñar piezas metálicas que se vean solicitadas a diversos esfuerzos, aisladamente o combinados: tracción (elementos en estructuras trianguladas), flexión (vigas), compresión (pandeo), flexocompresión (pilares), torsión, y pandeo lateral (vigas).

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Aprender a identificar los fenómenos estructurales (resistentes y de inestabilidad) que puedan aparecer en una pieza metálica en función de los esfuerzos que la solicitan.
- Emplear criterios de predimensionamiento de piezas.
- Saber aplicar los procedimientos de comprobación en el diseño de piezas.

### **Unidad didáctica IV.- Cálculo y diseño de nudos y apoyos.**

Se aborda el diseño conceptual de diversas uniones (articuladas, rígidas, brochales, acartelamientos) y se aplican procedimientos de comprobación resistente. Se realiza un repaso por distintos tipos de apoyos de vigas. Finalmente, se trata el tema de las basas de soportes, como elementos de transición del pilar metálico a la cimentación, estableciendo los métodos de cálculo de varias basas habituales en la práctica.

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Diseñar uniones (articuladas o rígidas) que se adapten al modelo de análisis empleado para la estructura.
- Conocer y emplear diversos tipos de apoyos de vigas.
- Diseñar y calcular basas de soporte habituales, adaptándose a las condiciones de vinculación pilar-cimentación empleadas en el análisis de la estructura.

### **Unidad didáctica V.- Conjuntos estructurales.**

Una vez estudiado por separado el diseño de piezas, las uniones entre ellas, y las basas de soportes, es el momento en esta unidad de realizar el ensamblaje de las distintas partes para obtener un determinado conjunto estructural (triangulado, aporticado o edificio), aportando criterios específicos que aglutinen los conceptos estudiados en la asignatura, y exponiendo ciertos detalles constructivos habituales.

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Diseñar y calcular un conjunto estructural (triangulado, aporticado o edificio).
- Conocer y emplear diversos detalles constructivos habituales.

### **Unidad didáctica VI.- Vigas armadas, de alma aligerada y de sección variable.**

En esta unidad se aborda, en una primera parte, el diseño y cálculo de vigas armadas, en la cual se obtienen las dimensiones óptimas de la sección, se tratan los fenómenos de la abolladura del alma y el pandeo local del ala comprimida, se calcula la resistencia de las secciones de clase 4 y se dimensionan la unión alma-ala y los rigidizadores. La segunda parte de la unidad se dedica al diseño y cálculo de vigas de alma aligerada y de sección variable, donde se realiza la comprobación a resistencia de las vigas de alma aligerada y se calculan las deformaciones aproximadas correspondientes, y se realiza una introducción a las vigas de sección variable y sus tipologías.

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Aprender a identificar los fenómenos estructurales (resistentes y de inestabilidad) que puedan aparecer, en función de los esfuerzos que la solicitan, en una pieza flectada de sección armada, de alma aligerada o de sección variable.
- Emplear criterios de predimensionamiento de este tipo de piezas.
- Saber aplicar los procedimientos de comprobación en el diseño de estas piezas.



### **Unidad didáctica VII.- Análisis estructural y pilares de sección compuesta.**

En esta unidad se aborda el análisis estructural, en lo relativo a la estabilidad lateral global y a la traslacionalidad de la estructura, para aplicarlo a continuación al problema del pandeo de piezas compuestas y al cálculo de sus elementos de enlace.

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Aprender a identificar los aspectos a considerar en el análisis de estructuras metálicas, en lo relativo a la estabilidad lateral global y a la traslacionalidad de la estructura.
- Aplicar estos aspectos al análisis de piezas compuestas flexocomprimidas y al cálculo de sus elementos de enlace.
- Emplear criterios de predimensionamiento de este tipo de piezas.
- Saber aplicar los procedimientos de comprobación en el diseño de estas piezas.

### **Unidad didáctica VIII.- Análisis de estructuras mixtas.**

Se presenta el concepto y los elementos de una sección mixta, y se estudia el comportamiento conjunto de los materiales en las secciones mixtas. Se presentan las tipologías básicas, así como los ámbitos de uso de las mismas. Se presenta la normativa de aplicación a las estructuras mixtas, y se resaltan las similitudes y diferencias con otras normativas estructurales ya conocidas por los alumnos en asignaturas anteriores del plan de estudios. Asimismo, se presentan los materiales que se usan en las estructuras mixtas, haciendo hincapié en aquellos aspectos, como la fluencia o la retracción, que condicionan la interacción de los mismos. Se describen los métodos de análisis estructural de las estructuras mixtas, haciendo hincapié en las diferencias que presentan con estructuras ya estudiadas en asignaturas anteriores del plan de estudios, como las compuestas exclusivamente de hormigón o acero estructural. Se presentan las comprobaciones y verificaciones que deben cumplirse de acuerdo con la normativa vigente en las estructuras mixtas, así como las diferentes recomendaciones que la bibliografía de referencia aconseja para el proyecto, y construcción de este tipo de estructuras.

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Conocer los conceptos, terminología y tipologías básicas propias de las estructuras mixtas.
- Conocer la normativa de aplicación de las estructuras mixtas.
- Identificar y conocer las particularidades del acero estructural y del hormigón cuando interaccionan en estructuras mixtas.
- Conocer los métodos de análisis estructural propios de las estructuras mixtas y cómo varían los ya conocidos al aplicarlos a este tipo de estructuras.
- Conocer y saber aplicar la normativa de aplicación a la verificación de los Estados Límites últimos y de Servicio de las estructuras mixtas.

### **Unidad didáctica IX.- Introducción a puentes metálicos y mixtos.**

En esta unidad se presenta el análisis estructural global en ELS y ELU para los puentes metálicos y mixtos, así como las tipologías más habituales y los procesos constructivos más frecuentes.

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Comprender cómo los conocimientos desarrollados en el resto de unidades didácticas se aplican a los puentes metálicos y mixtos de luces cortas y medias.
- Conocer el comportamiento resistente de los puentes metálicos y mixtos en función de las diferentes tipologías estudiadas.
- Conocer y comprender los procesos constructivos más habituales en los puentes metálicos y mixtos.



## 6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*			
Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva empleando el método de la lección. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes. Planteamiento de dudas.	<b>30</b>
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	<b>45</b>
Clase de problemas. Resolución de problemas tipo y casos prácticos	Se resolverán problemas tipo y se analizarán casos prácticos. Se enfatizará el trabajo en plantear métodos de resolución y no en los resultados. En ocasiones se da un tiempo para que el estudiante intente resolverlo, con posibilidad de participación activa a través de estudiantes voluntarios. Se propondrán problemas y/o casos prácticos similares.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas.	<b>21</b>
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor. Se entregan en clase, en el despacho o se envían a través de correo electrónico.	<b>36</b>
Clase de Prácticas. Sesiones de aula de informática	Las sesiones prácticas acercan el entorno de trabajo empresarial al alumno y permiten enlazar contenidos teóricos y prácticos de forma directa. Mediante las sesiones de aula de informática se pretende que los alumnos adquieran habilidades básicas computacionales y manejen programas y herramientas de cálculo y simulación profesionales.	<u>Presencial</u> : Manejo de instrumentación. Desarrollo de competencias en expresión oral y escrita con la presentación de informes de prácticas por los alumnos con apoyo del profesor	<b>8</b>
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los informes de prácticas en grupo y siguiendo criterios de calidad establecidos	<b>15</b>
Seminarios	Descripción de ejemplos de problemas a partir de casos reales.	<u>Presencial</u> : Identificación de problemas a resolver.	<b>4</b>
Visita técnica	Visita a obras o instalaciones cuya actividad esté relacionada con los contenidos de la asignatura.	<u>Presencial</u> : Asistencia a la visita.	<b>4</b>
Tutorías	Resolución de dudas sobre teoría y ejercicios.	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en horario de tutorías.	<b>9</b>
		<u>No presencial</u> : Planteamiento de dudas por correo electrónico.	
Exámenes	Evaluación escrita (dos parciales).	<u>Presencial</u> : Asistencia a los exámenes.	<b>8</b>
			<b>180</b>

**Nota:** Dependiendo de las condiciones de cada curso (número de matriculados, existencia de obras de interés, oportunidad de la fase de la obra, etc.) la visita técnica se organizará en la medida de lo posible. De no organizarse, se distribuirán las horas correspondientes entre el resto de actividades presenciales.



## 6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1)

Actividades formativas (6.1)	Resultados del aprendizaje (4.5)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clase de teoría	X	X	X		X	X				
Clase de problemas. Resolución de problemas tipo y casos prácticos		X	X		X					
Clase de Prácticas. Sesiones de aula de informática		X	X	X						
Seminarios					X	X	X			
Visita técnica						X				

## 7. Metodología de evaluación

### 7.1. Metodología de evaluación\*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Examen escrito: teoría	X		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dos parciales: parcial de Metálicas (1/3) y parcial de Mixtas (2/3).</li> <li>- Preguntas tipo test, de conceptos y definiciones.</li> <li>- Evalúan, principalmente, conocimientos teóricos.</li> <li>- Es necesario obtener un mínimo de 3 sobre 10 para promediar con el resto del examen.</li> <li>- Es necesario aprobar cada parcial (nota mínima de 5 sobre 10) para superar la asignatura, nota que se guarda hasta la convocatoria de septiembre del curso en vigor.</li> </ul>	Hasta 30 % del examen	1, 2, 3, 5, 6
Examen escrito: ejercicios	X		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dos parciales: parcial de Metálicas (1/3) y parcial de Mixtas (2/3).</li> <li>- Diversos ejercicios similares a los resueltos y propuestos. Evalúan, principalmente, habilidades.</li> <li>- Es necesario obtener un mínimo de 3 sobre 10 en cada uno de los problemas para promediar con el resto del examen.</li> <li>- Es necesario aprobar cada parcial (nota mínima de 5 sobre 10) para superar la asignatura, nota que se guarda hasta la convocatoria de septiembre del curso en vigor.</li> </ul>	Hasta 70 % del examen	2, 3, 5
Memoria de prácticas		X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolución y entrega de memorias de prácticas informáticas.</li> <li>- Evalúan habilidades y</li> </ul>	-	2, 3, 4



			competencias.		
Seminarios		X	Empleo de una rúbrica en la que se indague sobre el grado de identificación de los problemas por parte del estudiante.	-	7

Tal como prevé el artículo 5.4 del *Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales* de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.

## 7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

Los ejercicios y prácticas que se realizan en clase, así como la realización de problemas propuestos por parte del estudiante, permiten detectar posibles lagunas formativas y consolidar los conceptos más importantes de la asignatura.

Las tutorías grupales provocan el planteamiento de cuestiones en clase que permiten comprobar el nivel que se va adquiriendo a lo largo del curso.



## 8 Bibliografía y recursos

Enlace a bibliografía recomendada (CRAI-Biblioteca UPCT):

[https://upct.ent.sirsidynix.net.uk/client/es\\_ES/M-ICCP/](https://upct.ent.sirsidynix.net.uk/client/es_ES/M-ICCP/)

### 8.1. Bibliografía básica\*

#### Unidades didácticas I, III, VI y VII:

- Argüelles, R., Argüelles, J.M., Arriaga, F. & Atienza, J.R. (2013). *Estructuras de acero 1. Fundamentos y cálculo*. Madrid: Bellisco.

#### Unidades didácticas II, IV, V y VII:

- Argüelles, R., Argüelles, J.M., Arriaga, F. & Atienza, J.R. (2007). *Estructuras de acero 2. Uniones y sistemas estructurales*. Madrid: Bellisco.

#### Unidad didáctica IV:

- Argüelles, R., Arriaga, F., Argüelles, R., Esteban, M. & Íñiguez, G. (2016). *Estructuras de acero 4. Inestabilidad: fundamentos, cálculo y programas*. Madrid: Bellisco.

#### Unidades didácticas I a VII:

- Monfort, J., Pardo, J.L. & Guardiola, A. (2007). *Problemas de estructuras metálicas adaptados al CTE*. Valencia: Servicio de Publicaciones UPV.

#### Unidad didáctica VIII:

- Martínez Calzón, J. & Ortiz Herrera, J. (1978). *Construcción mixta hormigón-acero*. Madrid: Rueda.
- Monfort, J. (2002). *Estructuras mixtas para edificación. Según criterios del Eurocódigo 4*. Valencia: Servicio de Publicaciones UPV.

#### Unidad didáctica IX:

- Viñuela, L. & Martínez, J. (2009). *Proyecto y construcción de puentes metálicos y mixtos*. Madrid: APTA.

### 8.2. Bibliografía complementaria\*

#### Unidades didácticas I a IV, VI y VII:

- Marco, J. (1997). *Fundamentos para el cálculo y diseño de estructuras metálicas de acero laminado*. Madrid: McGraw-Hill.
- Martínez, R. (1997). *Ejercicios de estructuras metálicas (conforme al Eurocódigo 3)*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

#### Unidad didáctica V:

- Hurtado, C., Fernández, F., Asensio, M., Vega, R. & Tectum Ingeniería. (2008). *Estructuras de acero en edificación*. Madrid: APTA.

#### Unidad didáctica VIII:

- Johnson, R.D. (1994). *Composite structures of steel and concrete (vol. 1). Beams, slabs, columns and frames for buildings*. 2ª ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Yam, L.C.P. (1981). *Design of composite steel-concrete structures*. Surrey University Press.
- ACHE-monografía M13. *Recomendaciones para el proyecto y ejecución de forjados mixtos de chapa nervada*.

#### Unidad didáctica IX:

- ACHE-monografía M10. *Puentes Mixtos*.
- III Jornadas Internacionales de Puentes Mixtos, Madrid, 2001. Comunicaciones I, II y III.



### 8.3. Recursos en red y otros recursos

Apuntes de la parte de Metálicas en OCW UPCT

<http://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=89>

UPCTmedia (vídeos de la parte de Metálicas)

<http://media.upct.es/profesor/?id=59>

Centro virtual de publicaciones de Fomento

<http://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/>

E.T.S. de Ingeniería de Caminos, CC. y PP. y de Ingeniería de Minas - UPCT

<http://www.upct.es/caminosyminas/>

Departamento de Ingeniería Civil - UPCT

<http://www.upct.es/~ingcivil/>

Eurocódigos

<http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu>

Base de datos de ingeniería estructural

<http://structurae.net>

Estructurando

<http://estructurando.net/>

Earthquake | KickMyBrain

<http://www.kickmybrain.com/earthquake/>

Asociación para la Construcción de Estructuras Metálicas

<http://www.ascem.org>

Prontuario Informático de Estructuras Metálicas y Mixtas en APTA (Asociación para la Promoción Técnica del Acero).

<http://www.apta.es>

Calidad Siderúrgica

<http://www.calsider.es>

Compañía Española de Laminación

<http://www.celsa.com>

Constructalia. El sitio del acero para la construcción. Arcelormittal Steel Company

<http://www.constructalia.com>

Portal europeo de arquitectura y construcción con acero

<http://www.steelconstruct.com>

Unión de Almacenistas de Hierros de España

<http://www.uahe.es>

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Sede Nacional

<http://www2.ciccp.es/>

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Región de Murcia

<http://www.caminosmurcia.es/>

Asociación Española de Normalización y Certificación

<http://www.aenor.es>

