



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Arquitectura

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**33000322 - Forjados de Acero**

### PLAN DE ESTUDIOS

03AF - Master Universitario en Estructuras de la Edificación

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	33000322 - Forjados de Acero
<b>No de créditos</b>	1 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	03AF - Master Universitario en Estructuras de la Edificación
<b>Centro responsable de la titulación</b>	03 - Escuela Técnica Superior de Arquitectura
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Jorge Conde Conde (Coordinador/a)	95	jorge.conde@upm.es	L - 10:30 - 14:30
Alejandro Bernabeu Larena	95	alejandro.bernabeu@upm.es	Sin horario. Consultar tutorías en tablón del departamento

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Programas De Analisis Estructural
- Tipos Estructurales Basicos
- Modelos Estructurales: Base De La Normativa
- Teoria Basica De Estructuras
- La Estructura En El Proyecto Arquitectonico: Parametros Relevantes

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Manejo de programas básicos de ofimática (excel y word)
- Mecánica de Sólidos y Sistemas Estructurales
- Elasticidad y Plasticidad
- Manejo a nivel usuario de software de análisis estructural
- Manejo de Autocad

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE5 - Capacidad de diseñar pruebas de carga in situ para estimar la capacidad portante de elementos estructurales existentes.

CE6 - Manejo de las bases de datos y fuentes de información para poder realizar estrategias de búsqueda sobre problemas concretos teóricos o prácticos a nivel avanzado.

CG1 - Capacidad de comprensión de la teoría y la práctica del proyecto y construcción de estructuras de edificación en cada uno de sus campos específicos.

CG2 - Capacidad de concebir y poner en práctica el proceso de proyectar una estructura de edificación o de cualquiera de sus partes o elementos.

CG6 - Capacidad de evaluar la seguridad de las estructuras proyectadas o construidas con un nivel suficiente como para excluir con una probabilidad suficientemente alta los accidentes o hundimientos.

CG9 - Capacidad de comunicarse con sus colegas, con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de sus áreas de conocimiento.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA53 - Establecer esquemas estructurales adecuados a los problemas arquitectónicos y a las características de la construcción metálica y mixta.

RA54 - Estimar la resistencia y rigidez de las secciones, piezas y conjuntos de acero y mixtos.

RA55 - Dimensionar las secciones de un determinado esquema estructural para que resulten suficientemente resistentes, rígidas y robustas.

RA56 - Evaluar la incidencia de los fenómenos de inestabilidad en acero a nivel de componente, pieza y conjunto.

RA57 - Conocer la tecnología básica del acero y las piezas y materiales disponibles en el mercado.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

CURSO DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y MIXTAS DE ACERO-HORMIGÓN

Parte 2: Diseño de forjados.

En esta parte se discute pormenorizadamente la tipología de forjados de chapa colaborante con sobre piezas mixtas a nivel de concepto, cálculo y construcción.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. El acero en la construcción. Bases de cálculo.
  - 1.1. El acero como material de construcción.
  - 1.2. Conceptos básicos de metalurgia.
  - 1.3. Propiedades estructurales del acero.
  - 1.4. Productos comerciales.
  - 1.5. Protección y durabilidad.
  - 1.6. Criterios de rotura.
  - 1.7. Bases de cálculo y normativa vigente.
2. Resistencia seccional.
  - 2.1. Conceptos sobre resistencia seccional.
    - 2.1.1. Diagramas de cálculo.
    - 2.1.2. Cálculo elástico, no lineal y plástico.
  - 2.2. Clases seccionales.
  - 2.3. Respuesta seccional a solicitaciones simples: axil, flexión, corte, torsión.
  - 2.4. Respuesta seccional a solicitaciones compuestas. Fórmulas de interacción.
3. Flexión
  - 3.1. Comprobaciones resistentes y de servicio
  - 3.2. Piezas metálicas: disposiciones usuales.
    - 3.2.1. Perfiles laminados
    - 3.2.2. Perfiles armados
    - 3.2.3. Piezas de canto variable
    - 3.2.4. Perfiles alveolados y perforados
    - 3.2.5. Celosías trianguladas
    - 3.2.6. Celosías vierendeel
  - 3.3. Piezas mixtas
    - 3.3.1. Concepto y propiedades de los materiales
    - 3.3.2. Resistencia seccional

### 3.3.3. Análisis

### 3.3.4. Conexión

### 3.3.5. Comportamiento en servicio

## 3.4. Forjados mixtos de chapa colaborante

## 4. Estabilidad

### 4.1. Estabilidad de edificios

#### 4.1.1. Imperfecciones

#### 4.1.2. Análisis lineal y no lineal, primer y segundo orden

#### 4.1.3. Arriostramiento de edificios

### 4.2. Estabilidad de piezas

#### 4.2.1. Pandeo de piezas comprimidas

#### 4.2.2. Estabilidad lateral de piezas a flexión

### 4.3. Estabilidad de componentes

#### 4.3.1. Pandeo de Chapas

#### 4.3.2. Abolladura

#### 4.3.3. Aplastamiento

#### 4.3.4. Secciones clase 4

## 5. Soportes

### 5.1. Generalidades

## 6. Resistencia de los medios de unión

### 6.1. Soldadura

#### 6.1.1. Ejecución de soldaduras

#### 6.1.2. Disposiciones constructivas

#### 6.1.3. Representación gráfica

#### 6.1.4. Resistencia

### 6.2. Tornillería

#### 6.2.1. Tipos de tornillos y su comportamiento

#### 6.2.2. Disposiciones constructivas

#### 6.2.3. Representación gráfica

#### 6.2.4. Resistencia

### 7. Conceptos generales sobre uniones

7.1. Relevancia de las uniones en la construcción metálica

7.2. Nudos simples, continuos y semicontinuos

7.3. Resistencia y rigidez de las uniones. Capacidad de rotación.

7.4. Componentes.

7.4.1. Concepto de componente

7.4.2. Resistencia y rigidez de los componentes en uniones usuales

7.5. Reparto de esfuerzos sobre las uniones

7.6. Tipología de uniones.

### 8. Uniones simples

8.1. Uniones soldadas nominalmente articuladas

8.2. Uniones atornilladas con angulares

8.3. Uniones atornilladas con placas frontales flexibles

8.4. Uniones atornilladas con chapa lateral

8.5. Uniones en arriostramientos

8.6. Empalme de soportes sin flexión.

8.7. Empalme de tirantes.

### 9. Uniones continuas

9.1. Empalmes intermedios de piezas a flexión

9.2. Uniones empotradas correa-viga a eje.

9.3. Uniones empotradas correa-viga con muñones

9.4. Uniones en continuidad de correas mixtas sobre vigas.

9.5. Empalme de soportes con flexión

9.6. Unión empotrada viga con pilar pasante interior y extrema.

9.7. Unión empotrada de pilar con viga pasante, interior y extrema.

9.8. Uniones en piezas mixtas

### 10. Basas de soporte

10.1. Basas sencillas para pequeñas cargas.



- 10.2. Basas de pilares para cargas medias y altas.
- 10.3. Basas de pilares mixtos.
- 10.4. capiteles para unión de losas a pilares metálicos.
- 10.5. Chapas embebidas.
- 10.6. Apoyos extremos de vigas a muros de hormigón mediante anclajes in situ.
- 10.7. Pasadores y bulones.
- 10.8. Neoprenos y apoyos deslizantes.
- 11. Uniones de celosías
  - 11.1. Uniones de celosías tubulares. Criterios prácticos.
  - 11.2. Uniones de celosías con perfiles abiertos.
  - 11.3. Uniones en celosías vierendeel.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1				
2				
3				
4			<b>Exposición y crítica Práctica 4.2</b> Duración: 01:45 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas  <b>Tutoría P4.2</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
5			<b>Exposición y crítica Práctica 4.2</b> Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas  <b>Tutoría P4.2</b> Duración: 03:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
6				<b>Práctica 4.2</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 15:00
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Práctica 4.2	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	100%	10 / 10	CE5 CG2 CG9 CE6 CG1 CG6

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Práctica 4.2	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	100%	10 / 10	CE5 CG2 CG9 CE6 CG1 CG6

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

**20% Organización general de los planos, nivel de desarrollo y legibilidad de los mismos**

**05% Acotación de los planos, referenciación con ejes o rótulos, niveles, cuadro materiales**

**05% Definición de forjado: chapa (tipo, grosor)**

**10% Definición de forjado: losa, armado (rasante, incendio)**

**30% Dimensionado de vigas y correas metálicas o mixtas**

**10% Conexión: tipología, altura y separación**

**20% Organización y contenido de la memoria**

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
CTE - Código Técnico de la Edificación	Bibliografía	El código técnico es la norma de edificación vigente en España. El Documento Básico DB-SE-A es la parte de acero. El Documento Básico DB-SE-AE contiene la información relativa a acciones.
EN-1993-1: Eurocódigo 3 "Design of Steel Structures"	Bibliografía	Norma estructural europea. Parte relativa a estructuras de acero.
EN-1994-1: Eurocódigo 4 "Design of composite steel and concrete structures".	Bibliografía	Norma estructural Europea. Parte relativa a estructuras mixtas.
EAE: Instrucción de acero estructural.	Bibliografía	Instrucción de acero estructural del Ministerio de Fomento.

Steel Designers' Manual; AAVV; The Steel Construction Institute.	Bibliografía	Una guía completa al diseño estructural en acero, concisa y con numerosos ejemplos resueltos.
Estructuras de acero (2 Vols): Ramón Argüelles et al.	Bibliografía	Texto clásico actualizado al CTE que cubre todos los aspectos relativos al cálculo del acero.
La estructura metálica hoy; Ramón Argüelles; 5 vols.	Bibliografía	Un texto clásico de los años 70 y como tal un tanto obsoleto. No obstante, el tomo II contiene varios proyectos completos realizados con tecnología de la época. El tomo III contiene varios programas de dimensionado en lenguaje Basic.
Prontuario Ensidesa. Tomo 1.	Bibliografía	El prontuario más completo de estructuras metálicas. Este tomo presenta los valores estáticos de secciones (con mayor atención al cálculo elástico) así como conceptos fundamentales de resistencia de materiales y estructuras elementales.
Prontuario Ensidesa. Tomo 2	Bibliografía	Este tomo presenta las bases de cálculo y analiza el comportamiento de piezas ante sollicitaciones básicas: compresión, tracción, flexión. El tomo II** está enteramente dedicado a uniones.
Fundamentos para el cálculo y diseño de estructuras metálicas de acero laminado; Jaime Marco	Bibliografía	Un buen libro introductorio sobre acero, que reúne mucho material que habitualmente se encuentra disperso en varias fuentes.
Estructuras de acero en edificación; Constantino Hurtado et al.	Bibliografía	Un excelente texto muy actual. Enfocado más en los problemas conceptuales que en el cálculo pormenorizado.
Estructuras Metálicas para Edificación; José Monfort; 2 vols	Bibliografía	Un curso clásico de estructuras metálicas. Atención, ya que está basado en una versión obsoleta del Eurocódigo 3 por lo que algunos apartados no son ya válidos.

Construction Métallique; Manfred Hirt et al.	Bibliografía	Tomo 10 del Traité de Génie Civil editado por l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Muy didáctico y recomendable como introducción a estructuras de acero y mixtas. En francés.
Charpentes Métalliques; Manfred Hirt et al.	Bibliografía	Tomo 11 del Traité de Génie Civil editado por l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Dedicado a sistemas estructurales de edificios. Muy completo y didáctico. En francés.
Ponts en Acier	Bibliografía	Tomo 12 del Traité de Génie Civil editado por l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Dedicado a puentes de acero y mixtos, por lo que contiene información sobre problemas específicos: inestabilidad, abolladura, torsión, shear lag, etc.
Proyecto y construcción de puentes metálicos y mixtos; Luis Viñuela, José Martínez Salcedo	Bibliografía	Texto muy interesante por dos maestros en el tema, con énfasis en los aspectos específicos de éstos elementos: patch loading, conexión, comportamiento de los tableros, inestabilidad, abolladura, etc.
Manual de Uniones Atornilladas Laterales; J. Ortiz, J.I. Hernando, J. Cervera.	Bibliografía	Texto monográfico dedicado a uniones laterales atornilladas. El texto se acompaña con unas potentes hojas de cálculo que pueden descargarse en la página web de APTA.
Manual de uniones atornilladas frontales pretensadas; J. Ortiz, J.I. Hernando, J. Cervera.	Bibliografía	Texto monográfico dedicado a uniones frontales atornilladas. El texto se acompaña con unas potentes hojas de cálculo que pueden descargarse en la página web de APTA.
Guía para el apriete de uniones con tornillos pretensados; G. Capellán et al.	Bibliografía	Guía que describe los siempre problemáticos procedimientos de apriete de tornillos pretensados.

Protección y Durabilidad de las Estructuras de Acero; Pilar Navajas, Antonio López	Bibliografía	Manual APTA muy completo sobre un tema del que es difícil encontrar información fiable.
Plate Buckling in Bridges and other Structures; Bjorn Akesson	Bibliografía	Una buena introducción al fenómeno de abolladura en las estructuras de acero.
Ejercicios de Estructuras Metálicas y Mixtas, 4vols; Alejandro Bernabeu, Jorge Conde, Paula Fuentes.	Bibliografía	Recopilación de ejercicios resueltos de los temas 1 a 5 del módulo.
Guía de diseño perfiles tubulares, 8 vols; AAVV	Bibliografía	8 guías que recogen aspectos particulares de cálculo y constructivos de los perfiles tubulares de acero. Editadas en España por el ICT (Instituto de la Construcción Tubular).
Guía de Diseño para Estructuras en Celosía con perfiles tubulares de acero; AAVV	Bibliografía	Una buena guía paso a paso para resolver celosías de luces medias, con referencia a los programas disponibles en la página web del ICT.
Steel Detailers' Manual; Alan Hayward et al.	Bibliografía	Manual para detallado de estructuras metálicas, adaptado a las prácticas y tipologías habituales en el Reino Unido.
The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3; N.S. Trahair et al	Bibliografía	Un buen texto que cubre el diseño de piezas de acero de acuerdo al eurocódigo 3; contiene gran cantidad de información, si bien en ocasiones resulta algo escueto en las explicaciones.
Manual de Diseño de Estructuras de Acero; Roger Brockenbrough, Frederick Merrit.	Bibliografía	Un buen manual de acero con la enorme pega (para los europeos) de estar adaptado a la norma americana y en unidades imperiales (pulgadas, libras, etc).
Estructuras Metálicas, uniones. Francisco Quintero, Vicente Cudós.	Bibliografía	Un excelente manual dedicado a un tema sobre el que hay poca información.
Construcción mixta hormigón-acero; Julio Martínez Calzón, Jesús Ortiz	Bibliografía	Texto enciclopédico y seminal sobre las estructuras mixtas, muy bien organizado y con abundante información sobre comportamiento lineal y no lineal, detalles, y ejemplos construidos.



Estructuras mixtas para edificación; José Monfort	Bibliografía	Un texto sencillo para los conceptos básicos, aunque en un plano algo teórico.
Cálculo de las Estructuras de Acero frente al Incendio; Jesús Ortiz, Julia Villa	Bibliografía	Un interesante texto adaptado a las últimas tendencias de análisis frente a incendio.
Design of welded structures; Omer Blodgett	Bibliografía	Un excelente manual que cubre los aspectos esenciales de cálculo y diseño de estructuras soldadas. En unidades imperiales.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura forma parte de un curso integral de Estructuras de Acero y Mixtas. El total del curso representa 8 créditos. Este total fue inicialmente separado en asignaturas 'estancas'. La práctica docente ha confirmado que el tratamiento unificado de toda la materia es más eficaz. Por tanto la división que se presenta no tiene por qué coincidir exactamente con las asignaturas inicialmente concebidas.

Además el contenido de la asignatura 33000323 'Aplicación de la normativa de protección contra incendios' se ha sacado del curso y colocado en una parte más lógica, dentro del módulo 1 (general) del máster, ya que se trata de un conocimiento de carácter general, aplicable no sólo a acero sino a todos los materiales estructurales.

Las asignaturas que forman este paquete completo son:

33000319 3cr Estructuras de Acero y Mixtas

33000321 2cr Análisis en rotura - uniones

33000322 1cr Forjados de acero

33000323 2cr Aplicación de la normativa de protección contra incendios