



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA.  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**GUÍA DEL CURSO  
2024-2025**

**Máster Universitario en  
Estructuras de  
Edificación  
(Modalidades presencial y virtual)**

Junio-2024 – v2

# Índice

1. Preámbulo
2. Estructura del curso
3. Organización temporal
4. Organización de la docencia
5. Evaluación
6. Calendario docente
7. Trabajo fin de máster
8. Prácticas académicas externas
9. Realización del máster con dedicación completa o dedicación parcial
10. Profesorado
11. Resumen de contenido de las asignaturas
12. Listado de empresas colaboradoras en prácticas externas

## 1. Preámbulo

Aunque afortunadamente la fuerza de la gravedad, el viento y los terremotos no han cambiado, sí lo han hecho en su forma de uso los materiales estructurales, a lo que se añade que vivimos épocas de continuos cambios normativos y de un creciente sistema de controles que obliga cada vez más a cuidar y justificar las decisiones.

Un titulado con conocimientos sólidos de teoría de estructuras, con dedicación suficiente, debe ser capaz de asimilar y aplicar cualquier nueva normativa, aprender el manejo responsable de los programas de ordenador que puedan ayudarle en su trabajo y, con el tiempo, llegar a ser capaz de evaluar con eficacia distintas alternativas para tomar decisiones de diseño.

Este Máster aporta las ventajas de la formación reglada que sirve, y no es poco, para recorrer en menos tiempo y con más seguridad el camino preciso para adquirir confianza en el trabajo profesional de redactar la parte del proyecto de ejecución correspondiente a la cimentación y la estructura, incluyendo no sólo la documentación gráfica general y de detalle sino también la escrita, cada vez más importante a efectos de control de calidad y seguridad en el resultado económico.

Por otra parte, la realización de un Máster Universitario como el presente, con 90 créditos de postgrado, habilita para acceder al ciclo de investigación, dentro de un Programa de Doctorado en cualquier universidad española (RD 99/2011). En concreto, el Máster Universitario en Estructuras de Edificación es la titulación de referencia para acceder al Programa de Doctorado en Estructuras de Edificación que se imparte en la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Politécnica de Madrid.

El seguimiento del curso implica un intenso trabajo personal por lo que está estructurado para que pueda ser superado en un año y medio a tiempo completo o entre dos años y medio y tres años a tiempo parcial.

El enfoque del Máster es “profesional” en el sentido de que va dirigido a suministrar las destrezas y competencias necesarias para proyectar, calcular, elaborar un proyecto y, finalmente, dirigir la ejecución de la estructura de un edificio. Pero ninguna de las tareas mencionadas es trivial o rutinaria: “proyectar” (también una estructura) es, en esencia, un acto de creación. Que las limitaciones sean más grandes que en otros campos del arte o de la ciencia, en el sentido de que hay que llegar a un resultado con fuertes restricciones (la estructura no debe caerse en un plazo razonable, y su documentación debe evidenciarlo ante

otros antes de su construcción), debiendo alcanzarse tal resultado en un plazo limitado, no debe hacer suponer que no se trate de una tarea creativa exigente. No compartimos el viejo prejuicio de la inferioridad de la técnica respecto a las disciplinas puramente intelectuales: aquí el conocimiento no tiene sentido sólo por sí mismo, sino por su aporte a la capacidad de crear objetos con sentido.

Quede claro que, si investigar es “indagar, hacer diligencias para descubrir una cosa”, el trabajo del proyecto estructural tiene, per se, una alta dosis de investigación. La gimnasia mental, el arte de decidir, de valorar entre distintas opciones, de corregir, en su caso, un rumbo ya tomado, creemos que son una excelente muestra de trabajo de investigación. La posibilidad de contraste experimental en los laboratorios del Departamento de alguna de las alternativas disponibles para un problema dado, y su comparación con los criterios que aportan diferentes teorías enseña a contextualizar estas. Esta habilidad aprendida, se podrá luego aplicar a otros temas en un doctorado posterior, tal como prevé el RD 99/2011,

Ars sine scientia, nihil est, la práctica no es nada sin la teoría, pero la teoría sin práctica, salvo en el campo de la matemática pura, se convierte en un estéril e inútil juego intelectual.

## 2. Estructura del curso

El Máster se estructura oficialmente en dos Módulos troncales: M1, teoría básica y proyecto de estructuras, (20 créditos), y M2, estructuras de hormigón, acero, madera, fábrica y cimientos (39 créditos), uno de optatividad, M3, en el que se debe elegir al menos una materia optativa (4 créditos). Además, se plantean dos módulos adicionales, uno de Trabajo Fin de Grado, M4, (15 créditos) y otro de Prácticas Académicas Externas, M5, (12 créditos).

La mayor parte del contenido del Máster se agrupa en los módulos 1 y 2.

El módulo 1 se imparte por completo en el primer semestre y está compuesto por cuatro asignaturas. En ellas se abordan los fundamentos de teoría del proyecto y análisis de estructuras, combinando clases teóricas con trabajo práctico en el proyecto, modelado y análisis de estructuras.

El módulo 2 se imparte en el segundo semestre, aunque dos de las asignaturas están en el primero. Está formado por 5 asignaturas en las que la materia se organiza en torno a los materiales con que se construyen las estructuras y se incluye además la asignatura de Cimientos.

El módulo 3 es el módulo optativo que se imparte en el tercer semestre. Consiste en una asignatura de cuatro créditos que se elegirá entre las tres que se oferten cada año.

El módulo 4 consiste en la redacción del “Trabajo Fin de Máster”. Consiste en la realización del proyecto de una estructura de un edificio real.

El módulo 5 es el módulo de prácticas académicas externas, que podrán realizarse en el 3º semestre, a través de dos asignaturas obligatorias de 6 créditos. Consiste en la realización de prácticas en la empresa con la que se firme convenio de prácticas.

Las asignaturas que los componen se detallan en la tabla siguiente:

Modulo	Asignatura	Créditos	Semestr e
1. Teoría básica y proyecto de estructuras	1.1-Fundamentos de las teorías de estructuras y del análisis numérico	7	1
	1.2 Estructuras sismorresistentes	4	1
	1.3-Software aplicado al análisis de estructuras	4	1
	1.4-Bases de proyectos de estructuras y Resistencia al fuego	5	1

	2.1-Proyecto y rehabilitación de estructuras de hormigón	9	2
	2.2-Proyecto y rehabilitación de estructuras de acero	9	2
2. Estructuras de hormigón, acero, madera, fábrica y cimientos	2.3-Proyecto y rehabilitación de estructuras de madera	9	2
	2.4-Proyecto y rehabilitación de cimientos	7	1
	2.5-Proyecto y rehabilitación de estructuras de fábrica	5	1
	<b>Total créditos obligatorios</b>	<b>59</b>	
	3.1-Diagnos y consolidación de estructuras históricas	4	3
	3.2-Estructuras espaciales	4	3
	3.3- Métodos numéricos y algebraicos avanzados de análisis	4	3
3. Optativo	3.4-Los retos de la sostenibilidad en la industria de la construcción	4	3
	3.5-Innovación en uso estructural de materiales, medios de análisis y construcción	4	3
	3.6-Diseño generativo, form-finding e interoperabilidad en estructuras	4	3
	<b>Total créditos optativos</b>	<b>4</b>	
4. Trabajo Fin de Máster		15	3
5. Prácticas académicas externas	5.1- Prácticas académicas externas I	6	3
	5.2- Prácticas académicas externas II	6	3
	<b>Total créditos</b>	<b>90</b>	

### 3. Organización temporal

La organización temporal de la docencia se encuadra dentro de los cuatrimestres del curso lectivo, variando su disposición según sea la línea presencial o la línea virtual, tal y como se muestra en la siguiente figura, donde se presentan solamente las asignaturas de los módulos 1 y 2. En la figura se indican así mismo las semanas previstas de evaluación final en la línea virtual, tal y como se explica más adelante.

TEMPORALIZACIÓN CURSO PRESENCIAL

	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>M1. Teoría básica y Proyecto de Estructuras</b>					
1.1 Fundamentos de las teorías de estructuras y del análisis numérico					
1.2 Estructuras sismorresistentes					
1.3-Software aplicado al análisis de estructuras					
1.4 Bases de proyectos de estructuras y Resistencia al fuego					
<b>M2 Estructuras de hormigón, acero, madera, fábrica y cimientos</b>					
2.1 Proyecto y rehabilitación de estructuras de hormigón					
2.2 Proyecto y rehabilitación de estructuras de acero					
2.3 Proyecto y rehabilitación de estructuras de madera					
2.4 Proyecto y rehabilitación de cimientos					
2.5 Proyecto y rehabilitación de estructuras de fábrica					
<b>M3 Optatividad</b>					
<b>M4 Proyecto Fin de Máster y Prácticas</b>					
Proyecto Fin de Máster					
Prácticas Académicas Externas I					
Prácticas Académicas Externas II					
<b>TOTAL</b>					

	Sept	Oct	Nov	Dic	Enero
<b>M1. Teoría básica y Proyecto de Estructuras</b>					
1.1 Fundamentos de las teorías de estructuras y del análisis numérico					
1.2 Estructuras sismorresistentes					
1.3-Software aplicado al análisis de estructuras					
1.4 Bases de proyectos de estructuras y Resistencia al fuego					
<b>M2 Estructuras de hormigón, acero, madera, fábrica y cimientos</b>					
2.1 Proyecto y rehabilitación de estructuras de hormigón					
2.2 Proyecto y rehabilitación de estructuras de acero					
2.3 Proyecto y rehabilitación de estructuras de madera					
2.4 Proyecto y rehabilitación de cimientos					
2.5 Proyecto y rehabilitación de estructuras de fábrica					
<b>M3 Optatividad</b>					
<b>M4 Proyecto Fin de Máster y Prácticas</b>					
Proyecto Fin de Máster					
Prácticas Académicas Externas I					
Prácticas Académicas Externas II					
<b>TOTAL</b>					

TEMPORALIZACIÓN CURSO VIRTUAL

	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>M1. Teoría básica y Proyecto de Estructuras</b>					
1.1 Fundamentos de las teorías de estructuras y del análisis numérico					
1.2 Estructuras sismorresistentes					
1.3-Software aplicado al análisis de estructuras					
1.4 Bases de proyectos de estructuras y Resistencia al fuego					
<b>M2 Estructuras de hormigón, acero, madera, fábrica y cimientos</b>					
2.1 Proyecto y rehabilitación de estructuras de hormigón					
2.2 Proyecto y rehabilitación de estructuras de acero					
2.3 Proyecto y rehabilitación de estructuras de madera					
2.4 Proyecto y rehabilitación de cimientos					
2.5 Proyecto y rehabilitación de estructuras de fábrica					
<b>M3 Optatividad</b>					
<b>M4 Proyecto Fin de Máster y Prácticas</b>					
Proyecto Fin de Máster					
Prácticas Académicas Externas I					
Prácticas Académicas Externas II					
<b>TOTAL</b>					

	Sept	Oct	Nov	Dic	Enero
<b>M1. Teoría básica y Proyecto de Estructuras</b>					
1.1 Fundamentos de las teorías de estructuras y del análisis numérico					
1.2 Estructuras sismorresistentes					
1.3-Software aplicado al análisis de estructuras					
1.4 Bases de proyectos de estructuras y Resistencia al fuego					
<b>M2 Estructuras de hormigón, acero, madera, fábrica y cimientos</b>					
2.1 Proyecto y rehabilitación de estructuras de hormigón					
2.2 Proyecto y rehabilitación de estructuras de acero					
2.3 Proyecto y rehabilitación de estructuras de madera					
2.4 Proyecto y rehabilitación de cimientos					
2.5 Proyecto y rehabilitación de estructuras de fábrica					
<b>M3 Optatividad</b>					
<b>M4 Proyecto Fin de Máster y Prácticas</b>					
Proyecto Fin de Máster					
Prácticas Académicas Externas I					
Prácticas Académicas Externas II					
<b>TOTAL</b>					

## 4. Organización de la docencia

La organización docente se basa en las llamadas “Directrices de Bolonia” que miden la dedicación del alumno en función, no de las clases lectivas, como hasta ahora, sino en función del trabajo total del alumno. Las directrices tienen como objetivo homogeneizar la estructura de los estudios en la Unión Europea para facilitar la movilidad de estudiantes y titulados y crear de manera efectiva el Espacio Europeo de Educación Superior.

El trabajo del alumno se puede dividir en:

1. Tiempo de contacto con el profesor. Incluye:
  - Clases lectivas (solo en modalidad presencial)
  - Seminarios: clases en que el profesor se reúne con los alumnos para discutir temas prácticos o ejercicios del programa
  - Tutelas: tiempo en que el profesor resuelve de manera individual, o en pequeños grupos, preguntas de los alumnos
  - Otros: conferencias, dossiers de obra, presentaciones públicas de trabajos, etc.
2. Tiempo de trabajo personal. Incluye:
  - Estudio y reflexión, trabajo de biblioteca, elaboración de trabajos individuales y en grupo, manejo de programas, etc.

Según esta definición de Bolonia y los acuerdos de la UPM, el trabajo total del estudiante asociado a un crédito supone aproximadamente 27 horas. De esta forma, en cada curso solo pueden matricularse 60 créditos para una dedicación completa. El máster ofrece también la posibilidad de matriculación con dedicación a tiempo parcial, para aquellos estudiantes que compaginen el estudio con la actividad laboral

Se plantean dos modalidades distintas de impartición: **presencial y virtual**. La organización de ambas modalidades se detalla a continuación.

### 4.1. Modalidad presencial

Está previsto que las clases se estructuren de la siguiente manera (puede haber modificaciones según el desarrollo del curso), adaptándose al calendario de la UPM:

- Duración lectiva del Máster: 34 semanas de septiembre a mayo.
- Horas de clase por semana: 16,5 horas de clase (incrementadas en algunas semanas a 22 horas).

- Días de clase y horario: lunes, martes y miércoles, de 15:30–21:00 h. Además, se añadirán algunas clases en jueves con el mismo horario, para alcanzar el número de horas presenciales necesarias.

La limitación y concentración de horas de clase lectiva busca facilitar el trabajo personal del alumno y dejar espacio para las conferencias, seminarios, talleres de software y otras actividades, además de facilitar la compatibilidad de estudio y trabajo para aquellos alumnos que realicen las dos actividades.

Está previsto que las clases se organicen en tres partes, para todas las asignaturas del Máster, de la siguiente forma:

- 15:30 a 17:00 Primera parte. Teoría (1,5 horas).
- 17:00 a 18:30 Segunda parte. Teoría (1,5 horas).
- 18:30 a 18:40 Pausa
- 18:40 a 21:00 Tercera parte. Seminario (Práctica). (2,3 horas)

En general (aunque esta distribución puede cambiarse según las características o necesidades de la asignatura), las dos primeras partes tendrán una orientación más teórica y la última más práctica si bien, siendo el enfoque del Máster profesional, la práctica estará presente en todas ellas.

Los seminarios van asociados a las clases lectivas. En general, al final de cada día lectivo el alumno recibirá un trabajo práctico para resolver a lo largo de la semana. Esto supondrá, aproximadamente, la realización de dos o tres trabajos prácticos semanales.

La evaluación se compone en general de una evaluación progresiva, que mide la adquisición de los resultados de aprendizaje a lo largo del curso y de la evaluación final.

Las actividades formativas serán las siguientes:

- Actividad presencial:
  - Clases teóricas en aula.
  - Clases teórico-prácticas en aula.
  - Trabajo cooperativo o Práctica tutelada en aula. Los alumnos realizarán la práctica individual o trabajo grupal en el aula, de forma tutelada por el profesor.
  - Clases teórico-prácticas en aula con soporte informático. Se realizarán prácticas con software, con licencia facilitada por la universidad, de forma tutelada por el profesor.

- Presentación pública y evaluación crítica de artículos, informes, o trabajos
- Prueba de evaluación.
- Trabajo autónomo:
  - Estudio, lectura de libros y artículos de referencia
  - Realización de ejercicios o prácticas individuales o en grupo. Para la realización de las prácticas en grupo, los estudiantes podrán usar las instalaciones de la Universidad y las plataformas virtuales que tienen disponibles.

#### **4.2. Modalidad virtual**

La modalidad virtual se dispone para facilitar el acceso al máster a aquellos alumnos que no pueden cursarlo de forma presencial, bien por incompatibilidad de horarios o de tiempo disponible para la asistencia a clase, o bien porque residan en una localidad diferente a Madrid e incluso en países diferentes (como países de habla hispana, por ejemplo).

El diseño del plan de estudios para estos casos tiene en cuenta los siguientes criterios para los estudiantes de enseñanza virtual:

- Dispondrán de actividades de aprendizaje predefinidas y modulares, con material específico de apoyo (videos, diapositivas, colecciones de problemas resueltos, tests con autocorrección en Moodle, etc.), tuteladas de forma asíncrona por el profesor mediante el uso de foros, correo electrónico y otros medios.
- Dispondrán de tutorías específicas síncronas con el profesor mediante una conexión telemática para resolver sus dudas. La asistencia a parte de estas tutorías síncronas es obligatoria, según se indique en cada caso.
- Los seminarios y conferencias serán puestos a disposición del estudiante virtual en dos formas: síncrona, mediante transmisión vía telemática, y asíncrona, mediante la grabación de las mismas para visualización posterior.

Para facilitar su integración en la metodología del curso y el máximo aprovechamiento de los recursos, es estudiante virtual dispondrá de:

- Acceso mediante Zoom a la sesión de bienvenida y conferencia inaugural del máster, celebrada presencialmente en el campus de la Universidad.
- Paquete de instrucciones de uso del campus virtual y de las herramientas de comunicación online, como Zoom o Teams.
- Sesión de bienvenida específica vía Zoom con el profesor de cada asignatura, con presentación de la misma, de sus actividades y del resto de estudiantes, con los que

podrá interaccionar posteriormente como parte de grupos de trabajo y colaborar en el estudio.

- Guía de aprendizaje de la asignatura, donde constan los objetivos formativos, temario, cronograma y procedimiento de evaluación.
- Materiales docentes, disponibles en el campus virtual de la asignatura: videos, diapositivas, textos, ejercicios resueltos, exámenes resueltos, etc.
- Tareas, pruebas tipo test, autoevaluaciones y entregas, disponibles como actividades en el campus virtual con una fecha marcada y las condiciones de su realización desde el inicio de la asignatura.
- Vías de comunicación con el tutor: correo electrónico, foros en el campus virtual, conexión Zoom para reuniones síncronas con el profesor o con compañeros de grupo.

**Los alumnos virtuales no compartirán docencia con los alumnos presenciales, ya que son dos modalidades de aprendizaje totalmente distintas.**

Las actividades formativas serán las siguientes:

- Actividad síncrona:
  - **Tutelas síncronas individuales o en grupo mediante zoom o plataforma alternativa, complementadas con otros medios no síncronos (correo electrónico, foros, etc.).** Se organizarán tutorías individuales o grupales síncronas vía plataforma virtual dentro del horario establecido, donde los estudiantes pueden interactuar personalmente con el profesor. Además, el estudiante podrá contactar y solicitar apoyo del profesor contactándolo mediante correo electrónico, foros en el campus virtual y otros medios disponibles cuando lo necesite. Parte de estas tutelas serán de asistencia obligatorias, para un adecuado seguimiento del trabajo del estudiante.
  - **Presentación pública y evaluación crítica de trabajos o proyectos por videoconferencia.** Los alumnos exponen ante el profesor y el resto de los compañeros los trabajos realizados vía plataforma virtual, con discusión por el profesor y por el grupo. Esta actividad será obligatoria para todos los estudiantes.
  - **Pruebas de evaluación.** Las pruebas de evaluación finales se realizarán obligatoriamente **de forma presencial** en el aula, en las fechas previstas en el calendario que se publicará a principios de curso.

- Trabajo autónomo:
  - **Actividades teórico-prácticas dirigidas mediante material didáctico específico (videos, presentaciones, problemas resueltos, textos).** Los alumnos virtuales dispondrán de un material preparado y pautado para facilitar el aprendizaje de los distintos temas de la asignatura. Incluye las lecciones magistrales, los ejemplos de problemas y casos, para el aprendizaje basados en actividad práctica y en estudio de casos, así como los de proyectos ejemplo para el aprendizaje basado en proyectos.
  - **Trabajo cooperativo o práctica tutelada mediante seguimiento asíncrono,** en que el alumno trabajará de manera autónoma, bien de modo individual o bien en grupo con otros compañeros de la versión virtual, empleando las herramientas habituales de comunicación, zoom, teams o similares.
  - **Estudio, lectura de libros y artículos de referencia.**

## 5. Evaluación

La evaluación del aprendizaje se realizará de forma paralela en las dos modalidades, presencial y virtual. La evaluación se compone en general de una evaluación progresiva, que mide la adquisición de los resultados de aprendizaje a lo largo del curso y de la evaluación final.

Las principales actividades de evaluación son:

- Evaluación progresiva:
  - Valoración del Tutor. En el grupo presencial cada profesor o tutor evaluará al estudiante en función de su nivel de actividad y participación en la asignatura. En el grupo que sigue el máster a distancia, el profesor valorará la realización de las actividades pautadas, las consultas realizadas, la participación en foros y la participación y presentaciones realizadas en las sesiones síncronas.
  - Participación en conferencias, en seminarios u otras actividades que se propongan (grupo presencial y virtual).
  - Tests, entrega y presentación de prácticas individuales (grupo presencial y virtual).
  - Entrega y presentación de prácticas y/o proyectos (grupo presencial y virtual).
- Evaluación final (grupo presencial y virtual):

- Examen, o prueba final. En esta prueba podrá realizarse un examen o evaluarse mediante presentación y defensa la realización de un trabajo o proyecto.
- Evaluación de trabajo o proyecto. Evaluación de documento entregado.
- Exposición y defensa de trabajo o proyecto. Evaluación de la defensa, adecuada presentación y capacidad de discusión y debate con el tribunal.

En la modalidad virtual, **la evaluación final será obligatoriamente presencial en la universidad y en las fechas oficialmente aprobadas por la Comisión Académica.** Se publicarán las fechas de dicha evaluación al principio de curso y tendrán lugar en la última semana de Enero, para el primer semestre, y la segunda de Junio para el segundo semestre. Se concentrarán todas las pruebas en el mínimo número de días posibles, para evitar estancias prolongadas de los estudiantes. En caso de imposibilidad justificada de asistir a dichas pruebas presenciales en los días fijados, el estudiante deberá contactar con el coordinador para disponer una fecha alternativa, que será en un día cercano a la fecha oficial.

Además de los exámenes ordinarios en Enero y Junio, durante el mes de Julio se realizarán los exámenes extraordinarios correspondientes a todas las asignaturas, simultáneamente para los dos grupos, presencial y a virtual.

## 6. Calendario docente

Se incluye a continuación el calendario previsto de la docencia presencial en el curso 24-25. En este mismo calendario se incluyen las fechas previstas para las evaluaciones finales de la modalidad virtual. **Estas fechas son provisionales. El calendario definitivo se publicará al inicio de curso.**

**Asimismo, al principio de curso se publicará un calendario detallado con las diferentes clases (para la modalidad presencial) y con todas las entregas y pruebas de evaluación a realizar en las distintas asignaturas (para ambas modalidades), que previamente habrán sido coordinadas por el equipo docente para evitar en lo posible la superposición de las mismas.**

# 2024-2025

## Máster Universitario en Estructuras de la Edificación

septiembre '24		octubre '24		noviembre '24		diciembre '24		15	creditos											
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	Fund y Tipos						
						1									7					
2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6								
9	10	11	12	13	14	15	4	5	6	7	8	9	10	Softw	4					
16	17	18	19	20	21	22	11	12	13	14	15	16	17	Sismo	4					
23	24	25	26	27	28	29	18	19	20	21	22	23	24	Bases	5					
30							25	26	27	28	29	30	Cimen	7						
							30	31						Fab	5					
															32					
enero '25		febrero '25		marzo '25		abril '25		25												
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	Horm						
						1								Mad	9					
6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	Acero	9						
13	14	15	16	17	18	19	3	4	5	6	7	8	9		27					
20	21	22	23	24	25	26	10	11	12	13	14	15	16							
27	28	29	30	31	17	18	19	20	21	22	23	7	8	9	10	11	12	13		
					24	25	26	27	28	14	15	16	17	18	19	20				
					31				21	22	23	24	25	26	27					
mayo '25		junio '25		julio '25		agosto '25														
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D							
						1														
5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6								
12	13	14	15	16	17	18	7	8	9	10	11	12	13							
19	20	21	22	23	24	25	14	15	16	17	18	19	20							
26	27	28	29	30	31	21	22	23	24	25	26	27								
					28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10					
					30				11	12	13	14	15	16	17					
									18	19	20	21	22	23	24					
									25	26	27	28	29	30	31					

22 Semanas de exámenes ordinarios

22 Semanas de exámenes extraordinarios

25 No lectivo

### Calendario provisional – Pendiente de aprobación definitiva

## 7. Trabajo fin de máster

En esencia, el TFM se basa en la realización de un proyecto con la supervisión de un tutor, y esa supervisión se realiza con tutelados presenciales o por vía telemática, con las particularidades de cada formato.

El tema del Trabajo Fin de Máster se propondrá individualmente por los alumnos y se aprobará por el Coordinador durante la primera mitad del primer semestre. Cada alumno estará dirigido por uno de los tutores. Se reunirán tutor y tutelado al menos una vez cada tres semanas, on-line o presencialmente en horario previamente fijado. La coordinación de los distintos tutores correrá a cargo del Coordinador del TFM. La matrícula para la defensa se realiza en el curso en el que esta se vaya a producir. Como los cursos académicos son de septiembre a julio, en general se debe realizar en septiembre del segundo año. Los alumnos que consideren posible defender en julio del primer año, harían la matrícula en febrero. Las matrículas en TFM en segundo y sucesivos años (en caso de haberse matriculado y no defendido en el anterior) solo exigen el pago del 25% del coste de la primera vez.

Independientemente de la forma y plazo de matrícula, es imprescindible el seguimiento por los tutores del proceso de avance en el Proyecto, lo que incluye la validación previa del concepto, la delimitación del nivel de detalle para cada apartado, y la validación del rigor de la documentación.

**El calendario de defensa de TFM se definirá al inicio del curso.** Como referencia, las convocatorias de años anteriores y previstas para lo que queda de año 2024, son las siguientes:

- Año 2023: 15 de febrero, 5 de julio (convocatorias ordinarias), 27 de septiembre (extraordinaria) y 13 de diciembre (adelantada, ordinaria febrero).
- Año 2024: 21 de febrero, 11 de julio (O), 26 de septiembre (E), 12 de diciembre (OA).

## 8. Prácticas académicas externas

Las prácticas externas, reguladas por el RD 592/2014 y el RD 1493/2011, están desarrolladas según la Normativa de Prácticas Académicas Externas de la Universidad Politécnica de Madrid, aprobada por el Consejo de Gobierno en su sesión de 28 de febrero de 2013.

La gestión se realiza a través del Portal de Gestión de Prácticas (<https://practicas-externas.upm.es/>) al que pueden acceder los alumnos para la correspondiente solicitud.

La Universidad Politécnica de Madrid dispone de convenios con numerosas empresas del sector de las estructuras de la edificación que se han comprometido a ofrecer prácticas a los estudiantes del máster. Un listado de las principales empresas colaboradoras se incluye en el Apto. 12. Las prácticas académicas externas se han organizado en dos asignaturas de prácticas de 6 créditos cada una, y podrán matricularse y solicitarse en el 3º semestre del máster, cuando el estudiante haya superado la parte teórica principal del mismo (al menos el 50% de los créditos de asignaturas).

Por otra parte, y sobre todo para los alumnos que realizan el máster en la versión a distancia, los propios alumnos pueden proponer empresas en las que realizar las Prácticas. En ese caso, la comisión académica que las supervisa se encargará de comprobar que se adaptan a los objetivos formativos del título y que las actividades que vayan a realizar los alumnos en ellas permitan alcanzar los objetivos formativos previstos.

Las prácticas académicas externas podrán ser convalidadas por actividad profesional del estudiante en el campo de las estructuras de la edificación, a razón de 1 año de experiencia profesional por cada 6 créditos de prácticas. El alumno podrá solicitar el reconocimiento de créditos por experiencia laboral y profesional una vez abonadas las tasas correspondientes a la asignatura. Esta solicitud será valorada por la Comisión de Reconocimiento y Transferencia de la Universidad Politécnica de Madrid, previo informe de la Comisión Académica del Máster.

## 9. Realización del máster con dedicación completa o dedicación parcial

El estudiante debe ser consciente de que el máster exige una gran dedicación y esfuerzo personal, por lo que debe matricularse de forma responsable en un número de créditos compatible con su disponibilidad horaria.

La matrícula con dedicación completa está pensada para estudiantes que puedan dedicar 40 horas semanales a las clases y al estudio (o al estudio en la versión virtual).

Como se ha indicado antes, un crédito implica 27 horas de trabajo del alumno. Así, 30 créditos por semestre conllevan 40 horas semanales de dedicación (tiempo completo) y 15 créditos corresponderían a 20 horas de trabajo semanal (dedicación parcial).

Se indican en la tabla siguiente las asignaturas **recomendadas** para aquellos estudiantes que elijan cursar el máster a tiempo parcial, respetando en lo posible la precedencia del módulo

básico respecto a los otros módulos (cabén otras opciones posibles, aunque se recomienda consultarlas con el coordinador).

RECOMENDACIONES DE MATRICULACIÓN A MEDIA JORNADA

	Créditos totales	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4	Semestre 5	Semestre 6
<b>M1. Teoría básica y Proyecto de Estructuras</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1_1 Fundamentos de las teorías de estructuras y del análisis numérico	7	7					
1.2 Estructuras sismorresistentes	4			4			
1.3-Software aplicado al análisis de estructuras	4	4					
1.4 Bases de proyectos de estructuras y Resistencia al fuego	5	5					
<b>M2 Estructuras de hormigón, acero, madera, fábrica y cimientos</b>	<b>39</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2_1 Proyecto y rehabilitación de estructuras de hormigón	9		9				
2_2 Proyecto y rehabilitación de estructuras de acero	9		9		9		
2_3 Proyecto y rehabilitación de estructuras de madera	9						
2_4 Proyecto y rehabilitación de cimientos	7			7			
2_5 Proyecto y rehabilitación de estructuras de fábrica	5			5			
<b>M3 Optatividad</b>	<b>4</b>					<b>4</b>	
<b>M4 Proyecto Fin de Máster y Prácticas</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>21</b>	<b>0</b>
Proyecto Fin de Máster	15					15	
Prácticas Académicas Externas I	6				6	6	
Prácticas Académicas Externas II	6						
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>0</b>

Créditos anuales

34	31	25
----	----	----

Créditos totales

90
----

Horas dedicación por semana aprox (40 h=30 créd/sem)

21.3	24.0	21.3	20.0	33.3	0.0
------	------	------	------	------	-----

En las recomendaciones anteriores se intenta que el número de créditos por semestre sea de 15 aproximadamente, salvo el último semestre, dado que el TFM habrá podido empezar a desarrollarse con anterioridad.

## 10. Profesorado

### Coordinación:

Millán Muñoz, Miguel Angel

Bernabeu Larena, Alejandro

### Secretario:

Antuña Bernardo, Joaquín

### Profesores:

Antuña Bernardo, Joaquín

Bernabeu Larena, Alejandro

Calle García, Alejandro

Cervera Bravo, Jaime

Conde Conde, Jorge

García Mezquita, José María

Gómez Mateo, Javier

Hierro Sureda, Jesús  
Lara Bocanegra, Antonio  
Majano Majano, Almudena  
Martínez Sierra, Enrique  
Mencías Carrizosa, David  
Millán Muñoz, Miguel Angel  
Navas Sánchez, Laura  
Orta Rial, Belén  
Pascual Gallego, Valero  
Rodríguez de Rivas, Juan  
Rodríguez Santiago, Jesús  
Ruiz Carmona, Jacinto  
Rodríguez-Monteverde Cantarell, Pilar  
Torre Calvo, Juan Francisco de la  
Vega Catalán, Luis  
Villanueva Llauredo, Paula

## 11. Resumen de contenido de las asignaturas

Asignatura	Contenido
<b>Fundamentos de las teorías de estructuras y del análisis numérico</b>	<p><b>Análisis lineal.</b> El análisis elástico: Formulación de las Ecuaciones de Equilibrio, Compatibilidad y de relaciones de constitución de los Materiales y técnicas de solución para tipos lineales, planos y tridimensionales. Elasticidad. Teoremas del Trabajo. Criterios de resistencia. Formulación y aplicación del Cálculo matricial de estructuras de barras.</p> <p><b>Análisis no linealidad material y geométrico.</b> El análisis límite: Formulación de las Ecuaciones de Equilibrio, Compatibilidad y de relaciones de constitución de los Materiales (superficies límite o de plastificación) y técnicas de solución para tipos lineales, y plano. Plasticidad asociada y no asociada, Teoremas del análisis límite en plasticidad asociada. Formulación y aplicación a estructuras de barras y losas con materiales dúctiles y frágiles: Pórticos rígidos dúctiles, estructuras de bloques rígidos, líneas de rotura en placas. Análisis de la estabilidad de pórticos, pandeo, carga crítica de elementos y estructuras.</p> <p><b>Bases de la Fiabilidad.</b> La incertidumbre en las variables y sus relaciones, y su tratamiento probabilístico explícito e implícito. Distribuciones para resistencias, y acciones. Métodos explícitos en primer orden (FORM) y métodos implícitos (coeficientes parciales y su calibración).</p> <p><b>Métodos gráficos.</b> Cálculo gráfico de estructuras mediante funiculares para arcos, mediante el método de Cremona-Maxwell para estructuras isostáticas de celosías.</p> <p><b>Las imperfecciones, del estado inicial y al estado límite último.</b> Fuerza. Tracción y compresión. Flexión. Vigas. Redundancia. Equívoco y la trampa del análisis. Estados límite. Modelos.</p> <p><b>Estrategias de proyecto en edificios convencionales ante acciones verticales</b> Elementos de modelo coma y luces, nudos, directrices y secciones. Condiciones de sustentación. Casos particulares en estructuras de barras. Modelos de análisis. Modelos locales. Edificio atracción gravitatoria. Organización de la planta (forjado). Soportes, muros, planta baja, sótanos, viga de desvío, ático y tejados.</p> <p><b>Estrategias ante acciones horizontales en edificios convencionales Y traslado de cargas al terreno.</b> Edificio en de acción horizontal: viento y breve reseña de sismo. Soportes, vigas y viguetas, desplome, cruces, pantallas, segundo orden coma cimientos, sótanos, edificios en desnivel. Tipos de cuerpos, rozamiento. Empuje y contra reacción. Influencia del edificio en la resistencia hundimiento. El edificio y su cimentación: interacción entre los diferentes elementos.</p> <p><b>Teoría de Losas, análisis por líneas de rotura</b> Equilibrio de trabajo: viga y emparrillado de vigas. Paño de losa o emparrillados o forjados. Losa sustentada en los extremos. Yo se ha sustentado en el contorno con carga superficial y cargas concentradas. Losa sobre apoyos puntuales.</p> <p><b>La estructura en el proyecto arquitectónico: reglas de proporción en estructuras adinteladas</b> Caso general: comprobaciones originales. Transformaciones. Parámetros punto en relación con el coste. Rangos de las soluciones. Soluciones en madera: parámetros obtenidos para maderas de alta y baja resistencia. Soluciones para perfiles de acero laminado: Características de los perfiles, Comprobaciones toma parámetros, rangos de soluciones. Soluciones en hormigón armado: características, o comprobaciones, parámetros. Influencia del peso propio.</p> <p><b>Cantidad de estructura, costes comparados en soluciones en flexión (arcos, cerchas, etc.)</b> Medidas del coste estructural. Maxwell: número, problema, teorema, corolarios y aplicación. Teorema de Michell Teorema de máxima rigidez</p>

	<p>Teorema de Aroca o de canto óptimo Aplicaciones</p> <p>Problemas de flexión, Funciones representativas. Vigas de canto constante: el consumo a flexión a cortante y total. Estudio de casos. Arcos : consumo a tracción, compresión y total. Estudio de casos. Cerchas de canto variable y: cercha a dos aguas coma en diente de Sierra, etc. Estudio de casos Parámetros generales.</p>
<p><b>Estructuras sismorresistentes</b></p>	<p>Objetivos</p> <p>Reconocer los problemas del análisis dinámico y las diferencias y similitudes con el análisis estático. Entender el carácter de la acción sísmica y la representación habitual de la misma, incluyendo los conceptos de amenaza y riesgo sísmico. Comprender el comportamiento de los edificios ante los distintos tipos de excitación dinámica, y la influencia de las variables relevantes en la respuesta. Conocer la normativa vigente, particularmente en Europa, y aplicar los conceptos de diseño contenidos en la misma, incluyendo estrategias que empleen elementos pasivos.</p> <p>1. Acción sísmica y respuesta de los edificios. Introducción a la sismología. Qué es un sismo, cómo se transmite y cómo se mide. Modelización de la acción sísmica e introducción al diseño sismorresistente de estructuras. Sismicidad y peligrosidad sísmica. Factores que determinan la acción sísmica. Modelización de la acción sísmica y métodos de análisis. Introducción a la acción sísmica en edificios. Experimentos con mesa dinámica. Se introduce la dinámica y su utilidad, enfocada al campo de las vibraciones y la seguridad sísmica. Se introducen los principios básicos de la dinámica mediante experimentos sencillos. Se realizan mediciones básicas. Se introduce la ecuación fundamental del movimiento. Se discuten tres tipos de movimiento: Vibración libre, concepto de periodo, frecuencia, frecuencia angular, masa vibrante, amplitud, rigidez, amortiguamiento, amortiguamiento crítico y sus relaciones. Vibración armónica forzada: estimación de la respuesta. Concepto de resonancia. Excitación sísmica: estimación de la respuesta mediante espectros.</p> <p>2. Dinámica y respuesta SDOF. Características del sistema de un grado de libertad (masa, rigidez, periodo, amortiguamiento crítico, amortiguamiento). Definición de masa involucrada en sismo. Estimación de la respuesta a vibración forzada, influencia del amortiguamiento. Caracterización de la ductilidad y factor de comportamiento del sistema según NCSE y EC8. Construcción manual del espectro elástico y de respuesta según NCSE y EC8. Evaluación de la respuesta espectral con y sin ductilidad. Aceleraciones y desplazamientos. Cortante basal. Coeficiente de cortante. Desplome relativo. Obtención de esfuerzos y verificación de secciones para el caso elástico y dúctil. Aplicación del método de capacidad. Curva pushover para un grado de libertad. Estimación manual. Análisis dinámico directo con SAP. Comparación con resultados espectrales.</p> <p>3. Dinámica y respuesta MDOF. Ejemplo de aplicación: pórtico de acero, pórtico de hormigón con/sin arriostramiento. Presentación de las ecuaciones del movimiento para sistemas MDOF. Propiedades de rigidez, masa, amortiguamiento. Vibraciones libres pórtico plano. Modos de vibración, periodos.. Breve teoría del análisis modal. Resumen de conceptos y ecuaciones fundamentales. Tratamiento del amortiguamiento. Análisis modal espectral. Resumen. Modos participantes. Implementación del análisis modal en SAP. Evaluación de la respuesta espectral con y sin ductilidad. Aceleraciones y desplazamientos. Cortante basal. Coeficiente de cortante. Desplome relativo. Obtención de esfuerzos y verificación de secciones para el caso elástico y dúctil. Aplicación del método de capacidad. Análisis pushover. Estimación manual. Obtención con SAP. Análisis dinámico directo con SAP. Comparación con resultados espectrales.</p> <p>4. Respuesta sísmica de edificios. Configuración estructural Ejemplo de aplicación: edificio de hormigón con pórticos en dos direcciones o losas. Análisis de vibración 3D. Excentricidades mínimas. Implementación práctica en SAP. Efectos tridimensionales en sismo. Combinaciones. Regla 30%. Ejemplo en SAP. Combinaciones de sismo con efectos de otras acciones. Envoltentes. Análisis de esfuerzos en elementos. Vigas. Pilares. Criterios de regularidad en planta y alzado Combinaciones de sismo y otras acciones. Componentes verticales Efectos de segundo orden Ductilidad global y local. Diseño por capacidad.</p>

	<p>Diafragmas. Juntas. Limitación del daño. 5. Configuración estructural. Criterios fundamentales de proyecto y configuración estructural en zonas sísmicas. Estrategias avanzadas frente a la acción sísmica (aisladores y disipadores sísmicos). Configuración estructural. Elementos horizontales. Configuración estructural. Elementos verticales. Desempeño sísmico y criterios de aceptación. Aislamientos sísmicos de base. Disipadores sísmicos. Elementos no estructurales. Criterios específicos para evaluación e intervención en estructuras existentes. Criterios fundamentales de proyecto y configuración estructural en zonas sísmicas. Influencia de la configuración estructural en la respuesta sísmica del edificio. Aplicación a proyectos recientes en zonas sísmicas</p>
<p><b>Software aplicado al análisis de estructuras</b></p>	<p><b>Concepto del programa. Introducción al MEF. Posibilidades y limitaciones.</b> Relación con el análisis matricial. Técnicas de discretización de las ecuaciones de campo y métodos numéricos aplicables Bases de los métodos de Diferencias Finitas, Elementos Finitos, y de los Métodos sin malla.</p> <p><b>Controles del programa</b> General: abrir y salvar modelos, copiar, reubicar, exportar e importar. Mallas: crear, editar, mostrar. Materiales, propiedades y secciones: definir, importar. Propiedades avanzadas. Visualizaciones y conjuntos. Creación de elementos lineales y superficiales. Modificación de propiedades de elementos. Patrones de carga, casos de carga y combinaciones. Generación semiautomática. Aplicación de carga en elementos. Aplicación de coacciones y restricciones. Mallado de elementos. Elementos avanzados: rótulas y elementos no lineales. Análisis: Lineal, no lineal, modal. Modelos espaciales o superficiales. Resultados del análisis. Exportación. Capacidades de dimensionado automático. Aplicación del MEF para el análisis de estructuras de elementos lineales y superficiales (barras, membranas, placas, cáscaras...). Definición de parámetros relevantes de la sección. Selección y definición de condiciones de unión entre piezas y condiciones de contorno. Grados de libertad y su condicionamiento. Definición del comportamiento no lineal de materiales y piezas. Importación exportación de datos entre distintos software de cálculo, dibujo y tratamiento de datos. Evaluación de los resultados obtenidos y comparación con métodos alternativos.</p>
<p><b>Bases de proyectos de estructuras y Resistencia al fuego</b></p>	<p>El objetivo de la asignatura es profundizar en las bases de diseño y cálculo de estructuras. Así, se analizará la normativa vigente en la materia en España en el ámbito del diseño estructural, haciendo especial hincapié en las estrategias de protección de las estructuras frente a incendio. Por otra parte, se estudiarán los distintos documentos que conforman un Proyecto Constructivo, así que como reglas de buena práctica para el correcto desarrollo de dicha documentación. También se analizarán y pondrán en práctica criterios generales para el encaje y predimensionado de estructuras de hormigón, acero y madera. Por último, se proponen criterios para la fase de toma de decisiones en el proyecto de estructuras, con especial énfasis en la comparativa de costes entre opciones, así como considerando los aspectos constructivos (seguridad y salud), medioambientales y sociales. La asignatura considera las implicaciones de seguridad y salud, así como las correspondientes a aspectos sociales y medioambientales, y consideraciones económicas. Estas implicaciones se abordan en el contenido de la asignatura, y evaluadas en la práctica de curso. La práctica de curso hace así mismo hincapié en la definición abierta de un proyecto de estructuras, que permite múltiples soluciones posibles, que se deben considerar teniendo en cuenta aspectos técnicos, pero también económicos, constructivos (seguridad y salud), sociales y medioambientales. Se hace así mismo hincapié en el desarrollo de la práctica en el carácter multidisciplinar de la arquitectura y la ingeniería, debiendo considerarse la configuración de la estructura en relación con otros condicionantes y requerimientos del proyecto, en particular arquitectónicos y de instalaciones. En la asignatura se combinará la exposición teórica o crítica por el profesorado con la actividad práctica del alumno. Parte 1. Bases de diseño 1. Bases de la normativa. 1.1. Condiciones que ha de cumplir una estructura 1.2. El papel de las normativas 1.3. Normas vigentes</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.4. Normas antiguas</li> <li>1.5. Concepto de seguridad</li> <li>1.6. Estados Límite.</li> <li>1.7. Acciones.</li> <li>1.8. Combinación de acciones.</li> <li>2. Documentos de proyecto.</li> <li>2.1. Memoria y anejo de cálculo.</li> <li>2.2. Planos.</li> <li>2.3. Pliego de condiciones.</li> <li>2.4. Presupuesto.</li> <li>3. Criterios generales y predimensionado.</li> <li>3.1. Reglas generales de proyecto.</li> <li>3.2. Predimensionado de forjados.</li> <li>3.3. Predimensionado de vigas.</li> <li>3.4. Predimensionado de pilares.</li> <li>4. Toma de decisiones y coste.</li> <li>4.1. Estudio de alternativas.</li> <li>4.2. Evaluación de costes.</li> </ul> <p>Parte 2. Control de estructuras: Incendio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Los edificios y el fuego</li> <li>1.1. Exigencias de seguridad. Estrategias.</li> <li>1.2. Análisis estructural frente a incendio.</li> <li>1.3. Modelos de fuegos. Fuegos de cálculo.</li> <li>1.4. Evolución de la temperatura en el interior de los elementos.</li> <li>1.5. Cálculo de comportamiento mecánico de la estructura.</li> <li>1.6. Tiempo equivalente de exposición a fuego normalizado.</li> <li>2. Resistencia al fuego de las estructuras de acero</li> <li>2.1. Exigencia normativa. Estrategias.</li> <li>2.2. Determinación de la resistencia al fuego. Procedimientos.</li> <li>2.3. Comprobación de la resistencia al fuego de la estructura.</li> <li>2.4. Temperatura crítica y tiempo de resistencia.</li> <li>2.5. Nomogramas.</li> <li>3. Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado.</li> <li>3.1. Efecto de la temperatura en los elementos de hormigón armado.</li> <li>3.2. Tablas de especificaciones. Parámetros y criterios de utilización</li> <li>3.3. Método simplificado de la isoterma 500.</li> <li>4. Resistencia al fuego de las estructuras mixtas.</li> <li>4.1. Pilares formados por perfiles metálicos embebidos en hormigón.</li> <li>4.2. Pilares formados por tubos metálicos huecos rellenos de hormigón.</li> <li>4.3. Forjados formados por losa de hormigón sobre chapa plegada.</li> <li>4.4. Vigas mixtas.</li> <li>4.5. Detalles constructivos.</li> </ul> <p>Práctica. Diseño, configuración y predimensionado de una estructura</p>
<p><b>Proyecto y Rehabilitación de Estructuras de Hormigón</b></p>	<p>La asignatura tiene por objetivo principal que el alumno adquiera los conocimientos necesarios para el diseño, análisis y dimensionado de estructuras de edificación de hormigón armado y pretensado, incluyendo el diagnóstico, reparación y refuerzo de este tipo de estructuras.</p> <p>Se profundizará en el conocimiento de la normativa española para las estructuras de hormigón con referencia a la normativa europea (Eurocódigos)</p> <p><b>Contenidos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. El hormigón en la construcción: bases de cálculo. Tecnología, sostenibilidad, hormigones especiales, y puesta en obra</li> <li>2. Estados Límite Último de tensiones normales</li> <li>3. Estados Límite Último de tensiones tangenciales</li> <li>4. Estados Límite de Servicio</li> <li>5. El método de las bielas y tirantes. Cimentaciones</li> <li>6. Soportes y vigas</li> <li>7. Forjados unidireccionales. Criterios de cálculo y ejecución. Soluciones tecnológicas</li> <li>8. Forjados bidireccionales. Criterios de cálculo y ejecución. Soluciones tecnológicas</li> <li>9. Criterios sismorresistentes para estructuras de hormigón armado</li> <li>10. Introducción al hormigón pretensado. Análisis Estado Límite de Servicio</li> <li>11. Vigas y forjados postesados. Análisis ELU. Pérdidas de pretensado</li> <li>12. Definición de proyecto en hormigón pretensado. Planteamiento constructivo</li> <li>13. Estructuras prefabricadas pretensadas</li> <li>14. Diagnóstico y reparación de estructuras de hormigón armado</li> <li>15. Criterios generales para el refuerzo de estructuras de hormigón</li> <li>16. Refuerzo de pilares. Cálculo de estructuras por el método de los elementos finitos. Análisis estático lineal</li> <li>17. Refuerzo de vigas y forjados. Refuerzo activo y pasivo. Recrecidos, refuerzos metálicos, refuerzo con FRP</li> </ul>

<p><b>Proyecto y Rehabilitación de Estructuras de acero</b></p>	<p>Esta asignatura comprende el análisis y dimensionado de las estructuras de acero y las estructuras mixtas de acero-hormigón para los tipos constructivos más habituales en estos materiales. Se realiza un énfasis especial en las uniones, que en estructuras de acero suelen ser elementos críticos. Se trata también el comportamiento de las estructuras de acero en zonas sísmicas. La última parte del curso está dedicada a la tecnología denominada 'steel frame', que por su facilidad constructiva y economía de medios ha cobrado gran importancia en los últimos años.</p> <p>La asignatura considera las implicaciones de seguridad y salud, así como las correspondientes a aspectos sociales y medioambientales, y consideraciones económicas. Estas implicaciones se abordan en el contenido de la asignatura, y evaluadas en los test teóricas y en la práctica de curso.</p> <p>La práctica de curso hace así mismo hincapié en la definición abierta de un proyecto de estructuras, que permite múltiples soluciones posibles, que se deben considerar teniendo en cuenta aspectos técnicos, pero también económicos, constructivos (seguridad y salud), sociales y medioambientales. Se hace así mismo hincapié en el desarrollo de la práctica en el carácter multidisciplinar de la arquitectura y la ingeniería, debiendo considerarse la configuración de la estructura (en este caso estructura de acero) en relación con otros condicionantes y requerimientos del proyecto, en particular arquitectónicos y de instalaciones.</p> <p>El curso combina aprendizaje tradicional con la metodología de aprendizaje basado en proyectos. La actividad medular del curso es el diseño de una estructura real en acero, trabajo que se acomete en grupo con un seguimiento intenso de los tutores. Las lecciones teóricas y prácticas se estructuran de acuerdo a las necesidades de avance del diseño. Se emplea asimismo abundante material audiovisual</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El acero en la construcción. Bases de cálculo. <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Introducción</li> <li>1.2. Conceptos generales. <ol style="list-style-type: none"> <li>1.2.1. Empleo del acero en la construcción.</li> <li>1.2.2. Metalurgia básica</li> <li>1.2.3. Propiedades estructurales</li> <li>1.2.4. Productos comerciales</li> </ol> </li> <li>1.3. Criterios de rotura. <ol style="list-style-type: none"> <li>1.3.1. Tensión plana.</li> <li>1.3.2. Rotura dúctil y frágil.</li> <li>1.3.3. Factores de rotura frágil.</li> <li>1.3.4. Resiliencia y desgarro laminar</li> <li>1.3.5. Criterios de plastificación.</li> </ol> </li> <li>1.4. Rotura bajo carga cíclica.</li> <li>1.5. Bases de cálculo y normativa vigente.</li> <li>1.6. Historia de la construcción en acero.</li> <li>1.7. Protección ante la corrosión.</li> <li>1.8. Protección ante incendios.</li> </ol> </li> <li>2. Resistencia seccional. <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Introducción.</li> <li>2.2. Resistencia a flexión.</li> <li>2.3. Resistencia a corte.</li> <li>2.4. Resistencia a axil.</li> <li>2.5. Resistencia a torsión.</li> <li>2.6. Combinaciones e interacción de esfuerzos.</li> </ol> </li> <li>3. Piezas a flexión. <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Introducción.</li> <li>3.2. Piezas metálicas. <ol style="list-style-type: none"> <li>3.2.1. Perfiles laminados</li> <li>3.2.2. Perfiles armados</li> <li>3.2.3. Canto variable</li> <li>3.2.4. Perforaciones en piezas de alma llena.</li> <li>3.2.5. Celosías trianguladas</li> <li>3.2.6. Celosías vierendeel</li> </ol> </li> <li>3.3. Piezas mixtas</li> <li>3.4. Forjados mixtos de chapa colaborante</li> <li>3.5. Vibraciones.</li> </ol> </li> <li>4. Estabilidad <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1. Introducción</li> <li>4.2. Estabilidad de edificios <ol style="list-style-type: none"> <li>4.2.1. Imperfecciones</li> <li>4.2.2. Análisis lineal y no lineal, primer y segundo orden</li> <li>4.2.3. Arriostamiento de edificios</li> <li>4.2.4. Método general del Eurocódigo 3.</li> </ol> </li> <li>4.3. Estabilidad de piezas <ol style="list-style-type: none"> <li>4.3.1. Pandeo de Euler.</li> <li>4.3.2. Pandeo de piezas imperfectas.</li> <li>4.3.3. Pandeo según Eurocódigo 3.</li> <li>4.3.4. Estabilidad lateral de piezas a flexión</li> </ol> </li> <li>4.4. Estabilidad de componentes</li> </ol> </li> </ol>
---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>4.4.1. Abolladura de chapas.</li> <li>4.4.2. Cálculo con MEF de la abolladura.</li> <li>4.4.3. Esbeltez de Euler.</li> <li>4.4.4. Abolladura a cortante.</li> <li>4.4.5. Abolladura según Eurocódigo 3.</li> <li>5. Piezas a compresión.</li> <li>5.1. Introducción.</li> <li>5.2. Verificación de soportes según Eurocódigo 3.</li> <li>5.2.1. Traslacionalidad</li> <li>5.2.2. Longitud de pandeo.</li> <li>5.2.3. Verificación de pandeo con flexión simple.</li> <li>5.2.4. Verificación de pandeo con flexión esviada.</li> <li>5.2.5. Verificación general.</li> <li>5.3. Soportes metálicos.</li> <li>5.3.1. Pilares laminados.</li> <li>5.3.2. Combinaciones de piezas simples.</li> <li>5.3.3. Pilares en celosía.</li> <li>5.3.4. Perfiles empresillados.</li> <li>5.4. Soportes mixtos.</li> <li>5.4.1. Tipologías y condiciones constructivas.</li> <li>5.4.2. Perfiles laminados embebidos.</li> <li>5.4.3. Perfiles tubo rellenos.</li> <li>5.4.4. Conexión en soportes mixtos.</li> <li>6. Resistencia al sismo.</li> <li>6.1. Introducción.</li> <li>6.2. Comportamiento sísmico del acero.</li> <li>6.3. Pórticos de nudos rígidos (pórticos resistentes a momento).</li> <li>6.4. Pórticos con diagonales centradas.</li> <li>6.5. Pórticos con diagonales excéntricas.</li> <li>6.6. Sistemas de protección pasiva.</li> <li>7. Medios de unión</li> <li>7.1. Introducción.</li> <li>7.2. Soldadura</li> <li>7.2.1. Soldeo del acero.</li> <li>7.2.2. Disposiciones constructivas</li> <li>7.2.3. Resistencia</li> <li>7.2.4. Representación gráfica</li> <li>7.3. Tornillería</li> <li>7.3.1. Generalidades sobre tornillería.</li> <li>7.3.2. Tipos de tornillos y su comportamiento</li> <li>7.3.3. Disposiciones constructivas</li> <li>7.3.4. Resistencia</li> <li>7.3.5. Representación gráfica</li> <li>8. Conceptos generales sobre uniones</li> <li>8.1. Introducción.</li> <li>8.2. Generalidades sobre uniones.</li> <li>8.2.1. Nudos simples, continuos y semicontinuos.</li> <li>8.2.2. Resistencia, rigidez, capacidad de rotación.</li> <li>8.2.3. Método de componentes.</li> <li>8.2.4. Resistencia y rigidez de los casquillos (T-Stub).</li> <li>8.2.5. Otras componentes.</li> <li>8.3. Reparto de esfuerzos sobre las uniones</li> <li>8.4. Tipología y mapa conceptual de las uniones en edificación.</li> <li>9. Uniones simples</li> <li>9.1. Introducción.</li> <li>9.2. Uniones soldadas nominalmente articuladas</li> <li>9.3. Uniones atornilladas con chapa lateral</li> <li>9.4. Uniones atornilladas con angulares</li> <li>9.5. Uniones atornilladas con chapa frontal flexible.</li> <li>9.6. Uniones en arriostramientos</li> <li>9.7. Uniones articuladas con pasadores.</li> <li>9.8. Empalme de soportes sin flexión.</li> <li>10. Uniones continuas</li> <li>10.1. Introducción.</li> <li>10.2. Conceptos.</li> <li>10.3. Empalme frontal atornillado.</li> <li>10.4. Empalme frontal atornillado mixto.</li> <li>10.5. Unión frontal viga-pilar.</li> <li>10.6. Uniones continuas con cubrejuntas.</li> <li>11. Basas de soporte y otras uniones acero-hormigón.</li> <li>11.1. Introducción.</li> </ul>
---

	<p>11.2. Basas de pilares. Conceptos.  11.3. Cálculo de basas.  11.4. Capiteles para unión de losas a pilares metálicos.  11.5. Conexiones de vigas a piezas de hormigón.  11.6. Neoprenos y apoyos especiales.  12. Uniones de celosías  12.1. Introducción.  12.2. Uniones de celosías tubulares. Criterios prácticos.  12.3. Uniones de celosías con perfiles abiertos.  12.4. Uniones en celosías vierendeel.  13. Perfiles conformados en frío 1.  13.1. Concepto de entramado ligero. Bases de cálculo y normativa aplicable.  13.2. Aspectos constructivos. Detalles.  13.3. Cálculo de las uniones atornilladas.  13.4. Interacción con otros elementos constructivos.  13.5. Ejemplos de aplicación.  14. Perfiles conformados en frío 2  14.1. Secciones clase 4  14.2. Cálculo iterativo. Métodos avanzados.  14.3. Análisis mediante software.  14.4. Ejemplo de aplicación.  15. Perfiles conformados en frío 3.  15.1. Soluciones de forjado con perfiles conformados.  15.2. Estructura vertical y estabilidad.  15.3. Ejemplos de aplicación.</p>
<p><b>Proyecto y Rehabilitación de Estructuras de Madera</b></p>	<p>Sistemas estructurales en madera.  El material.  La madera como material estructural. Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas. Clasificación estructural.  Productos.  Durabilidad.  Análisis y dimensionado de elementos lineales.  Verificación de secciones y apoyos.  Inestabilidad.  Celosías.  Arriostrado.  Comprobaciones singulares.  Verificación en situación de incendio.  Aptitud al servicio.  Uniones.  Clasificación general y criterios de diseño.  Clavijas I: Tipos. Dimensiones y calidades.  Clavijas II: Capacidad de carga axial. Modos de fallo.  Clavijas III: Capacidad de carga axial. Aplicaciones.  Clavijas IV: Capacidad de carga lateral. Modelo de plastificación de Johansen.  Clavijas V: Capacidad de carga lateral. Uniones con múltiples chapas en alma.  Clavijas VI: Capacidad de carga lateral. Modos de fallo frágiles.  Clavijas VII: Capacidad de carga combinada. Herrajes ocultos.  Uniones carpinteras.  Elementos compuestos.  Vigas compuestas madera-madera con conexión semirrígida.  Elementos superficiales.  Madera contralaminada.  Tableros estructurales.  Rehabilitación.  Patologías, diagnóstico e intervención.</p>
<p><b>Proyecto y rehabilitación de cimientos</b></p>	<p>Reconocimiento del terreno y estudios geotécnicos  Aplicación a diferentes terrenos. Toma de muestras y ensayos in situ para cada una de las técnicas de reconocimiento y terrenos. Ensayos a realizar y parámetros que se obtienen. Correlación entre diferentes técnicas y parámetros. Parámetros necesarios para definir las unidades geotécnicas, datos obtenidos de ensayos y correlaciones de valores. Aplicación de la Normativa sísmica. Redacción de un estudio geotécnico y su ajuste a la normativa de aplicación, CTE. Evaluación económica de un reconocimiento y estudio geotécnico.  Proyecto de excavaciones urbanas y efectos inducidos  Factores de influencia. Técnicas habituales de excavación. Parámetros del terreno y ensayos específicos.  Teoría de empujes e influencia del agua.</p>

	<p>Modelos de aplicación. Excavaciones y sus movimientos inducidos. Efectos en el entorno de la excavación. Métodos de cálculo. Acodalamientos. Aplicación de software específico.</p> <p>Métodos especiales. Tratamientos del terreno. Patología y problemas legales. Aplicación de la normativa: CTE.</p> <p>Seguridad y salud en la construcción de excavaciones.</p> <p>Proyecto de estructuras de contención</p> <p>Conocimiento de las diferentes técnicas de contención. Selección de la más adecuada. Movimientos de las mismas. Proyecto, dimensionado, comprobación y ejecución de contenciones. Interacción. Aplicación de la normativa: CTE. Aplicación de software específico.</p> <p>Seguridad y salud en la construcción de contenciones. Evaluación económica y planificación.</p> <p>Proyecto de estructuras de cimentación.</p> <p>Conocimiento de las diferentes técnicas de cimentación. Selección de la más adecuada. Movimientos de las mismas. Proyecto, dimensionado, comprobación y ejecución de cimentaciones. Interacción suelo estructura. Aplicación de la normativa: CTE. Aplicación de software específico.</p> <p>Seguridad y salud en la construcción de cimentaciones. Evaluación económica y planificación.</p> <p>Proyecto de Intervención en cimentaciones construidas.</p> <p>Movimiento de las cimentaciones y su patología. Técnicas específicas de reconocimiento del terreno y de seguimiento de los movimientos de la cimentación.</p> <p>Levantamiento de daños y análisis de los movimientos. Métodos de cálculo y comprobación de las causas.</p> <p>Método de apeo. Aplicación de las diferentes técnicas de intervención, sobre la estructura, la cimentación o el terreno. Movimientos en la puesta en carga. Elaboración de un informe de patología de cimentaciones. Normas de aplicación. Seguridad y salud en los proyectos de intervención. Evaluación económica y planificación.</p> <p>Introducción a la aplicación de la norma sísmica al proyecto de cimentación y contención. Aspectos especiales de la acción sísmica en el terreno.</p>
<b>Proyecto y Rehabilitación de Estructuras de Fábrica</b>	<p>1: Construcción, fundamentos y modelización</p> <p>1.1. Aspectos constructivos</p> <p>1.2. Muros de carga</p> <p>1.3. Fundamentos y bases de cálculo</p> <p>1.4. Modelización de estructuras de fábrica</p> <p>2: Muros convencionales de fábrica sin armar</p> <p>2.1. Diseño de muros</p> <p>2.2. Muros a compresión</p> <p>2.3. Muros a cortante</p> <p>2.4. Muros a flexión</p> <p>3: Muros de fábrica armada, arcos y bóvedas</p> <p>3.1. Fábrica armada y confinada</p> <p>3.2. Fábrica pretensada</p> <p>3.3. Huecos en muros</p> <p>3.4. Diseño de estructuras de arcos y bóvedas</p> <p>4: Diagnóstico e intervención</p> <p>4.1. Patología y diagnóstico</p> <p>4.2. Reparación y refuerzo</p>
<b>Diagnóstico y Consolidación de Estructuras Históricas</b>	<p><b>1. ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS HISTÓRICAS</b></p> <p>1.1. Fundamentos del análisis y la evaluación</p> <p>1.2. Toma de datos y diagnóstico</p> <p>1.3. Modelización y análisis de Estructuras Históricas</p> <p>1.4. Patología de Estructuras de Fábrica Histórica</p> <p><b>2. CONSOLIDACIÓN DE ESTRUCTURAS HISTÓRICAS</b></p> <p>2.1. Fundamentos de la intervención y la rehabilitación</p> <p>2.2. Recalces e intervención en cimentaciones</p> <p>2.3. Intervención en Estructuras de fábrica</p> <p>2.4. Intervención en otros tipos de estructuras</p>
<b>Estructuras espaciales</b>	<p>1. Diseños estructurales de desarrollo lineal. Estabilidad geométrica. Tipos</p> <p>1.1. Vigas de celosía espaciales. Directriz recta. Canto constante.</p> <p>1.2. Vigas de celosía espaciales. Canto variable y directriz cualquiera</p> <p>1.3. Arcos: Diseños espaciales de barras, de fábrica. Antifuniculares. Arcos isostáticos. Equilibrio y deformación</p> <p>1.4. Arcos con 1, 2 o 3 grados hiperestáticos. Cálculo en rotura. Cálculo elástico.</p> <p>1.5. Rigideces de una barra en ejes locales</p> <p>1.6. Particularización para estructuras articuladas de barras.</p> <p>1.7. Particularización para estructuras articuladas de barras. Ejemplo: desarrollo manual y automático</p> <p>1.8. Estructuras con uniones articuladas y empotradas. Estabilidad geométrica.</p> <p>2. Diseños estructurales de desarrollo en un plano, para cargas perpendiculares a su plano</p>

	<p>2.1. Emparrillados de cerchas. Modelos de cálculo manual.</p> <p>2.2. Mallas espaciales de pirámide cuadrada</p> <p>2.3. Otros diseños ligeros de mallas espaciales con menor número de barras</p> <p>2.4. Calculo automático como estructuras articuladas de barras: modelo de elemento, características relevantes.</p> <p>2.5. Placas de hormigón armado sobre apoyos aislados. Modelos de cálculo manual.</p> <p>2.6. Ecuación general de las placas. Tensores de momentos y de curvaturas. Trayectorias de flexión. Armado</p> <p>2.7. Cálculo automático por M.E.F</p> <p>3. Diseños estructurales de desarrollo en un plano, para cargas contenidas en su plano</p> <p>3.1. Muros-vigas de gran canto.</p> <p>3.1.1. Aproximación a su funcionamiento por los modelos biela-tirante</p> <p>3.1.2. Requerimientos mínimos según la instrucción EHE-08: esbeltez, espesor, armado mínimo, disposiciones de armado</p> <p>3.2. El Método de los Elementos Finitos: el cálculo automático</p> <p>3.2.1. El elemento cuadrado: movimientos y solicitaciones relevantes. Funciones de interpolación</p> <p>3.2.2. Requerimientos mínimos según la instrucción EHE-08: esbeltez, espesor, armado mínimo, disposiciones de armado</p> <p>3.2.3. Cálculo automático. Interpretación de resultados: tensores de fuerzas, tensores de tensiones . Direcciones principales. Dimensionado. Armado</p> <p>3.3. Plegaduras</p> <p>3.3.1. Descripción del tipo estructural. Formas. Comportamiento. Parámetros de diseño</p> <p>3.3.2. Modelo de cálculo manual: momentos y cortantes secundarios. Solicitaciones principales. Tensiones. Tensores.</p> <p>3.3.3. Cálculo automático: tensores de fuerzas, tensores secundarios de momentos. Direcciones principales. Criterios de armado</p> <p>3.3.4. El elemento</p> <p>4. Estructuras superficiales curvas continuas</p> <p>4.1. Tipologías. Láminas de revolución. Láminas de traslación</p> <p>4.1.1. Curvatura constante. Análisis manual. Equilibrio. Solicitaciones</p> <p>4.1.2. Dimensionado: hormigón armado, fábrica.</p> <p>4.1.3. Comportamiento de borde. Detalles de construcción</p> <p>4.1.4. Calculo automático: definición del elemento de membrana.</p> <p>4.1.5. Análisis de resultados. Tensores de fuerzas. Tensiones. Deformaciones. Perturbaciones de borde.</p> <p>4.2. Láminas de traslación; paraboloides</p> <p>4.2.1. Teoría de la membrana. Ecuaciones de equilibrio.</p> <p>4.2.2. Paraboloides hiperbólicos. Geometrías.</p> <p>4.2.3. Calculo automático: Análisis de resultados. Tensores de fuerzas. Tensiones. Perturbaciones de borde.</p> <p>5. Estructuras trianguladas espaciales, curvas.</p> <p>5.1. Superficie esférica</p> <p>5.1.1. Geometría. Forma de triangulación Soluciones constructivas</p> <p>5.1.2. Comportamiento mecánico Cargas simétricas con relación a una eje</p> <p>5.1.3. Modelos de referencia para el análisis manual. Equilibrio de fuerzas en el espacio.</p> <p>5.1.4. Modelos de referencia para el análisis manual Analogía con la membrana</p> <p>5.1.5. Cálculo automático. Estabilidad geométrica. Características del elemento barra. Solicitaciones N.</p> <p>5.1.6. Análisis de resultados.</p> <p>5.2. Paraboloides hiperbólicos</p> <p>5.2.1. Geometría. Triangulación. Bordes. Apoyos.</p> <p>5.2.2. Comportamiento. Analogía de la membrana.</p> <p>5.2.3. Calculo automático. Análisis de resultados.</p>
<p><b>Métodos numéricos y algebraicos avanzados de análisis de estructuras</b></p>	<p>Introducción de Octave</p> <p>Cálculos básicos. Uso de variables. Vectores y matrices. Funciones matemáticas (2 horas).</p> <p>Operadores lógicos. Operadores booleanos. Sistema de ecuaciones (2 horas).</p> <p>Definición de funciones. Gráficos 2D y 3D (2 horas).</p> <p>Análisis matricial de estructuras</p> <p>Estructuras de barras 2D y 3D (7 horas).</p> <p>Elementos planos (7 horas).</p> <p>Modos de pandeo (7 horas).</p> <p>Programación lineal</p> <p>Sistemas de bloques rígidos (11 horas).</p> <p>Celosías óptimas (10 horas).</p>
<p><b>Los retos de la sostenibilidad en la industria</b></p>	<p>Consumo de recursos en la fabricación de los materiales estructurales</p> <p>Producción y puesta en obra</p> <p>Uso y mantenimiento</p>

<b>de la construcción</b>	Demolición, recuperación y reutilización Huella de carbono de la construcción Definición Cálculo de la huella de carbono de los materiales empleados en la construcción Sistemas estructurales eficientes
<b>Innovación en uso estructural de materiales, medios de análisis y construcción</b>	Vidrio estructural Estructuras de aluminio Aplicación de fibras a la construcción de estructuras. Aplicación de materiales compuestos a las estructuras
<b>Diseño generativo, form-finding e interoperabilidad en estructuras</b>	Introducción al Diseño Generativo. El diseño generativo, programación visual. Introducción a Grasshopper3d Generación de geometría básica parametrizada Diseño Generativo aplicado al diseño de estructuras. Geometrías complejas Flujo de datos y manipulación de datos Form-Finding Conceptos de form-finding y aplicación a diseño de estructuras. Superficies mínimas, antifuniculares y flexión activa. Kangaroo Análisis estructural integrado en modelo generativo Análisis estructural en fase inicial. Introducción a Karamba3D Interoperabilidad Flujo de información entre softwares de diseño generativo y análisis estructural avanzado. Optimización estructural Introducción a la optimización estructural. Procedimientos de optimización. Problemas habituales de optimización. Optimización mediante algoritmos genéticos. Funciones objetivo. Implementación en modelos generativos.

## 12. Listado de empresas colaboradoras en prácticas externas

Entre las muchas empresas con las que la Universidad Politécnica de Madrid dispone de convenio de prácticas cabe citar a:

- SACYR
- OVER ARUP
- DRAGADOS
- ACCIONA INGENIERÍA
- BERNABEU INGENIEROS
- TRAGSA
- TRAGSATEC
- BIS ESTRUCTURAS
- HOLEDECK
- SENER
- FCC CONSTRUCCION
- METRO DE MADRID
- ADIF

- Sacyr Conservación SA
- Vía Célere
- INECO
- FERROVIAL CONSTRUCCIÓN
- ASSENTIS PLUS
- LICUAS, SA
- PLENUM INGENIEROS
- ACCIONA INMOBILIARIA
- COLEGIO DE ARQUITECTOS
- VALLADARES WORLDWIDE
- VALLADARES INGENIERÍA S.L.

Además, las siguientes empresas se han comprometido a realizar el convenio con la Universidad para la realización de prácticas y se está tramitando.

- BrydenWood
- Calter
- Fhecor
- IDI-Ingenieros
- Martínez Segovia
- Mecanismo
- Socotec
- Ingeniería y Arquitectura S.L.
- S.LAB Consultores de Ingeniería y Arquitectura S.L
- Valdemoro Sector 4 (VS4)
- Técnicas Reunidas