

## **Guía docente**

### **Introducción**

La práctica cada vez más habitual del empleo de programas informáticos en la docencia de estructuras de edificación de la carrera de Arquitecto ha facilitado enormemente las aplicaciones derivadas de la Teoría clásica de análisis manual en teoría de primer orden, permitiendo que el estudiante pueda analizar múltiples situaciones de la práctica profesional sin necesidad de haber adquirido una formación teórica suficiente. Además, la facilidad de aplicación de estos programas y la velocidad y precisión de los resultados facilita extraer conclusiones generales y establecer relaciones entre el fenómeno estructural y otras disciplinas de la profesión. Sin embargo, una enseñanza basada fundamentalmente en la eficacia de estas aplicaciones aleja al estudiante de arquitectura y futuro proyectista de los métodos contemplados tradicionalmente en el análisis manual de estructuras, métodos que han servido durante décadas para desarrollar el sentido estático y el de los órdenes de magnitud de los esfuerzos producidos, ambos aspectos esenciales en la formación del futuro arquitecto.

El Curso que se ofrece pretende servir de complemento a la formación práctica adquirida en el Título de Grado en Arquitectura e Ingeniería mediante las aplicaciones informáticas correspondientes. En dicho Curso se exponen diferentes métodos ya clásicos contemplados en el análisis manual de estructuras lineales planas, enfocándolos desde una perspectiva más “científica” que “tecnológica” y simultáneamente desde una vertiente cualitativa, valorando fundamentalmente su aplicación práctica. Los métodos expuestos se emplearán para analizar diferentes modelos estructurales de complejidad creciente con la intención de hacer hincapié en la aplicación y el dominio de dichos métodos. De esta manera se pretenderá fomentar el interés del alumno en analizar con los métodos expuestos diferentes formas estructurales con independencia de si estas son o no habituales en la práctica profesional, dando más importancia al dominio de los métodos que a las estructuras analizadas. Ello puede impedir establecer vínculos directos entre esta disciplina y otras de la profesión, pero desde el punto de vista del enfoque de este Curso, esta limitación no es relevante. Para hacer más amenas las explicaciones, se ha simplificado la carga teórica con respecto a la que aparece en los tratados clásicos, por lo que la consulta de dichos textos sería de obligado cumplimiento para aquellos estudiantes que estuvieran interesados en completar su formación teórica. En la bibliografía propuesta se sugieren algunos de los libros publicados en castellano que se consideran más adecuados para profundizar en la materia. En resumen, el Curso propone un acercamiento a la teoría clásica eliminando en la medida de lo posible la complejidad de los razonamientos teóricos, utilizando esquemas, dibujos y textos concretos y conceptuales, mediante los cuales se explican las bases teóricas de manera sencilla, visual e intuitiva.

Además con este trabajo se ha pretendido elaborar en paralelo un proyecto de investigación en el auto aprendizaje que también fuera válido para ser empleado en la enseñanza de otras disciplinas, y que hiciera activa la participación del alumno desde el primer momento, permitiéndole tomar decisiones durante el desarrollo de las exposiciones. Esta investigación ha dado lugar a un prototipo desarrollado mediante la aplicación Power Point que podría apuntar hacia un modelo de auto enseñanza situado a medio camino entre los modelos ya clásicos en soporte papel y las exposiciones orales en pizarra. El prototipo estructura el curso en pequeñas unidades de información donde se exponen diferentes ideas y conceptos. Todas estas unidades están organizadas en una secuencia determinada que es la que se propone para aprender óptimamente la materia, a juicio de este profesor. Sin embargo, es posible alterar el orden de acceso a estas unidades. Pulsando el botón activo llamado “Índice” situado en la parte superior derecha de cualquier diapositiva, se accede al índice general del fichero desde donde se puede acudir a cualquiera de las unidades de información mediante hipervínculos. Una vez en una unidad de información, se propone estudiar la materia avanzando las diapositivas siempre hacia delante, pudiendo repetir la secuencia de la unidad si la información que contiene ha ido desapareciendo de la pantalla durante su exposición, aplicando el botón “repetir la secuencia”. Las unidades de información se han elaborado con gran cantidad de diapositivas para hacer progresiva la entrada de la información en la pantalla con la idea de dirigir la atención del usuario en todo momento durante las explicaciones. Finalmente, la evaluación del curso está concebida para que sea realizada por el propio estudiante y está descompuesta en tres etapas que se describirán posteriormente.

## **Competencias:**

Las competencias que se adquieren después de superar el curso corresponden a algunas que pertenecen al título de Arquitecto y se recogen a continuación:

### Competencias transversales:

#### *Instrumentales:*

- a) Ser capaz de analizar y sintetizar
- b) Ser capaz de organizar y planificar
- c) Ser capaz de gestionar la información
- d) Tener la capacidad de resolver problemas
- e) Ser capaz de tomar decisiones

#### *Personales:*

- a) Desarrollar el razonamiento crítico
- b) Desarrollar la capacidad de aprender autónomamente
- c) Desarrollar la capacidad de adaptación a nuevas situaciones
- d) Apreciar la importancia que tienen los métodos manuales de cálculo en el proceso creativo de las estructuras de edificación
- e) Fomentar la creatividad

### Competencias específicas:

- a) Iniciarse en el cálculo manual de estructuras lineales de edificación en Teoría de primer orden y durante la fase elástica de los materiales
- b) Capacitar para resolver problemas sobre estabilidad y resistencia estructural de complejidad creciente
- b) Fomentar el sentido físico del equilibrio estructural, así como el pensamiento analítico y el interés por el conocimiento de las estructuras en general, con el objetivo de facilitar la integración de las estructuras en el diseño de los proyectos arquitectónicos

## **Prerrequisitos**

Haber superado los dos primeros cursos del grado en Arquitectura o Ingeniería

## **Material de estudio:**

El temario consta de once capítulos. En los nueve primeros se realiza una revisión de la Teoría descrita de manera esquemática acompañada de unas pruebas de superación expuestas en forma de test interactivos y de ejercicios prácticos. También se exponen algunas demostraciones que se consideran significativas. En los cinco primeros capítulos se analizan estructuras isostáticas y en los restantes se analizan estructuras hiperestáticas. Los capítulos 1 y 2 revisan un conocimiento que el estudiante debería haber adquirido previamente. El capítulo 7 es de apoyo a los dos siguientes, y el resto de los capítulos hasta el 10 son independientes

entre sí, por tanto no es necesario estudiarlos en un orden preciso. En el capítulo 10 se explica la realización de seis ejercicios sencillos. Todo este material ha sido desarrollado mediante la aplicación Power Point y ha dado lugar a treinta ficheros en formato pdf. Finalmente, en el capítulo 11 se exponen unos problemas más completos que el estudiante debería saber resolver para superar el curso. A continuación se muestra una descripción por cada capítulo de los contenidos de estos ficheros.

#### CAPÍTULO 1. Capítulo introductorio del curso.

*Introduccion.pdf*: Definición, clasificación y ejemplos de estructuras de edificación, funciones principales, procedimiento de análisis simplificaciones y principios empleados

#### CAPÍTULO 2. Cálculo de diagramas de solicitaciones de estructuras isostáticas.

*diagramas parte 1.pdf* : definiciones de estructura isostática e hiperestática, y de reacciones y solicitaciones. Criterios de signo empleados, relaciones entre las solicitaciones y autoevaluación

*diagramas parte 2.pdf*: calculo de diagramas de solicitaciones en vigas biapoyadas: Filosofía general y ejemplos. Cálculo de diagramas de solicitaciones en estructuras en general: clasificación de las estructuras y procedimiento

*diagramas parte 3.pdf*: ejemplos de cálculo y autoevaluación

#### CAPÍTULO 3. Cálculo de deformaciones de estructuras isostáticas planas por métodos gráficos (específicos para estructuras articuladas): Diagramas de Williot.

*método de Williot parte 1.pdf* : Introducción: ámbito de aplicación, tipos de movimientos, clasificación, estructuras tipo 1: concepto de diagrama de Williot, ejemplos

*método de Williot parte 2.pdf* : estructuras tipo 1: ejemplo de cálculo

*método de Williot parte 3.pdf* : estructuras tipo 2: proceso de análisis; ejemplo 1: visión cualitativa

*método de Williot parte 4.pdf* : estructuras tipo 2: ejemplo 1: cálculo; ejemplo 2: visión cualitativa

*método de Williot parte 5.pdf* : estructuras tipo 2: ejemplo 2: cálculo; autoevaluación

#### CAPÍTULO 4. Cálculo de deformaciones de estructuras isostáticas planas por métodos matemáticos (específicos para vigas continuas)

*Introducción matematicos.pdf*: Generalidades: concepto de tramo viga, definición de la elástica, ecuación diferencial de la elástica para tramos de pequeñas deformaciones, ámbito de aplicación de los métodos.

*doble integración.pdf*: Descripción del método sin y con funciones de singularidad, ejemplos y autoevaluación.

*area de momentos.pdf*: Descripción del método: definición y demostración de los teoremas, aplicación práctica, casos particulares, ejemplo y autoevaluación.

*viga conjugada.pdf*: Descripción del método, Enunciado y demostración de los Teoremas de Mohr, casos particulares, ejemplos, autoevaluación.

#### CAPÍTULO 5. Cálculo de deformaciones de estructuras isostáticas planas por métodos energéticos (para todo tipo de estructura)

*introducción energeticos.pdf*: Generalidades

*teorema de Castigliano.pdf*: Definición del Teorema, casos particulares: interpretación física, relación con la energía de deformación, demostración, aplicaciones, ejemplos, autoevaluación

*teorema de Maxwell-Betti.pdf*: Definición y demostración del Teorema, aplicaciones, ejemplos, autoevaluación

*aplicaciones del PTV.pdf*: Teorema de los desplazamientos virtuales y ejemplos; Teorema de las fuerzas virtuales y ejemplos, autoevaluación.

## CAPÍTULO 6. Análisis de estructuras hiperestáticas por métodos de compatibilidad

*compatibilidad parte 1. pdf*: Generalidades, objetivos, exposición del método (parte 1): criterios de selección de redundantes, ejemplos, autoevaluación.

*compatibilidad parte 2.pdf*: exposición del método (parte 2): ecuaciones de compatibilidad, ejemplos, autoevaluación

## CAPÍTULO 7. Métodos de equilibrio: ideas generales. Capítulo complementario de los capítulos 8 y 9.

*Metodos de equilibrio generalidades.pdf*: definición de las incógnitas de una deformada de un pórtico: giros en los nudos y desplazamientos, clasificación de los desplazamientos, ejemplos, observaciones, autoevaluación.

## CAPÍTULO 8. Métodos de equilibrio: método de Maney

*Maney parte 1.pdf*: ámbito de aplicación, planteamiento de una deformada genérica, planteamiento de la deformada en estructuras simétricas, ejemplos

*Maney parte 2.pdf*: esfuerzos en la deformada genérica: ecuaciones de Maney, cortantes y axiles; ecuaciones de equilibrio, diagramas de solicitaciones resultantes, resumen, cálculo de deformaciones, autoevaluación

## CAPÍTULO 9. Métodos de equilibrio: método de Cross.

*Cross parte 1.pdf*: planteamiento de una deformada genérica, planteamiento de la deformada en estructuras simétricas, ejemplos

*Cross parte 2.pdf*: esfuerzos en la deformada genérica: estadillo de Cross, cortantes y axiles; ecuaciones de equilibrio, diagramas de solicitaciones resultantes, resumen, cálculo de deformaciones, autoevaluación

## CAPÍTULO 10. Ejemplos de análisis de estructuras hiperestáticas por compatibilidad y por equilibrio.

*ejemp 1 compatibilidad.pdf*: estructura articulada: grado de hiperestaticidad, cálculo de diagramas según diferentes redundantes

*ejemp 2 compatibilidad.pdf*: viga continua: grado de hiperestaticidad, cálculo de diagramas según diferentes redundantes

*ejemp 3 compatibilidad.pdf*: estructura formada por dos barras y una viga: grado de hiperestaticidad, cálculo de diagramas según diferentes redundantes

*ejemp 4 equilibrio.pdf*: Análisis de un pórtico mínimo según cinco condiciones de contorno diferentes. Resolución por los métodos de Maney y Cross.

*ejemp 5 equilibrio.pdf*: Análisis de un pórtico ordinario de edificación de cubierta plana. Resolución por los métodos de Maney y Cross. Comparación de resultados.

*ejemp 6 equilibrio.pdf*: Análisis de un pórtico ordinario de edificación de cubierta inclinada. Resolución por los métodos de Maney y Cross. Comparación de resultados.

## CAPÍTULO 11. Ejercicios finales propuestos. Enunciados y soluciones

*ejercicio 1 estructura isostática.pdf*

*ejercicio 2 estructura isostática.pdf*

*ejercicio 3 por compatibilidad.pdf*

*ejercicio 4 por compatibilidad.pdf*

*ejercicio 5 por compatibilidad.pdf*

*ejercicio 6 por compatibilidad.pdf*

*ejercicio 7 por compatibilidad.pdf*

*ejercicio 8 por Maney.pdf*

*ejercicio 9 por Maney.pdf*

*ejercicio 10 por Cross.pdf*

*ejercicio 11 por Cross.pdf*

### **Procedimiento de autoevaluación:**

Para evaluar el aprendizaje adquirido se proponen tres etapas sucesivas:

*Etapas 1: revisión de la teoría expuesta.* Al final de cada capítulo se propone un test de siete preguntas que revisan los contenidos teóricos más significativos. Moviéndolo el ratón hacia delante se avanza a través de ellas. Cada pregunta se contesta pulsando con el ratón sobre la respuesta considerada. Una vez contestada, aparece en pantalla un recuadro que indica si se ha acertado o no. Para volver al resto de las preguntas se debe pulsar sobre el recuadro. Las exposiciones terminan cuando se llega al índice general.

El alumno deberá contestar cada pregunta una sola vez. Realizado el test y en caso de no acertar todas las cuestiones, se sugiere revisar el contenido de la teoría del capítulo y volver a realizar dicho test hasta responder correctamente todas las preguntas.

*Etapas 2: revisión de la práctica expuesta.* Es una primera fase de aprendizaje de la vertiente práctica del curso. Se propone al estudiante primero realizar los ejercicios expuestos en el capítulo 10 sin consultar las soluciones y después comprobar tanto los procedimientos como los resultados. Para superar esta fase, el alumno debe haber enfocado correctamente todos los ejercicios. En caso de haber cometido fallos, debe saber cómo enmendarlos.

*Etapa 3. realización de problemas genéricos.* En esta fase se propone al alumno una serie de ejercicios que no han sido descritos en el curso y que son de mayor complejidad. En ellos se mezclan los contenidos de todos los capítulos y los de los cursos 1º y 2º del grado de Arquitecto. Cada enunciado va acompañado de su solución expuesta de manera esquemática. De esta forma, para evaluar el planteamiento del problema, el estudiante debe realizar un esfuerzo superior que en el caso anterior.