

[Escribir texto]



## **CURSO DE ESTRUCTURAS "SAP2000"**

### **Cuatrimestre**

El programa ha sido elaborado y diseñado por el profesor Pablo Mora.

#### **Objetivo del Curso**

Dotar a los alumnos de una herramienta de fácil manejo (SAP2000 y programas afines) con la que afrontar el cálculo de cualquier estructura, desde pequeños ejercicios académicos hasta grandes proyectos de geometría compleja, pasando por los casos más usuales en edificación.

Aunque el diseño óptimo de estructuras con cierta soltura requiere del proyectista una serie de conocimientos y experiencia que ningún software esta hoy por hoy en condiciones de aportar, se pretende enseñar a los alumnos a emplear las herramientas de SAP2000 para comparar rápidamente entre varias opciones estructurales y comprobar su seguridad según los Eurocódigos, con lo que en cierta medida podrán utilizar SAP2000 no solo como herramienta de cálculo sino también de diseño.

El programa del curso se plantea de forma modular.

MT\_C -> Modulo Teórico Cerrado. Breve exposición de conceptos e ideas básicas, imprescindibles para abordar cualquier estructura en general y el manejo del programa en particular.

MT\_A -> Modulo Teórico Abierto. Breve exposición de conceptos e ideas sobre un tema en particular que puede variar según los intereses manifestados por los alumnos y el tiempo disponible.

MP\_C -> Modulo Práctico Cerrado. Exposición de comandos o funciones básicas de SAP2000, cuyo conocimiento se presume irrenunciable para trabajar con el programa.

MP\_A -> Modulo Práctico Abierto. Exposición de comandos o funciones avanzadas de SAP2000, que puede variar respecto a lo inicialmente presentado en este programa, profundizando más o menos en el tema según los intereses de los alumnos y el tiempo.

ME\_C -> Modulo Ejemplo Cerrado. Ejemplos concretos de estructuras modelizadas con el programa, que serán aportados por el profesor en base a su valor didáctico.

ME\_A -> Modulo Ejemplo Abierto. Ejemplos concretos de estructuras modelizadas con el programa, que serán sugeridos por los alumnos o el profesor según la evolución del curso y los intereses particulares de cada cual.

[Escribir texto]



> Índice de contenidos:

## Semana 1 y 2

-Encuesta inicial (control de calidad docente)

**-MT\_CO\_INTRODUCCIÓN:** Instalación del software SAP2000, versiones. Software de cálculo de estructuras en general, ubicación de SAP2000 en el conjunto y campo de aplicación. Porqué SAP2000.

Modelo VS. Realidad. Cálculo VS. Diseño. Precauciones respecto al uso de cualquier software.

**-MP\_C1A\_PREPROCESO: Dibujo del modelo.** Las utilidades de generación automática de estructuras usuales con SAP2000. Primer contacto con la biblioteca de materiales, de secciones y condiciones de apoyo y sustentación.

**MP\_C1B\_PREPROCESO: Dibujo del modelo.** Posibilidades de dibujo "Libre" con SAP2000. Importación de modelos desde .dxf (Rhino, AutoCAD, etc.), .ifc (Archicad, Revit, Cype, etc. sistemas BIM), .xls (Excel, tablas de datos.) o .s2k (otras versiones de SAP2000, ETABS. Otras tablas de datos ). Otras posibilidades de importación y otras opciones de preproceso.

**ME\_C1\_CERCHAS I** Dibujo de varios modelos de cerchas para una misma luz. Asignación de materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos, y análisis. Introducción a las comprobaciones de seguridad según EC3 y valoración crítica de diferentes posibilidades estructurales.

**ME\_A1\_PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DEL CURSO** Enunciado del trabajo: Elección de una estructura por parte de los alumnos (con orientaciones del profesor) sobre la que trabajaran durante el curso.

**MT\_C2\_CARGAS.** Modelar las acciones: Masa por aceleración. Acciones estáticas y dinámicas. Otras acciones.

**MP\_C2A\_PREPROCESO: Datos físicos del modelo.** Materiales comunes y personalizados. Secciones habituales y personalizadas. Condiciones de apoyo y sustentación y apoyos peculiares (Muelles). Condiciones de sustentación internas (nudos)

[Escribir texto]



**MP\_C3\_PREPROCESO: Acciones** Introducción de cargas estáticas usuales (horizontales y verticales, puntuales, lineales y superficiales, distribuciones de carga lineales, triangulares y trapezoidales).

Introducción de cargas estáticas peculiares (acciones térmicas, desplazamientos impuestos). Introducción de cargas dinámicas (efectos de viento, efectos de sismo, cargas móviles y líneas de influencia, etc.). Combinaciones de carga personalizadas y según normativa europea/española.

**ME\_C2\_VIGAS Y PÓRTICOS.** Modelado y análisis de vigas. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos. Introducción a las comprobaciones de seguridad según EC3 y EC2.

Modelado y análisis de pórticos. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos. Introducción a las comprobaciones de seguridad según EC3 y EC2.

Introducción a la valoración crítica de diferentes posibilidades estructurales (Vigas VS. cerchas VS. pórticos)

### Semana 3 y 4

**MT\_C3\_ANÁLISIS.** Introducción a los fundamentos del M.E.F. Tipos de análisis y rango de aplicación.

**MP\_A1\_PREPROCESO.** Repaso general del preproceso: Dibujo/geometría, materiales, secciones, acciones. Ruegos y preguntas.

**MP\_C4\_PROCESO.** Implementación de diferentes tipos de análisis con SAP2000. Valoración crítica de resultados.

**ME\_C3\_LOSAS, MUROS Y LÁMINAS.** Modelado y análisis de losas y láminas para cubrir una misma luz. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos. Introducción a las comprobaciones de seguridad según EC3 y EC2.

Modelado y análisis de muros. Asignamos materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos. Introducción a las comprobaciones de seguridad según EC3 y EC2.

### **ME\_A2\_VISIÓN GENERAL DE PROYECTOS DEL CURSOS**

[Escribir texto]



-Proyectos elegidos por los alumnos. Brainstorming colectivo para afinar el modelado y el análisis de los diferentes modelos. Recopilación de necesidades específicas de cada modelo.

**MT\_C\_4\_NORMATIVA** Introducción al marco normativo europeo / español. Otros marcos normativos.

**MP\_C5\_POSTPROCESO.** Comprobaciones normativas de seguridad con SAP2000. Posibilidades de optimización automática.

**MP\_C6\_ POSTPROCESO** Consulta de resultados, salida de datos y exportación a otros programas desde SAP2000.

**ME\_C4\_ESTRUCTURAS DE BARRAS ESTEREOMÉTRICAS** Modelado y análisis de estructuras de barras estereométricas para cubrir una misma luz. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos. Introducción a las comprobaciones de seguridad según EC3 y EC2. Comparación crítica de soluciones.

### Semana 5 y 6

**MT\_C5\_TIPOLOGIAS ESTRUCTURALES** La razón de ser y peculiaridades de las diferentes tipologías estructurales. Matices del M.E.F para un correcto modelado de diferentes tipologías. Análisis "parte a parte" y análisis global.

**MP\_C7\_POSTPROCESO** Realización de planos de armado, montaje, nudos, etc. mediante software externo. Interacción de SAP2000 con software del tipo hoja de cálculo. SAP2000 en VB.

**ME\_C5\_CIMENTACIONES** Modelado y análisis de varios problemas de contención y cimentaciones mediante SAP2000. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos. Validación de los resultados frente a cálculo manual y frente a cálculo especializado (SAFE)

**ME\_A3\_PREPROCESO DE PROYECTOS DEL CURSO** Visualización y correcciones del modelo (o modelos) escogidos por los alumnos para abordar sus proyectos. Representación de la geometría, condiciones iniciales de sección y materiales, acciones.

[Escribir texto]



**MT\_A1\_NO LINEALIDAD Y PLASTICIDAD** Ideas generales: plasticidad VS. elasticidad, análisis lineal y no lineal. Tipos de análisis no lineal y utilidades.

**MP\_A2\_PROCESO** Repaso general del proceso: Tipos de análisis e implementación de los mismos. Ruegos y preguntas.

**ME\_C6\_FORJADOS** Modelado y análisis de varios tipos de forjado mediante SAP2000. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos. Validación de los resultados frente a cálculo manual y frente a cálculo especializado (SAFE, CYPE)

**ME\_C7\_ESTRUCTURAS MIXTAS.** Estrategias varias de modelado detallado de varios tipos de viga y pilares mixtos y forjado de chapa colaborante mediante SAP2000. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos, y analizamos. Comparativa entre diferentes tipos de análisis.

### Semana 7 y 8

**MT\_A2\_LÁMINAS Y PLACAS** Introducción a la teoría clásica de placas y láminas, potencial y limitaciones. Tratamiento mediante MEF, necesidades de modelado.

**MP\_A3\_POSTPROCESO** Repaso general del postproceso: Tratamiento de datos y visión crítica de resultados. Ruegos y preguntas.

**ME\_A4\_GEOMETRIAS SINGULARES** Singularidades del modelo estructural para geometrías peculiares. Modelado y análisis de tipos de geometrías complejas mediante SAP2000. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos. Análisis crítico y validación de resultados.

**ME\_A5\_PROCESO DE PROYECTOS DEL CURSO** Visualización y correcciones del análisis de los proyectos del curso. Tipo (o tipos) de análisis empleado, idoneidad, sorpresas y problemas, conclusiones.

**MT\_A3\_EL TESADO** Introducción a la idea general de tensado. Pre y postensado, singularidades constructivas, precauciones y campo de aplicación. Repaso de su introducción en SAP2000.

[Escribir texto]



**ME\_A6\_GRANDES LUCES** Singularidades de las estructuras para grandes luces. Modelado y análisis de varios tipos de estructura frente a una gran luz mediante SAP2000. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos, y analizamos. Validación de resultados.

**MT\_A4\_SISMO** Generalidades e idea global sobre el análisis sísmico. Introducción al análisis sísmico con EC8 y SAP2000

**ME\_A7\_DISEÑO ANTISÍSMICO** Singularidades del modelo estructural frente al sismo. Modelado de varios tipos de geometrías sencillas frente a un mismo sismo mediante SAP2000. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos. Análisis crítico y validación de resultados. Estrategias tradicionales y especiales frente a acciones sísmicas de importancia.

### Semana 9 y 10

**MT\_A5\_EDIFICIOS ALTOS** Introducción a las singularidades de los edificios altos. Empleo de materiales de alta resistencia. Apuntes para simular forjados de gran rigidez. Análisis dinámico frente a grandes esfuerzos de viento. Otras situaciones singulares en edificios altos.

**ME\_A9\_GRANDES ALTURAS** Modelado de varios edificios de gran altura con diferentes esquemas estructurales mediante SAP2000. Materiales, secciones, cargas, condiciones de sustentación y nudos, y analizamos. Análisis crítico y validación de resultados.

**ME\_A10\_POSTPROCESO DE PROYECTOS DEL CURSO** Visualización y correcciones de los resultados obtenidos para los proyectos del curso. Estrategias para sacar partido adicional a los modelos SAP2000 mediante la interacción con otro software. Correcciones, enmiendas y detalles.

**MT\_A6\_DESPEDIDA.** Encuesta final (control de calidad docente). Repaso global de los temas abordados durante el curso. Valoración crítica de las capacidades adquiridas: utilidad potencial, rango de aplicación, temas que han quedado mejor o peor explicados, etc.

**MP\_A4\_GENERAL** Ruegos y preguntas. Capacidades singulares de SAP2000.

**ME\_A11\_PROYECTOS DEL CURSO** Repaso global a los proyectos abordados por el profesor y los alumnos durante el curso. Recopilación del trabajo realizado, propuesta de su

[Escribir texto]



uso para pequeña publicación colectiva, otros usos y optimización del trabajo para estos fines.

Notas sobre este programa:

Como ya se indicó al principio, todos los módulos "abiertos" están sujetos a su sustitución por otros a lo largo del curso según los intereses particulares detectados en los alumnos mediante preguntas y comentarios en clase y su proyecto de curso elegido. Igualmente, aunque los módulos marcados como "cerrados" se consideran de docencia ineludible, su duración y la profundidad con que se aborden si puede variar.

Así, p.ej., aunque profundizar un poco en los fenómenos sísmicos y la problemática particular de edificios altos según lo indicado resulte interesante, si según los intereses detectados en los alumnos parece aconsejable por esas fechas profundizar más p.ej. en la elaboración y análisis de modelos no lineales para hormigón armado, la definición de materiales singulares como el bambú y la modelización de estructuras enterradas, se intentarán adaptar los módulos del programa y los tiempos de cada uno para dar más peso a las nuevas cuestiones.