



Guía docente				
Datos Identificativos				2015/16
Asignatura (*)	Cálculo dinámico de estructuras	Código	632514024	
Titulación	Mestrado Universitario en Enxeñería de Camiños, Canais e Portos			
Descriptorios				
Ciclo	Periodo	Curso	Tipo	Créditos
Máster Oficial	1º cuatrimestre	Primero	Optativa	4.5
Idioma	CastellanoGallegoInglés			
Modalidad docente	Presencial			
Prerrequisitos				
Departamento	Tecnoloxía da Construción			
Coordinador/a	Romera Rodriguez, Luis Esteban	Correo electrónico	l.romera@udc.es	
Profesorado	Fontan Perez, Arturo Norberto Romera Rodriguez, Luis Esteban	Correo electrónico	arturo.fontan@udc.es l.romera@udc.es	
Web	moodle.udc.es (4514024-Cálculo dinámico de estructuras- MICCP)			
Descripción general	<p>Dotar al alumno de los conocimientos teórico y prácticos necesario para el análisis dinámico estructural.</p> <p>Desarrollar las cargas dinámicas más habituales y los métodos de cálculo</p> <p>Formar al alumno en el uso e interpretación de programas de cálculo dinámico de estructuras</p> <p>Introducir el diseño sísmico mediante el estudio de casos prácticos</p> <p>Conocimiento y aplicación de la normativa vigente</p> <p>Iniciación al análisis experimental modal</p>			

Competencias del título	
Código	Competencias del título
A1	Capacitación científico-técnica y metodológica para la asesoría, el análisis, el diseño, el cálculo, el proyecto, la planificación, la dirección, la gestión, la construcción, el mantenimiento, la conservación y la explotación en los campos relacionados con la Ingeniería Civil: edificación, energía, estructuras, geotecnia, hidráulica, hidrología, ingeniería cartográfica, ingeniería marítima y costera, ingeniería sanitaria, materiales de construcción, medio ambiente, ordenación del territorio, transportes y urbanismo, entre otros
A2	Capacidad para comprender los múltiples condicionamientos de carácter técnico, legal y de la propiedad que se plantean en el proyecto de una obra pública, y capacidad para establecer diferentes alternativas válidas, elegir la óptima y plasmarla adecuadamente, previendo los problemas de su construcción, y empleando los métodos y tecnologías más adecuadas, tanto tradicionales como innovadores, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia dentro del respeto por el medio ambiente y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y usuarios de la obra pública
A3	Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
A4	Conocimiento de la historia de la Ingeniería Civil y capacitación para analizar y valorar las obras públicas en particular y la construcción en general
A5	Conocimiento de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y de las actividades que se pueden realizar en el ámbito de la Ingeniería Civil
A6	Aplicación de las capacidades técnicas y gestoras en actividades de I+D+i dentro del ámbito de la Ingeniería Civil
A8	Utilización de los ordenadores para la resolución de problemas complejos de ingeniería. Utilización de métodos y modelos sofisticados de cálculo por ordenador así como utilización de técnicas de sistemas expertos y de inteligencia artificial en el contexto de sus aplicaciones en la resolución de problemas del ámbito estricto de la Ingeniería Civil
A9	Capacidad para resolver numéricamente los problemas matemáticos más frecuentes en la ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos numéricos avanzados de cálculo, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos en el contexto de la ingeniería civil, la mecánica computacional y/o la ingeniería matemática, entre otros



A11	Capacidad para documentarse, obtener información y aplicar los conocimientos de materiales de construcción en sistemas estructurales. Conocimientos de la relación entre la estructura de los materiales y las propiedades mecánicas que de ella se derivan, incluyendo la caracterización microestructural. Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar los métodos, procedimientos y equipos que permiten la caracterización mecánica de los materiales, tanto experimentales como analíticos. Conocimiento teórico y práctico avanzados de las propiedades de los materiales de construcción más utilizados en ingeniería civil. Capacidad para la aplicación de nuevos materiales a problemas constructivos.
A17	Capacidad para analizar y comprender como las características de las estructuras influyen en su comportamiento, así como conocer las tipologías más usuales en la Ingeniería Civil. Capacidad para utilizar métodos tradicionales y numéricos de cálculo y diseño de todo tipo de estructuras de diferentes materiales, sometidas a esfuerzos diversos y en situaciones de comportamientos mecánicos variados. Conocimiento de las diferentes tipologías de puentes metálicos, de hormigón y mixtos, su comportamiento estructural, los métodos de cálculo y los procedimientos constructivos empleados.
A18	Conocimiento teórico y práctico para el análisis no lineal y dinámico estructural, con especial hincapié en el análisis sísmico, mediante la aplicación de los métodos y programas de diseño y cálculo dinámico de estructuras por ordenador, a partir del conocimiento y comprensión de las cargas dinámicas más habituales y su aplicación a las tipologías estructurales de la Ingeniería Civil.
A19	Capacidad para definir el planteamiento del problema de diseño óptimo de estructuras, mediante la aplicación de los métodos de optimización lineal y no lineal más habituales en diversas tipologías estructurales, incluyendo conceptos de análisis de sensibilidad.
A20	Conocimiento de los esquemas estructurales más utilizados en Ingeniería Civil, y capacidad para analizar los antecedentes históricos y su evolución a lo largo del tiempo. Comprensión de las interacciones entre las tipologías estructurales, los materiales de construcción existentes en cada etapa histórica y los medios de cálculo utilizados.
A21	Conocimiento de los fundamentos del comportamiento de las estructuras de hormigón armado y pretensado que permiten tener la capacidad para concebir, proyectar, construir y mantener este tipo de estructuras. Conocimiento de la tipología de elementos prefabricados, las características principales de su cálculo y su aplicación en los procesos de fabricación.
A52	Conocimiento y comprensión de los diferentes estilos artísticos, en relación con el contexto histórico, económico y social de su época desarrollando la capacidad para apreciar e incluir condicionantes estéticos en la obra civil.
B1	Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
B2	Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
B3	Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
B4	Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios
B5	Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
B6	Resolver problemas de forma efectiva
B7	Aplicar un pensamiento crítico, lógico y creativo
B8	Trabajar de forma autónoma con iniciativa
B9	Trabajar de forma colaborativa
B16	Comprensión de la necesidad de analizar la historia para entender el presente
B18	Facilidad para la integración en equipos multidisciplinares
B19	Comprender la importancia de la innovación en la profesión
C1	Expresarse correctamente, tanto de forma oral como escrita, en las lenguas oficiales de la comunidad autónoma.
C2	Dominar la expresión y la comprensión de forma oral y escrita de un idioma extranjero.
C5	Entender la importancia de la cultura emprendedora y conocer los medios al alcance de las personas emprendedoras
C9	Capacidade para organizar e planificar
C13	Claridade na formulación de hipóteses
C15	Capacidade de traballo persoal, organizado e planificado
C21	Capacidade de realizar probas, ensaios e experimentos, analizando, sintetizando e interpretando os resultados



Resultados de aprendizaje			
Resultados de aprendizaje	Competencias del título		
Capacidad de para analizar y comprender el comportamiento dinámico de las estructuras	AM1 AM3 AM4 AM6 AM8 AM9 AM11 AM17 AM18 AM21	BM1 BM2 BM3 BM4 BM6 BM7 BM8 BM16 BM18	CM1 CM2 CM5 CM9 CM13 CM15
Capacidad de realizar modelos numéricos para obtener las respuestas estructurales frente a acciones dinámicas	AM1 AM2 AM3 AM8 AM9 AM11 AM17 AM18 AM19 AM20 AM21	BM1 BM2 BM3 BM4 BM6 BM7 BM8 BM9 BM16 BM18	CM1 CM2 CM5 CM9 CM13 CM15 CM21
Capacidad para aplicar la normativa sismoresistente vigente en la legislación española y europea en el diseño de estructuras	AM1 AM2 AM3 AM5 AM18 AM52	BM5 BM6 BM7 BM8 BM16 BM18 BM19	

Contenidos	
Tema	Subtema
Introducción y conceptos fundamentales	Acciones dinámicas. Respuesta estática y dinámica. Sistemas continuos y discretos. Fuerzas elásticas, de inercia y de amortiguamiento. Concepto de grado de libertad dinámico. Obtención y solución de las ecuaciones diferenciales del movimiento. Vibraciones libres, forzadas, amortiguadas y no amortiguadas.
Sistemas de 1 grado de libertad (S1GDL): Respuesta en vibración libre	Vibración libre no amortiguada. Frecuencia y periodo natural. Tipos de amortiguamiento. Amortiguamiento viscoso. Medida y valores Amortiguamiento estructural. Energía en vibración libre. Amortiguamiento por fricción.
S1GDL: Respuesta frente a cargas dinámicas	Excitación armónica: Estacionario y transitorio. Resonancia. Fuerzas transmitidas a la base. Excitación de la base y aislamiento de vibraciones. Medidas experimentales de frecuencias y amortiguación. Series de Fourier, Acelerómetros. Cargas incrementales, pulsos y cargas generales. Espectros de respuesta. Acciones sísmicas, NCSE-02, EC-8, Efectos sísmicos en las estructuras. Reglas de diseño.



SiGDL: métodos numéricos de obtención de la respuesta	Métodos de integración temporal paso a paso. Sistemas lineales: métodos de interpolación de la excitación, método de diferencias centrales, método de Newmark. Estabilidad y error de la solución. Sistemas no lineales: método de diferencias centrales y método de Newmark.
Análisis dinámico con el programa SAP2000	Características. Módulos de análisis dinámico: análisis armónico, en el tiempo y espectral. Modelización de las cargas dinámicas y tipos de cargas consideradas. Modelización de la masa: masas distribuidas y concentradas
Sistemas de N GDL (SNGDL): Estructuras con masa y elasticidad distribuidas	Ecuaciones de equilibrio. Vibraciones libres: frecuencias y modos naturales de vibración. Casos de viga biapoyada y viga empotrada-libre. Ortogonalidad modal. Método de Rayleigh. Viga biapoyada con carga móvil a velocidad constante. Vibración de placas delgadas.
SNGDL: Formulación, ecuaciones del movimiento, frecuencias naturales y modos de vibración.	Ecuaciones del movimiento. Matrices de rigidez elástica, de masas y de amortiguamiento. Condensación estática. Métodos de solución numéricos. Autovalores, frecuencias naturales y modos de vibración, matrices modal, espectral y de masas. Teorema de expansión modal. Métodos de obtención de los modos de vibración.
SNGDL: El amortiguamiento en las estructuras	Medidas experimentales. Matrices de amortiguación clásicas: Amortiguación de Rayleigh, Caughey, y superposición de matrices de amortiguación modal. Matriz de amortiguación no clásica.
SNGDL: Análisis modal temporal y espectral	Análisis modal. Ecuaciones modales. Respuesta por superposición modal. Contribuciones modales. Convergencia de la solución. Método de corrección estática. Análisis modal experimental.
SNGDL: Análisis dinámico mediante el MEF	Aplicación del MEF en problemas dinámicos. Discretización espacial y temporal. Ecuaciones de equilibrio. Matrices de masas concentradas y consistentes. Formulación en problemas no lineales. Programa Sap2000. Ejemplos de aplicación.
SNGDL: Respuesta sísmica temporal y espectral	Análisis modal sísmico. Factores de participación de masas. Respuesta temporal y espectral. Reglas de combinación modal. Respuesta no lineal. Ductilidad y daño. Espectros inelásticos de diseño. Normas NCSE-02, EAE y EC8. Ejemplos de aplicación: edificación, presas, pasarelas y puentes. Diseño antisísmico: vulnerabilidad y diseños antisísmicos en edificios históricos. Sistemas de control pasivos y activos. Ejemplos de diseño antisísmico de estructuras.
SNGDL: Normativas, análisis experimental y FRF's.	Normas NCSE-02, NCSP-07, EC-8. Análisis modal experimental. Funciones de respuesta en frecuencias. Aplicación en edificación, puentes y pasarelas.

Planificación				
Metodologías / pruebas	Competencias	Horas presenciales	Horas no presenciales / trabajo autónomo	Horas totales
Sesión magistral	A1 A2 A3 A4 A5 A6 A8 A9 A11 A17 A18 A19 A20 A21 A52 B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8 B9 B16	14	21	35
Solución de problemas	A1 A2 A3 A8 A9 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8 B9 B16	13	19.5	32.5
Prácticas de laboratorio	A8 A9 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8 B9 B16	11.5	11.5	23



Trabajos tutelados	A8 A9 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B19 B16 B18 C1 C2 C5 C9 C13 C15 C21	4	16	20
Atención personalizada		2	0	2

(\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación són de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de los alumnos

Metodologías	
Metodologías	Descripción
Sesión magistral	Las clases magistrales consistirán en la exposición del contenido teórico, involucrando al alumno en debate y discusión sobre el contenido expuesto.
Solución de problemas	Sesiones de solución analítica de problemas planteados previamente por el profesor.
Prácticas de laboratorio	A medida que se van desarrollando los temas teóricos se realizarán prácticas de ordenador en el laboratorio de estructuras de la escuela de caminos, canales y puentes. Cada una de las practicas consistirán en la modelización mediante elementos finitos de una estructura definida por el profesor, donde se aplicarán los conocimientos teoricos adquiridos previamente. También se realizarán prácticas de análisis modal experimental.
Trabajos tutelados	El alumno deberá realizar dos trabajos a lo largo del cuatrimestre. En dichos trabajos deberá demostrar las capacidades adquiridas durante las clases teóricas y prácticas. Los trabajos consistirán en la resolución analítica y mediante ordenador de las estructuras definidas por el profesor. Deberá aplicarse también en otra practica la normativa sismoresistente vigente en la legislación española para verificar los estados límite frente a acciones sísmicas.

Atención personalizada	
Metodologías	Descripción
Sesión magistral Trabajos tutelados Prácticas de laboratorio Solución de problemas	Trabajos tutelados: El profesor asesorará al alumno durante el transcurso del trabajo, indicándole los errores que está cometiendo y como solucionarlos. Periodicamente el alumno pasará por el despacho del profesor para comentar la evolución de su trabajo.  Practicas de laboratorio: El profesor deberá atender en clase todas las dudas que le surjan al alumno y de forma individualizada.  Sesion magistral: Los alumnos deberán preguntar en tutoría individual aquellos aspectos desarrollados en las sesiones magistrales que no han sido suficientemente comprendidos e interiorizados.

Evaluación			
Metodologías	Competencias	Descripción	Calificación
Trabajos tutelados	A8 A9 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B19 B16 B18 C1 C2 C5 C9 C13 C15 C21	El profesor valorará el desarrollo de los trabajos a medida que se va completando y el interés del alumno, así como el esfuerzo realizado, junto con la valoración de los trabajos finalmente entregados.	100
Otros			

Observaciones evaluación



## Fuentes de información

<b>Básica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chopra, Anil K. Prentice Hall (1995). Theory and Applications to Earthquake Engineering.</li> <li>- Craig, Roy R (1981). Structural Dynamics. An Introduction to Computer Methods. John Wiley</li> <li>- Paz, Mario (1997). Structural Dynamics. Theory and Computations. Chapman</li> <li>- Hughes, Thomas J.R. (1987). The Finite Element Method. Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis. Prentice Hall</li> <li>- Rao, Singiresu S. (1995). Mechanical vibrations.</li> <li>- Fryba L. (1999). Vibrations of solids and structures under moving loads. Thomas Telford Ltd</li> <li>- Alex H. Barbat y Juan Miguel Canet (1994). - Estructuras sometidas a acciones sísmicas. Cálculo por ordenador.</li> <li>- (). - Sap2000. Integrated Software for Structural Analysis and Design. Analysis Reference Manual. CSI, Berkeley, USA 2002..</li> <li>- Instituto Geográfico Nacional. Ministerio de Fomento (). www.geo.ign.es.</li> <li>- Earthquake Engineering Research Institute (USA) (). www.eeri.org.</li> <li>- Earthquake Engineering Research Center (USA) (). http://eerc.berkeley.edu.</li> <li>- International Journal of Structural Stability and Dynamics (). .</li> <li>- International journal of earthquake engineering and structural dynamics (). .</li> <li>- Journal of wind engineering and industrial aerodynamics (). .</li> <li>- Structural Design of Tall Buildings (). .</li> <li>- Advances in Structural Engineering (). .</li> <li>- Journal of computing in civil engineering (). .</li> <li>- (2002). NCSR-02: Norma de construcción sismorresistente. Parte general y de edificación. Ministerio de fomento</li> <li>- (2007). NCSP-07. Norma de construcción sismorresistente: Puentes. Ministerio de fomento</li> <li>- (2005). Eurocódigo 8: Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes. Reglas generales. Acciones sísmicas y requisitos generales de las estructuras. Parte 1.1. Aenor</li> </ul>
<b>Complementaria</b>	

## Recomendaciones

### Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

Estructuras III/632514003

### Asignaturas que se recomienda cursar simultáneamente

### Asignaturas que continúan el temario

Cálculo sísmico y aeroelástico de estructuras/632514026

Análisis avanzado de estructuras/632514028

### Otros comentarios

La asignatura combina los conceptos de mecánica del sólido rígido y del análisis de estructuras para comprender el funcionamiento dinámico de las estructuras, por lo que se recomiendan conocimientos de mecánica y estructuras, junto con conocimientos de resolución de ecuaciones diferenciales y álgebra.

(\* La Guía Docente es el documento donde se visualiza la propuesta académica de la UDC. Este documento es público y no se puede modificar, salvo cosas excepcionales bajo la revisión del órgano competente de acuerdo a la normativa vigente que establece el proceso de elaboración de guías