

DISEÑO DE MÁQUINAS

GUÍA DOCENTE

A continuación se presentan los apartados más destacados de los que se compone la Guía Docente de *Diseño de Máquinas*.

1. Objetivo

Tiene por objeto proporcionar al alumno material de estudio y autoevaluación para desarrollar las competencias específicas del curso de *Diseño de Máquinas*. El tipo/perfil de alumnado al que va dirigido el curso son alumnos de Grado en Ingeniería Mecánica o Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial.

2. Competencias

Las competencias que se pretenden adquirir mediante el estudio del *Diseño de Máquinas* son las siguientes:

- Conocer, comprender y aplicar los fundamentos del Diseño de Máquinas, de tal manera que capaciten al alumno para la posterior aplicación de métodos y teorías avanzadas, en su desarrollo profesional en áreas de la Ingeniería Mecánica y así mismo le doten de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- Aplicar adecuadamente las estrategias propias de la metodología científica: analizar la situación problemática cualitativa y cuantitativamente; plantear hipótesis y soluciones para la resolución de problemas propios del Diseño de Máquinas, en el campo de la Ingeniería Mecánica. Comprender e interpretar los resultados.
- Expresar correctamente, utilizando los medios apropiados, los conocimientos teóricos, métodos de resolución, resultados y aspectos inherentes a la problemática que plantea el cálculo, construcción y ensayo de máquinas, dentro de la Ingeniería Mecánica, utilizando el vocabulario y la terminología específicos de la materia.
- Desarrollar diseños, proyectos y procesos en el ámbito del Diseño de Máquinas, y dentro del campo de la Ingeniería Mecánica. Así como realizar mediciones, cálculos, estudios, informes y otros trabajos análogos, relacionados con situaciones problemáticas que puedan plantearse en el ámbito de la especialidad.
- Conocer, comprender, interpretar y aplicar correctamente la legislación, especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento en el Diseño de Máquinas, dentro del campo de la Ingeniería Mecánica.

3. Prerrequisitos

Para la comprensión y aplicación práctica de las teorías y metodologías de diseño presentadas, es necesario que el alumno cuente con conocimientos previos adquiridos de Mecánica y Resistencia de Materiales así como nociones de Cinemática y Dinámica de Máquinas.

4. Descripción

El ingeniero mecánico se enfrenta en su vida profesional a muchas situaciones en las que debe diseñar, analizar, interpretar fallos, rediseñar, mantener o seleccionar diferentes elementos de máquina de forma eficiente. Este proceso exige hacer una serie de consideraciones sobre los requisitos de rendimiento o desempeño de cada elemento a nivel individual, así como las

interacciones entre estos elementos al funcionar de forma conjunta para constituir una máquina. Este curso pretende ofrecer herramientas para ejecutar todas las operaciones anteriormente descritas. El número total de créditos asignados son 9 ECTS, lo que corresponde a 225 horas de dedicación. En el cronograma adjunto cada semana corresponde a 15 horas de dedicación estimada.

5. Programa

Los contenidos teórico-prácticos abordados en Diseño de Máquinas se dividen en los siguientes apartados principales:

- *Capítulo I: Introducción lógica y unificada al diseño de máquinas.*

Se presentan los criterios de diseño, además del diseño y análisis de una máquina (cálculos aproximados, modelización por elementos finitos y prototipos). En cuanto a la selección de materiales, se resumen las características cualitativas y cuantitativas que deben de tenerse en consideración. El concepto de coeficiente de seguridad se presenta debido a su importancia a lo largo de los siguientes temas.

- *Capítulo II: Comportamiento de los materiales sometidos a solicitaciones estáticas. En concreto, se estudiarán las concentraciones de tensiones, las teorías de fallo y la mecánica de la fractura.*

Las concentraciones de tensión deben tenerse en cuenta en el diseño de cualquier elemento mecánico, por lo que se considera como un sujeto independiente en el libro. Los diagramas de deformación se presentan para indicar los diversos comportamientos que presentan los distintos materiales y después se analiza la influencia de la concentración de tensiones dependiendo del material de la pieza. Este tema finaliza mostrando técnicas para reducir las concentraciones de tensión.

En materiales dúctiles, las teorías de Von Mises y Tresca son las teorías de fallo más extendidas y en el caso de los materiales frágiles Coulomb-Mohr, aunque también se mencionan otras teorías de fallo, como es el caso de Rankine. Tras presentar las teorías de fallo, la mecánica de la fractura cierra este capítulo con el análisis de la tensión del borde de la grieta y el método de la tensión crítica crítica.

- *Capítulo III: Métodos de análisis clásicos de materiales bajo cargas variables de fatiga, tanto en el caso de tensiones uniaxiales como multiaxiales.*

El tema correspondiente a la tensión uniaxial alterna comienza con una introducción a la fatiga, siguiendo la descripción exhaustiva del método de ensayo y finalizando con la influencia de los coeficientes límite de fatiga y la influencia de las concentraciones de tensión.

Los casos en los que la tensión uniaxial media + alterna se encuentran combinadas cuentan con otro tema, donde se muestran ensayos de fatiga con componente media no nula y la interpretación de la superficie de los resultados obtenidos de estas pruebas. Para finalizar, se estudia la influencia de las concentraciones de tensiones y el coeficiente de seguridad sobre la superficie obtenida de los ensayos.

En la realidad, la mayoría de las máquinas están sometidas a diferentes esfuerzos y en el curso aparece un tema específico para cuantificar el daño acumulado generado por los esfuerzos medios y variables. Se presenta el concepto de daño acumulado y el método de Palmgren – Miner para estimarlo.

El último tema del presente capítulo describe un cálculo teórico de la fatiga generada por tensiones multiaxiales.

- *Capítulo IV: Visión general del Método de Elementos Finitos en el entorno del diseño mecánico por ordenador.*

Hoy la Modelización por Elementos Finitos (MEF) es ampliamente utilizado en el diseño de máquinas y se presenta un capítulo específico que contiene: el desarrollo de productos

mediante elementos finitos, la introducción al MEF y la base de la organización del programa intuitivo (Preprocesado, Procesador y Posprocesador) y ejemplos.

- *Capítulo V: Diseño de los principales elementos de máquinas ampliamente utilizados en ingeniería mecánica, como son los ejes, embragues, frenos, correas, rodamientos y uniones atornilladas.*

Los ejes son unos elementos muy importantes en el diseño mecánico y este tema se presenta desglosado en los siguientes puntos: introducción, configuración geométrica, diseño de ejes en base a tensiones, deflexiones y vibraciones, cálculo mediante el código ASME y el diseño de otros elementos asociados al eje.

El cálculo del módulo de los engranajes cilíndricos se basa en el desarrollo matemático del módulo en base al criterio de la deflexión (ecuación de Lewis) y a fallos superficiales (ecuación de Hertz).

Tras la introducción de la transmisión por correas, se describen los tipos de correas, su estructura interna y el patrón de comportamiento de las correas en V. El diseño de la transmisión trapezoidal de la correa incluye el cálculo teórico y la selección comercial del catálogo (Texrope).

En los embragues se explica la base y el comportamiento del cálculo de dos tipos de embragues de fricción: de disco y los cónicos. En el último punto de este tema, se analizan algunos aspectos a considerar en el diseño de embragues.

En el tema de frenos, se examina cada tipo: de cinta, de zapata (externos e internos) y los frenos de disco, analizando los mecanismos de frenado basados en cada tipo. Además de las funciones y mecanismos, también se presentan ecuaciones de cálculo y se termina el tema con algunos aspectos a considerar en el diseño de frenos.

En cuanto a los rodamientos de bolas, en la introducción se profundiza en los parámetros de la vida del rodamiento y su cálculo (fiabilidad, parámetros, etc.). Se estudian los rodamientos de bolas, los rodamientos de rodillos cilíndricos y los rodamientos de rodillos cónicos, considerando que se aplica una carga única y constante en los tres casos. En otro punto se tiene en cuenta cuando el rodamiento se somete a cargas variables. Una vez realizada la selección, se incluyen aspectos importantes para un buen funcionamiento como son la lubricación, alineación y el montaje de los rodamientos.

Las uniones atornilladas son muy útiles para sistemas mecánicos debido a los beneficios que ofrecen. Una vez explicados los conceptos básicos en la introducción, se presenta la importancia de la precarga. Se estudia el comportamiento de las uniones sometidas a esfuerzos axiales y también cortantes. Finalmente, se describen los métodos de aplicación de precarga del tornillo.

6. Metodología

Este curso cuenta con material de estudio, un ejercicio resuelto y un test de autoevaluación para cada uno de los temas tratados.

En el apartado de material de estudio, se presenta documentación donde se explican los conceptos teóricos de los distintos temas que componen el curso.



En la modalidad de ejercicio resuelto, en cada uno de los temas tratados (excepto los temas puramente teóricos) se planteará y resolverá paso a paso un problema representativo. De esta forma, se busca que el alumno asimile mejor y complemente los conceptos propios de cada tema. Por otra parte, cada tema contará con un test de autoevaluación para que el alumno pueda evaluarse de los de conocimientos adquiridos.

7. Cronograma

El espacio temporal de 15 semanas se considera el adecuado para poder asimilar todos los conceptos trabajados a lo largo de este curso según la siguiente planificación:

Capítulo	Tema	Semanas														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	1 <i>Introducción</i>	■														
	2 <i>Concentraciones de tensiones</i>	■														
	3 <i>Teorías de fallo</i>		■													
II	4 <i>Fatiga uniaxial</i>			■												
	5 <i>Fatiga uniaxial, componente media no nula</i>				■											
	6 <i>Daño acumulativo</i>					■										
	7 <i>Fatiga multiaxial</i>						■									
III	8 <i>Elementos finitos</i>						■									
IV	9 <i>Ejes</i>							■	■							
	10 <i>Cálculo del módulo del engranaje</i>									■						
	11 <i>Correas</i>										■					
	12 <i>Embragues</i>											■				
	13 <i>Frenos</i>												■	■		
	14 <i>Rodamientos</i>														■	■
	15 <i>Uniones atornilladas</i>															■

8. Bibliografía

La bibliografía básica se encuentra compuesta por los 15 temas del material de estudio.

Además de los recursos bibliográficos fundamentales para poder adquirir las competencias definidas en este curso, a continuación se muestran referencias que permiten al alumno profundizar en su fase de adquisición de conocimientos. Cada libro se asocia a uno o varios temas de estudio:

- *Tema 2 y 3: Comportamiento de los materiales sometidos a solicitaciones estáticas*
Avilés, R., Métodos de análisis para diseño mecánico: Diseño mecánico y análisis estático, Publicaciones ETSI Bilbao (2003).
- *Temas 4 – 7: Métodos de análisis clásicos de materiales bajo cargas variables de fatiga*
Avilés, R., Métodos de cálculo de fatiga para ingeniería, Paraninfo (2015).



- *Tema 8: Visión general del Método de Elementos Finitos*
Avilés, R., Métodos de análisis para diseño mecánico: elementos finitos en estática, Publicaciones ETSI Bilbao, Bilbao (2003).
Madenci, E., Guven, I., The finite element method and applications in engineering using Ansys, Springer, New York (2006)
- *Temas 9 – 15: Diseño de los principales elementos de máquinas*
Budynas, R.G., Nisbett J.K., Shigley's mechanical engineering design, McGraw-Hill, New York (2011).
Norton, R.L., Machine design: an integrated approach, Prentice Hall, New Jersey (2000).
Juvinall, R.C., Marshek, K.M., Fundamentals of machine component design, Wiley, New York (1991).
Spotts, M.F., Shoup, T.E. Hornberger, L.E., Design of machine elements, Pearson/Prentice-Hall, New Jersey (2004).
Niemann, G., Machine elements: design and calculation in mechanical engineering, Springer, Berlin (1978).
Deutschmann, A.D., Wilson, C.E., Machine design: theory and practice, Macmillan, New York (1975).
Bickford, J.H., An introduction to the design and behavior of bolted joints, CRC Press, New York (1995)