

## PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2017-2018

Identificación y características de la asignatura											
Código	501329	Créditos ECTS	6								
Denominación (español)	<b>Diseño de Máquinas</b>										
Denominación (inglés)	Machine Design										
Titulaciones	Grado en Ingeniería Mecánica (Rama Industrial) Grado en Ingeniería de Materiales										
Centro	Escuela de Ingenierías Industriales										
Semestre	6º	Carácter	Obligatoria /Optativa								
Módulo	Tecnología Especifica Mecánica (TE)/Optatividad										
Materia	Teoría, Diseño y Cálculo de Máquinas Diversificación en Ingeniería Mecánica										
Profesor/es											
Nombre	Despacho	Correo-e	Página web								
Consuelo Gragera Peña	D.0.11	cgragera@unex.es	<a href="http://campusvirtual.unex.es">http://campusvirtual.unex.es</a>								
Manuel Reino Flores	D.0.04	mreino@unex.es	<a href="http://campusvirtual.unex.es">http://campusvirtual.unex.es</a>								
Área de conocimiento	Ingeniería Mecánica										
Departamento	Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales										
Profesor coordinador (si hay más de uno)	Consuelo Gragera Peña										
Competencias (ver <a href="#">tabla</a> )											
Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias Especificas FB	Marcar con una "X"	Competencias Especificas CRI	Marcar con una "X"	Competencias Especificas TE	Marcar con una "X"
CB1	X	CG1	X	CT1	X	CEFB1		CECRI1		CETE1	
CB2	X	CG2	X	CT2	X	CEFB2		CECRI2		CETE2	X
CB3	X	CG3	X	CT3	X	CEFB3		CECRI3		CETE3	
CB4	X	CG4	X	CT4	X	CEFB4		CECRI4		CETE4	
CB5	X	CG5	X	CT5	X	CEFB5		CECRI5		CETE5	
		CG6	X	CT6	X	CEFB6		CECRI6		CETE6	
		CG7	X	CT7	X			CECRI7		CETE7	
		CG8	X	CT8	X			CECRI8		CETE8	
		CG9	X	CT9	X			CECRI9		CETE9	
		CG10	X	CT10	X			CECRI10		CETE10	
		CG11	X					CECRI11		CETE11	
								CECRI12			
Temas y contenidos											
Breve descripción del contenido											
Técnicas y modelos cuantitativos necesarios para el proceso de diseño de los elementos de los que consta una máquina, con cargas estáticas y cálculos a fatiga, de tornillos, engranajes, correas, cadenas, resortes, ejes y elementos de fijación, rodamientos, cojinetes, embragues, limitadores, frenos y acoplamientos.											

<b>Temario de la asignatura</b>
<p>Denominación del tema 1: <b>INTRODUCCIÓN: TENSIONES Y DEFORMACIONES (1 hora).</b></p> <p>Contenidos del tema 1: Introducción. Tensión y deformación. Factores de seguridad y códigos de diseño. Tensiones y direcciones principales. Componentes. Flexión pura. Esfuerzo cortante. Torsión. Pandeo. Tensiones en cilindros. Materiales empleados en la construcción de máquinas.</p>
<p>Denominación del tema 2: <b>CARGAS ESTÁTICAS (2 horas).</b></p> <p>Contenidos del tema 2: Introducción. Teoría de la Energía de Deformación (Von Mises). Teoría del Esfuerzo Cortante Máximo (Tresca). Comparación de ambas teorías. Fallo de materiales frágiles (Coulomb-Mohr Modificada). Concentración de Esfuerzo.</p>
<p>Denominación del tema 3: <b>FATIGA (7 horas).</b></p> <p>Contenidos del tema 3: Introducción. Duración del esfuerzo. Medida de la fatiga. Límite de Fatiga. Resistencia a la Fatiga. Factores que influyen en el Límite de Fatiga. Diagramas S-N. Efecto de los Concentradores de Tensión. Diseño para esfuerzos uniaxiales fluctuantes. Esfuerzos de amplitud variable. Método de Rainflow. Combinación de Esfuerzos. Diseño a esfuerzos multiaxiales. Mecánica de la fractura.</p> <p>Actividades prácticas: Seminario (1 hora): Repaso de conceptos básicos de cálculo estático y análisis de elementos fundamentales en máquinas.</p>
<p>Denominación del tema 4: <b>CONTACTO SUPERFICIAL Y DESGASTE (3,5 horas).</b></p> <p>Contenidos del tema 4: Introducción. Clases de desgaste. Desgaste por adhesión. Desgaste por abrasión. Desgaste por erosión y corrosión. Fatiga superficial. Esfuerzos dinámicos de contacto.</p> <p>Actividades prácticas: Prácticas de laboratorio (2 horas): Compresores: Pernos de cierre del cilindro, diseño de cigüeñal y biela, casquillos de biela y suspensiones.</p>
<p>Denominación del tema 5: <b>EJES (5,5 horas).</b></p> <p>Contenidos del tema 5: Introducción. Elementos de fijación y concentradores de tensión. Materiales para ejes. Tensiones estáticas, alternantes simples y combinadas. Deflexión en ejes.</p> <p>Actividades prácticas: Seminario (1 hora): Análisis a fatiga con cargas de amplitud variable. Prácticas de ordenador (2,5 horas): Introducción a Solid Works Simulation. Análisis a fatiga de piezas sometidas a ciclos de carga de amplitud constante.</p>
<p>Denominación del tema 6: <b>ACOPLAMIENTOS, JUNTAS, CHAVETAS, AJUSTES Y SUJECIONES (3,5 horas).</b></p> <p>Contenidos del tema 6: Introducción. Chavetas y chaveteros. Ranuras. Tornillos. Ajustes de interferencia. Acoplamiento rígidos. Acoplamiento flexibles. Acoplamiento de Junta. Elementos de sujeción. Juntas.</p>
<p>Denominación del tema 7: <b>TORNILLOS Y SUJETADORES (6 horas).</b></p> <p>Contenidos del tema 7: Introducción. Fabricación de roscas y designación estándar de roscas. Cálculo de tornillos de potencia. Esfuerzos en las roscas. Tipos de sujetadores. Pernos para carga estática y dinámica. Precarga en uniones atornilladas. Par de apriete. Sujetadores a cortante.</p> <p>Actividades prácticas:</p>

Seminario (1 hora): Cálculo de precarga en uniones atornilladas  
Prácticas de laboratorio (3 horas): Diseño de tornillos de sujeción en acoplamientos rígidos.

Denominación del tema 8: **RESORTES (5,5 horas).**

Contenidos del tema 8: Introducción. Materiales para resortes. Parámetros del resorte. Resortes Helicoidales de compresión. Resortes Helicoidales a extensión. Resortes de Torsión Helicoidales. Resortes de hojas. Ballestas. Arandelas Belleville

Actividades prácticas:

Prácticas de laboratorio (3 horas): Cálculo y diseño de resortes.

Denominación del tema 9: **EMBRAGUES Y FRENOS (1,5 horas).**

Contenidos del tema 9: Introducción. Tipos de embragues y frenos. Embragues y frenos de disco. Embrague y frenos de tambor. Autobloqueo. Zapatas articuladas. Embragues y frenos cónicos. Materiales de fricción.

Denominación del tema 10: **RODAMIENTOS (3 horas).**

Contenidos del tema 10: Introducción. Tipos de rodamientos. Fallo de rodamientos.

Selección de rodamientos. Cargas radiales y de empuje combinadas.

Actividades prácticas:

Prácticas de ordenador (2 horas): Análisis a fatiga mediante Solid Works. Simulación de piezas sometidas a ciclos de carga de amplitud variable.

Denominación del tema 11: **COJINETES DE DESLIZAMIENTO Y LUBRICACIÓN (8 horas).**

Contenidos del tema 11: Introducción. Rozamiento en cojinetes no lubricados. Lubricantes. Tipos de lubricación. Diseño de cojinetes con lubricación marginal. Teoría de la lubricación hidrodinámica. Tipos de cojinetes. Cojinetes con lubricación a presión. Contactos no concordantes.

Actividades prácticas:

Seminario (1 hora): Selección de cojinetes y rodamientos

Prácticas de laboratorio (3 horas): Esfuerzos sobre árbol de levas y rodamientos. Ajustes y tolerancias. Selección de materiales.

Denominación del tema 12: **DISEÑO DE ENGRANAJES (5 horas).**

Contenidos del tema 12: Introducción. Fuerzas en Engranajes Rectos. Fórmula de Lewis. Método de Diseño de AGMA. Resistencia a la fatiga por flexión y superficial. Elección del material. Diseño de una Transmisión de Engranajes.

Actividades prácticas:

Prácticas de laboratorio (3 horas): Diseño de engranajes mediante el método AGMA.

### Actividades formativas

Horas de trabajo del alumno por tema		Presencial					No presencial
Tema/Evaluación	Total	GG	S	O	L	TP	EP
1	5	1					4
2	7	2					5
3	16	6	1				9
4	9,5	1,5			2		6
5	13,5	2	1	2,5			8
6	9,5	2				1,5	6
7	12	2	1		3		6

8	11,5	2,5			3		6
9	7,5	1,5					6
10	9	1		2			6
11	14	2,5	1		3	1,5	6
12	11,5	2			3		6,5
<b>Evaluación del conjunto</b>	<b>24</b>	<b>4</b>					<b>20</b>
<b>Total</b>	<b>150</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>4,5</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>94,5</b>

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).

S: Seminario (clases de problemas, seminarios, casos prácticos = 40 estudiantes).

O: Ordenador (prácticas en sala de ordenadores = 30 estudiantes).

L: Laboratorio (prácticas de laboratorio o de campo = 15 estudiantes).

TP: Tutorías programadas (seguimiento docente tipo tutorías ECTS).

EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo y lectura de bibliografía.

### Metodología

De entre las metodologías docentes incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

Metodologías docentes	Se indican con una "X" las utilizadas
1. Explicación y discusión de los contenidos teóricos	X
2. Resolución, análisis y discusión de ejemplos de apoyo o de problemas previamente propuestos	X
3. Exposición de trabajos previamente encargados a los estudiantes	X
4. Desarrollo en laboratorio, aula de informática, campo, etc., de casos prácticos	X
5. Resolución de dudas puntuales en grupos reducidos, para detectar posibles problemas del proceso enseñanza-aprendizaje y guía en los trabajos, prácticas y estudio del estudiante	X
6. Búsqueda de información previa al desarrollo del tema o complementaria una vez que se han realizado actividades sobre el mismo	X
7. Elaboración de trabajos, individualmente o en grupos	X
8. Estudio de cada tema, que puede consistir en: estudios de contenidos, preparación de problemas o casos, preparación del examen, etc.	X

Los alumnos tendrán a su disposición apuntes y diferentes materiales de estudio elaborados por los profesores. La gestión del curso se apoyará en el Campus Virtual (plataforma Moodle de AVUEX). La asignatura se imparte mediante clases teóricas alternadas con clases de problemas y prácticas y visualización de videos y simulaciones que ilustran la teoría. Conforme se va desarrollando la asignatura, se sugiere al alumno la lectura adicional de los libros de la bibliografía y recursos electrónicos que se corresponden con la parte del temario en curso. En resumen, la metodología que se utilizará en el desarrollo de la asignatura se compone de las etapas siguientes:

A.) Desarrollo de los contenidos teóricos (Grupo Grande).

Los profesores realizan la exposición de los contenidos teóricos de los diversos temas del programa de la asignatura a lo largo del desarrollo del curso. En el inicio de cada tema se realizará una introducción sobre los objetivos e interés del tema a tratar. Seguidamente se desarrollarán los conceptos fundamentales, con ejemplos y aplicaciones prácticas relacionadas con la Ingeniería. Una vez finalizada la exposición del tema se realizará un resumen del mismo y se aclararán las dudas que puedan surgir al respecto.

B.) Resolución de ejercicios y problemas.

Los profesores resolverán ejercicios y problemas tipo en cada uno de los temas que han sido previamente facilitados a los alumnos con la suficiente antelación para que puedan trabajar en los mismos de forma no presencial. Se realizará una puesta en común de los resultados, para detectar y corregir posibles dudas y, por último, se discutirá el proceso de resolución.

C.) Realización de prácticas de laboratorio y ordenador.

Las prácticas de laboratorio y de ordenador se desarrollaran en las condiciones especificadas por los profesores. El alumno deberá entregar una memoria de las prácticas en las fechas establecidas, que será puntuable en la nota final.

### Resultados de aprendizaje

Conocer y comprender el fenómeno de fatiga que se da en los elementos que forman parte de una máquina.

Conocer y aprender a calcular los principales parámetros que se usan en la medición de la fatiga y confeccionar los Diagramas S-N.

Aprender a aplicar, según el caso, los principales criterios de fallo de las piezas constituyentes de elementos de máquinas.

Aprender a obtener los coeficientes de seguridad en el diseño de elementos de máquinas sometidos a distintos sistemas de carga a partir de los diferentes criterios de diseño y aplicando los factores de corrección necesarios.

Aprender a diseñar y dimensionar los principales elementos que forman parte de las máquinas (ejes, acoplamientos, pernos, resortes, embragues y frenos, correas, cadenas, engranajes y rodamientos).

Capacitar al alumno para evaluar las alternativas de diseño posibles considerando las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas y teniéndose en cuenta diversos factores.

Conocer el proceso de desgaste y contacto superficial que se origina en los elementos que forman parte de una máquina.

Analizar, razonar y desarrollar individualmente y en equipo las diferentes soluciones de diseño de los elementos constituyentes de máquinas que logren satisfacer determinadas necesidades.

### Sistemas de evaluación

#### **Criterios de evaluación**

Se valorará sobre todo la comprensión de los conceptos y exposición de los mismos utilizando el vocabulario técnico adecuado y preciso. En la evaluación de los problemas se primará el desarrollo analítico y la comprensión del enunciado sobre la exactitud de las operaciones. Se valorará el hecho de que las operaciones y planteamientos se acompañen de una breve explicación y justificación de los mismos. La ignorancia de la teoría durante su aplicación a ejercicios y problemas implicará una calificación de cero. No se puntuarán las exposiciones que no sean perfectamente claras, con ambigüedades o indebidamente justificadas.

En resumen los criterios de evaluación se recogen en los puntos siguientes:

**CE1:** Conocimiento y comprensión de los principales conceptos teóricos desarrollados en la asignatura (Relacionado con las competencias CETE2, CT1, CG3, CG6, CB1).

**CE2:** Capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de cuestiones y problemas relacionados con el Diseño de Máquinas (Relacionado con las competencias CETE2, CT2, CT4, CG4, CG5, CG11, CB2).

**CE3:** Habilidad para la realización, participación activa y exposición con claridad de trabajos prácticos en el laboratorio, ordenadores y específicos dirigidos sobre el Diseño de Máquinas teniéndose en cuenta la capacidad de los estudiantes para trabajar en equipo

(Relacionado con las competencias CETE2, CT3, CT5, CT6, CT7, CT9, CG2, CG5, CG9, CG10, CB4, CB5).

**CE4:** Dominio de las diversas herramientas relacionadas con la materia dando al estudiante la capacidad de tener un planteamiento y razonamiento lógico dentro del campo de Diseño de Máquinas distinguiendo lo fundamental de lo que no lo es, así como la forma de expresarse y exponer sus conocimientos (Relacionado con las competencias CETE2, CT8, CT10, CG1, CG4, CG7, CG8, CB3, CB5).

### Actividades de evaluación

De entre las actividades de evaluación incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

	Rango establecido en la memoria verificada	Convocatoria ordinaria	Convocatoria extraordinaria	Evaluación global (*)
1. Examen final teórico/práctico y/o exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios.	0%-80%	70%	70%	70%
2. Aprovechamiento de actividades prácticas realizadas en: aula, laboratorio, sala de ordenadores, campo, visitas, etc.	0%-50%	30% (NR)	30% (NR)	30%
3. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo (GG, SL, ECTS).	0%-50%			
4. Participación activa en clases	0%-10%			---
5. Asistencia a las actividades presenciales.	0%-10%			---

(\*) El estudiante comunicará al profesor por escrito el tipo de evaluación elegido en las tres primeras semanas de cada semestre y el profesor remitirá la correspondiente relación a la Comisión de Calidad de la Titulación. Cuando un estudiante no realice esta comunicación, se entenderá que opta por la evaluación continua. Una vez elegido el tipo de evaluación, el estudiante no podrá cambiar en la convocatoria ordinaria de ese semestre y se atenderá a la normativa de evaluación para la convocatoria extraordinaria.

Se utilizará un sistema de evaluación continua que tendrá en cuenta la elaboración de la memoria de las prácticas de laboratorio/ordenador (**P**) y el examen final (**EF**). Teniendo en cuenta estas actividades la calificación final de la asignatura se obtiene de la siguiente forma:

$$\text{Nota final} = (0,70 \times \text{Nota EF}) + (0,3 \times \text{Nota P})$$

a) **Examen final teórico/práctico** de la asignatura. Puede incluir distintas partes (prueba objetiva tipo test, problemas prácticos y/o cuestiones teórico-prácticas). Su peso en la calificación de la nota final será del **70%**. Esta actividad es recuperable en convocatoria extraordinaria. Los alumnos acudirán a los exámenes con los elementos de cálculo y dibujo y la documentación, en su caso, que se les haya especificado a lo largo del curso.

Para aprobar la asignatura es necesario obtener una calificación mínima de 4 en esta actividad de evaluación.

b) **Sesiones prácticas de ordenador y laboratorio** con la realización de memoria de prácticas. Su peso en la calificación de la nota final será del **30%**. La asistencia a dichas

sesiones no es obligatoria. Esta actividad es NO recuperable en convocatoria extraordinaria. No obstante, la calificación obtenida en la convocatoria ordinaria se tendrá en cuenta para la convocatoria extraordinaria.

Se calificará como "No presentado" al alumno que no haya realizado ninguna de las actividades descritas en los apartados anteriores.

La evaluación global tendrá lugar el mismo día asignado al examen final de cada convocatoria por la Subdirección de Ordenación Académica de la E.II.II. Constará de las siguientes pruebas:

- Examen final: prueba escrita con cuestiones teórico/prácticas y/o problemas, con un peso en la calificación final del 70%.
- Examen de prácticas: medición, montaje y verificación de prácticas de laboratorio y/o ordenador, con un peso en la calificación final del 30%.

### **Bibliografía y otros recursos**

#### **Bibliografía básica**

- B1. Apuntes de la asignatura: "Apuntes de Diseño de Máquinas". Consuelo Gragera Peña y Manuel Flores Reino. E.II. UEX.
- B2. "Diseño de Máquinas", Norton, R.L. Prentice-Hall, 1999.
- B3. "Diseño en Ingeniería Mecánica", Shigley, J.E., Mischke, C.R.; 5ª ed., McGraw-Hill, 1990.

#### **Bibliografía complementaria**

- C1. "Métodos de Cálculo para Ingeniería. Metales", Rafael Avilés González. Paraninfo. 2015.
- C2. "Diseño de Elementos de Máquinas", Mott R.L. Prentice Hall, 1992. 4.
- C3. "Fundamentos de Mecanismos y Máquinas para Ingenieros", Calero R. y Carta J.A., McGraw-Hill, 1999.
- C4. "Análisis de Fatiga en Máquinas", Aviles R. Thomson, 2005.
- C5. "Elementos de Máquinas", Hamrock B.J., Jacobson B. and Schmid S.R. McGraw-Hill, 2001.

### **Otros recursos y materiales docentes complementarios**

- O1. <http://campusvirtual.unex.es/portal/>
- O2. <http://kmoddl.library.cornell.edu/>
- O3. <http://fsinet.fsid.cvut.cz/en/U2052/mechmat1.html>
- O4. <http://www.solidworks.es/>
- O5. <https://www.cs.cmu.edu/~rapidproto/mechanisms/>
- O6. <http://www.mecapedia.uji.es/>

### **Horario de tutorías**

Tutorías Programadas: El horario y lugar de las tutorías programadas se publicarán, mediante los procedimientos establecidos para ello, en cuanto sean oficialmente determinados por la Dirección del Centro.

Tutorías de libre acceso: El horario y lugar de las tutorías de libre acceso se publicarán, mediante los procedimientos establecidos para ello, en cuanto sean oficialmente aprobados por el Departamento.

### Recomendaciones

- Se considera imprescindible que el alumno posea conocimientos previos de Cinemática y Dinámica del Sólido Rígido, además de una base razonable de Cálculo y Álgebra. Se recomienda, por tanto, repasar los contenidos de Mecánica de las asignaturas de Física y las asignaturas de Matemáticas de primer curso del Módulo de Formación Básica (FB), así como las asignaturas de Mecanismos y Máquinas y Resistencia de Materiales del Módulo Común a la Rama Industrial (CRI).
- El seguimiento de la asignatura a lo largo del curso mediante la asistencia activa al aula y el estudio diario, así como la realización de los ejercicios que se editan con los apuntes correspondientes a cada uno de los temas.
- Igualmente, es conveniente la lectura previa del tema a desarrollar en clase que, como se ha comentado con anterioridad, estará disponible desde el inicio de la asignatura. A final de la explicación de cada tema se debe profundizar detalladamente en el mismo por si surgen algunas dudas que puedan ser aclaradas en ese momento. Esta es mejor manera de ir avanzando y afianzando los conocimientos dentro de la asignatura. También el alumno debe repasar y revisar los problemas resueltos en el aula y ejercitarse en la resolución de los problemas propuestos.
- La asistencia a las actividades prácticas de laboratorio y ordenadores participando activamente en su desarrollo y la realización de las memorias de prácticas correspondientes.
- El estudio y profundización seria del caso práctico/trabajo propuesto, así como la presentación y exposición del mismo en el plazo propuesto.
- La asistencia a las tutorías programadas y de libre acceso que le ayuden a seguir la materia y resolver dudas con el apoyo de la bibliografía especificada.
- Como recomendación común a la mayoría de asignaturas de Ingeniería, el estudio no ha de enfocarse desde un punto de vista "memorístico", sino desde un punto de vista "comprensivo" que permita al alumno enfrentarse con éxito a nuevas situaciones y casos prácticos.