

ANÁLISIS PREVIO DE LA TITULACIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Introducción

El análisis que resumimos en esta memoria ha sido realizado por los grupos de profesores firmantes de los proyectos “Fundamentos matemáticos y físicos de la Ingeniería Industrial”, “Diseño multidisciplinar e integrado de Planes Docentes en la titulación de Ingeniería Industrial”, y “Diseño coordinado de Planes Docentes de asignaturas relacionadas con los materiales, procesos de diseño y fabricación de componentes industriales”. Las conclusiones son el fruto de la discusión realizada en tres sesiones.

Este análisis no pretende ser un estudio exhaustivo y completo, ni tan siquiera técnicamente bien desarrollado, de los contextos en los que se debe desenvolver la titulación de Ingeniería Industrial. Esto es debido fundamentalmente a dos razones. En primer lugar, es evidente que no disponemos ni de los conocimientos ni del tiempo necesarios para llevarlo a cabo. Por otra parte, este mismo estudio está siendo realizado en estos momentos por especialistas mediante la elaboración de los llamados “libros blancos”. Con nuestro trabajo hemos pretendido simplemente contrastar opiniones sobre aspectos claves de nuestra docencia, y llegar a unos acuerdos básicos que permitan expresar algunas conclusiones.

Contexto profesional

Desde nuestro punto de vista, que corresponde quizás a una percepción académica, el ingeniero industrial es un titulado de perfil generalista dentro del contexto ingenieril, que debe haber adquirido las siguientes capacidades al final de sus estudios:

(Profesionales)

1. Identificar y formular problemas de ingeniería.
2. Resolver dichos problemas aplicando conocimientos científicos y técnicos o utilizando técnicas y herramientas actuales.
3. Analizar y valorar los resultados obtenidos y tomar decisiones.
4. Diseñar sistemas, componentes, procesos y procedimientos para alcanzar objetivos.

(Personales)

5. Funcionar en equipos multidisciplinarios.
6. Comunicar de forma efectiva
7. Entender el impacto de la técnica en un contexto social global
8. Ser capaz de reciclarse

En nuestra opinión es válida la lista de competencias, habilidades y conocimientos propuesta en el proyecto de elaboración de “libro blanco” de la titulación de Ingeniería Industrial. Esta lista se recoge en la tabla 1, que incluye una puntuación de 1 (poco considerada) a 4 (muy considerada) realizada por los profesores que participan en los proyectos mencionados.

Valoración de competencias, habilidades y conocimientos		1	2	3	4
1	Capacidad de análisis y síntesis				
2	Capacidad de organización y planificación				
3	Comunicación oral y escrita				
4	Conocimiento de lengua extranjera				
5	Conocimientos de informática				
6	Capacidad de gestión de la información				
7	Resolución de problemas				
8	Toma de decisiones				
9	Trabajo en equipo				
10	Trabajo en un contexto internacional				
11	Habilidades en las relaciones interpersonales				
12	Reconocimiento a la diversidad y la multiculturalidad				
13	Razonamiento crítico				
14	Compromiso ético				
15	Aprendizaje autónomo				
16	Adaptación a nuevas situaciones				
17	Creatividad				
18	Liderazgo				
19	Conocimiento de otras culturas y costumbres				
20	Iniciativa y espíritu emprendedor				
21	Motivación por la calidad y mejora continua				
22	Sensibilidad por temas Medioambientales				
23	Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica				
24	Conocimientos básicos de la profesión				
25	Capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia				

Tabla1: Lista de competencias, habilidades y conocimientos

Contexto curricular

1. Itinerarios académicos

La figura 1 muestra un diagrama de bloques en el que se observan las relaciones existentes entre las asignaturas pertenecientes al Plan de Estudios¹ de la titulación de Ingeniero Industrial, y que figuran en los proyectos “Fundamentos matemáticos y físicos de

¹ Este Plan de Estudios fue aprobado el 25 de Julio de 1994 (BOE del 19-8-1994) y modificado el 22 de Octubre de 1998 (BOE del 12-11-1998).

la Ingeniería Industrial” y “Diseño coordinado de Planes Docentes de asignaturas relacionadas con los materiales, procesos de diseño y fabricación de componentes industriales”. Dado que las asignaturas contempladas en el proyecto “Diseño multidisciplinar e integrado de Planes Docentes en la titulación de Ingeniería Industrial” no fueron agrupadas atendiendo a criterios de afinidad, no las consideraremos en este punto. En la figura, las asignaturas incluidas en los proyectos aparecen en negrita. Los títulos subrayados se corresponden con la denominación común que aparece en el B.O.E. en el caso de las asignaturas troncales. Los números que aparecen entre paréntesis detrás del nombre de cada asignatura y que se encuentran separados por un punto, se refieren al curso y al cuatrimestre de impartición, respectivamente. A continuación comentaremos por separado la relación existente entre las asignaturas pertenecientes a cada uno de los proyectos.

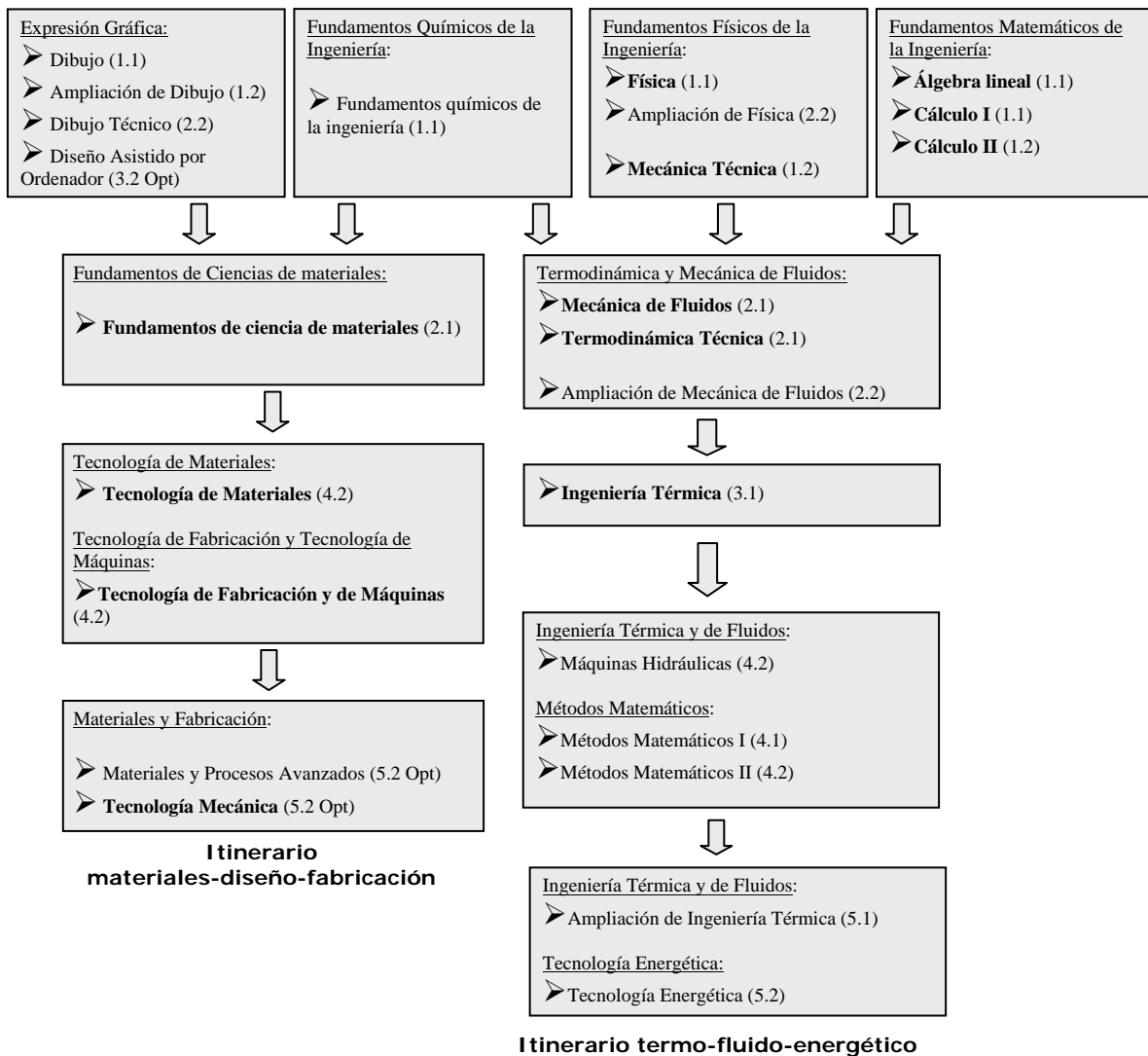


Figura 1: Diagrama de bloques

Proyecto “Fundamentos matemáticos y físicos de la Ingeniería Industrial”

Este proyecto engloba a un conjunto de asignaturas pertenecientes a un itinerario común que podríamos denominar “termo-fluido-energético”. En primer lugar, y dada la fuerte componente de cálculo que tienen estas materias, se puede afirmar que todas las asignaturas de Matemáticas estarían incluidas en este itinerario. Estas asignaturas son:

- *Álgebra lineal* (Troncal, 6 créditos, 1^{er} curso)
- *Cálculo I* (Troncal, 7,5 créditos, 1^{er} curso)
- *Cálculo II* (Troncal, 7,5 créditos, 1^{er} curso)
- *Métodos Matemáticos I* (Troncal, 6 créditos, 4^o curso)
- *Métodos Matemáticos II* (Troncal, 6 créditos, 4^o curso)

Las materias en las que se imparten conocimientos básicos de Física deben ser igualmente consideradas. Así, la asignatura *Física* (Troncal, 7,5 créditos, 1^{er} curso) incluye temas dedicados a la Mecánica, Teoría de Campos y Termodinámica Fundamental íntimamente relacionados con este itinerario. La asignatura *Ampliación de Física* (Troncal, 4,5 créditos, 2^o curso) dedica algunos temas a la Teoría Cinética de Gases, disciplina conectada con los fundamentos de la Mecánica de Fluidos. En la asignatura *Mecánica Técnica* (Obligatoria, 4,5 créditos, 1^{er} curso) se introducen conceptos de cinemática, se analizan los sistemas de fuerzas, y se establecen principios básicos muy útiles posteriormente.

La asignatura *Fundamentos Químicos de la Ingeniería* (Troncal, 6 créditos, 1^{er} curso) cierra el conjunto de asignaturas de primer año relacionadas con este itinerario. En esta materia se establecen, por ejemplo, los fundamentos químicos de la combustión que será considerada frecuentemente en el resto de las asignaturas.

Es de destacar la estrecha relación existente entre la Mecánica de Fluidos y la Termodinámica. En este sentido, es lógico encontrar un cierto solapamiento de los programas de las asignaturas relacionadas con estas materias. La asignatura *Termodinámica Técnica* (Troncal, 7,5 créditos, 2^o curso) desarrolla en detalle aspectos termodinámicos de la Mecánica de Fluidos. La asignatura *Termodinámica Técnica* también incluye lecciones dedicadas a problemas elementales de movimiento de fluidos. En el tercer curso de la titulación se imparte la asignatura *Ingeniería Térmica* (Obligatoria, 9 créditos, 3^{er} curso) que trata los fundamentos de la transmisión de calor y sus aplicaciones industriales. Se dedican varias lecciones al estudio de la transmisión de calor en sus tres formas (conducción, radiación y convección). La convección, con evidentes implicaciones fluidomecánicas, es tratada obviando detalles propios de la Mecánica de Fluidos. La formación del alumno en temas relacionados con la Termodinámica se completa con las asignaturas *Ampliación de Termodinámica* (Obligatoria, 6 créditos, 4^o curso) y *Ampliación de Ingeniería Térmica* (Troncal, 4,5 créditos, 5^o curso).

Con carácter general, podemos afirmar que las máquinas fluidodinámicas se dividen en máquinas hidráulicas y térmicas, según sea el régimen de compresibilidad del flujo que las

atraviesa (incompresible en las máquinas hidráulicas, y compresible en las térmicas). En este sentido, no debemos olvidar la relación (aunque sea indirecta) existente entre la asignatura *Máquinas Hidráulicas* y todas aquellas que analizan el funcionamiento de las máquinas térmicas. Por ejemplo, la asignatura *Termodinámica Técnica* (Troncal, 7,5 créditos, 2º curso) incluye en la actualidad temas dedicados a las turbinas de vapor y a los turbocompresores.

A lo largo de la titulación podemos encontrar varias asignaturas que analizan el funcionamiento de las turbinas (hidráulicas o de vapor). Así, las asignaturas *Tecnología Energética* (Troncal, 6 créditos, 5º curso), *Sistemas Energéticos* (Optativa, 6 créditos, 2º ciclo) y *Fuentes Alternativas de Energía* (Libre elección, 6 créditos) abordan este problema desde distintos puntos de vista. Debemos mencionar también la asignatura *Turbomáquinas* (Optativa, 6 créditos, 2º ciclo) impartida por el Área de Máquinas y Motores Térmicos del Departamento de Ingeniería Química y Energética. Esta asignatura está dedicada casi exclusivamente al estudio de las turbinas (hidráulicas y de vapor). El programa se completa con el análisis del funcionamiento de turbocompresores y turborreactores. También requiere una mención la asignatura *Aerogeneradores* (Optativa, 6 créditos, 2º ciclo) que desarrolla conceptos relacionados tanto con la Aerodinámica (y, por lo tanto, con la Mecánica de Fluidos) como con la maquinaria hidráulica.

Proyecto “Diseño coordinado de Planes Docentes de asignaturas relacionadas con los materiales, procesos de diseño y fabricación de componentes industriales”

Una de las posibles salidas profesionales del ingeniero industrial es el diseño de componentes industriales. En el plan de estudios de Ingeniería Industrial existen numerosas asignaturas que aportan conocimientos para que se pueda desarrollar esta labor. El proyecto “Diseño coordinado de Planes Docentes de asignaturas relacionadas con los materiales, procesos de diseño y fabricación de componentes industriales” engloba a algunas de ellas.

En primer lugar, deben considerarse las asignaturas relacionadas con la concepción espacial y la representación gráfica, como son: *Dibujo y Ampliación de Dibujo*, ambas impartidas por el departamento de Expresión Gráfica en el primer curso. En *Dibujo* se trabaja sobre la concepción espacial y las técnicas de representación de objetos. *Ampliación de Dibujo* entre otros contenidos, presenta la forma normalizada de preparar planos de componentes industriales (acotación, acabados superficiales, tolerancias y ajustes, uniones...).

También en primer curso, la asignatura *Física*, incluye temas en los que se explican los principios básicos de mecánica y electromagnetismo, necesarios para entender ciertos procesos de fabricación y el comportamiento de los materiales. En la asignatura *Fundamentos Químicos de la Ingeniería* se aportan conocimientos básicos para entender el comportamiento de los materiales en la fabricación de componentes industriales. Por ejemplo, se imparten temas sobre metales, su comportamiento y propiedades o sobre polímeros y su obtención.

Se pueden considerar relacionadas con este proyecto las asignaturas en las que se analiza el comportamiento de los componentes ante sollicitaciones externas. Por este

motivo, deberíamos mencionar las asignaturas *Mecánica* de primer curso y *Resistencia de Materiales I* de segundo curso.

La asignatura *Fundamentos de Ciencia de Materiales*, de segundo curso, desarrolla contenidos sobre los materiales usados en la fabricación de componentes industriales (metales, polímeros, cerámicos y compuestos), explicando las técnicas de obtención de los mismos y su comportamiento en servicio.

En tercer curso se encuentran las asignaturas que describen los componentes de máquinas *Teoría de Máquinas* y *Diseño de Máquinas*. Estas asignaturas aportan ciertos conocimientos sobre el funcionamiento de las máquinas utilizadas en fabricación (que se describirán, por ejemplo en *Tecnología de Fabricación y de Máquinas*). También describen ciertos componentes industriales que podrían ser objeto de diseño y su comportamiento en uso.

Las técnicas de fabricación de componentes industriales se imparten en cuarto curso. La asignatura *Tecnología de Fabricación y de Máquinas* incluye temas sobre metrología, técnicas de soldadura, técnicas de fabricación por deformación plástica, técnicas de corte, técnicas de fabricación por arranque de material. Por otro lado, la asignatura *Tecnología de Materiales* imparte conocimientos básicos de metalurgia y describe los procesos de fabricación por moldeo y por sinterización. Se produce un pequeño solapamiento entre ambas asignaturas al tratar las técnicas de soldadura. Sin embargo, cada una se centra en un aspecto diferente. *Tecnología de Materiales* se centra en los aspectos metalúrgicos de la soldadura y *Tecnología de Fabricación y de Máquinas* en la descripción de las técnicas y equipos de soldadura utilizados a nivel industrial.

Finalmente, se ofertan dos optativas en segundo ciclo para completar los conocimientos sobre materiales y fabricación de componentes industriales. En *Tecnología Mecánica* se estudian algunas técnicas de fabricación más modernas o menos frecuentes. También se considera la aplicación de Control Numérico a la fabricación de componentes. En *Materiales y Procesos avanzados* se presentan avances en materiales y técnicas de procesado y caracterización de los mismos.

2. Requisitos de acceso

Es nuestra opinión que debería existir un examen de ingreso elaborado por profesores de la Escuela de Ingenierías Industriales como requisito de acceso adicional a los requisitos generales ya existentes. Esta prueba de acceso debería evaluar, por un lado, los conocimientos adquiridos por el alumno durante la Educación Secundaria relacionados con la Ingeniería Industrial (Física, Matemáticas, Dibujo, Química, ...), y por otro, las capacidades intelectuales que le permitirán sacar provecho del proceso de aprendizaje que se desarrolla en la titulación.

Si este procedimiento de selección no pudiera ser articulado legalmente, sería conveniente establecerlo al menos con carácter orientativo o informativo, persiguiendo dos objetivos: (1) que el alumno conozca sus condiciones de partida en relación a la titulación que va a estudiar para fortalecer sus debilidades, o incluso para modificar su elección de carrera; y (2) que el centro de enseñanza conozca con fundamento los conocimientos y aptitudes con los que parten sus alumnos antes de iniciar los estudios universitarios, para de esta manera enfocar adecuadamente la docencia.

Este examen podría ser aprovechado por parte del centro para obtener otro tipo de información relevante acerca de sus estudiantes; por ejemplo, con qué prioridad eligieron la carrera de Ingeniería Industrial, o cuáles fueron sus calificaciones en la Educación Secundaria en asignaturas relacionadas con la titulación. Toda esta información permitiría realizar un análisis previo crucial para reducir al máximo el fracaso o el abandono de los estudios.

3. Estrategias de coordinación intra e interdepartamental en el marco de la titulación

En nuestra opinión la coordinación entre profesores de una misma titulación es una componente esencial para que la enseñanza sea de calidad. La coordinación debe abarcar distintos aspectos de la docencia. En una primera fase, es necesario establecer los Planes Docentes de las asignaturas de forma coordinada, evitando solapamientos, estableciendo itinerarios coherentes, unificando nomenclaturas, etc. En una segunda fase, se debe realizar un seguimiento de los planes acordados y evaluar de forma conjunta el grado de eficacia del proceso de aprendizaje planteado. La coordinación debe ser estimulada y dirigida por el Centro a través de la figura del Coordinador de la Titulación. Pensamos que no debería considerarse como algo “optativo”, sino como parte consustancial de nuestra labor docente.

Un procedimiento para elaborar los Planes Docentes de las asignaturas de la titulación podría constar de las siguientes etapas:

1. Profesores pertenecientes a un Área de Conocimiento se coordinan entre sí y con profesores de áreas afines (pertenecientes al mismo u a otro Departamento) para acordar los Planes Docentes de sus asignaturas.
2. Estos Planes Docentes se trasladan al Departamento responsable de la docencia para que sean aprobados como propuestas al Centro

3. El Coordinador de la Titulación recibe las propuestas y establece un procedimiento que involucre a los profesores implicados para realizar, si fuera el caso, alguna modificación del Plan Docente.
4. El Coordinador de la Titulación traslada los Planes Docentes revisados a los Departamentos para su aprobación definitiva.

En este esquema, el Departamento debe propiciar fundamentalmente la coordinación intradepartamental, mientras que el Centro, a través del Coordinador de la Titulación, debe asegurarse de que también tenga lugar la coordinación entre distintos Departamentos.

Plan Docente de una materia: “Tecnología de Materiales”

I. Descripción y contextualización

<i>Identificación y características de la materia</i>				
<i>Denominación</i>	Tecnología de Materiales			
<i>Curso y Titulación</i>	4º curso de Ingeniería Industrial (75 Ctos LRU)			
<i>Coordinador-Profesor/es</i>	José Mª Sánchez-Marín Pizarro / Mª Angeles Díaz Díez			
<i>Área</i>	Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica			
<i>Departamento</i>	Electrónica e Ingeniería Electromecánica			
<i>Tipo</i>	Troncal (4+3,5 ctos. LRU)		Avanzada (segundo ciclo)	
<i>Coeficientes</i>	Practicidad: 2		Agrupamiento: 3	
<i>Duración ECTS (créditos)</i>	Segundo Cuatrimestre		6 ECTS (162 h.)	
<i>Distribución ECTS rangos</i>	Grupo Grande: 30%	Seminario-Lab.: 6%	Tutoría ECTS: 1%	No presenciales: 63%
	1,8 ECTS (48h)	0,36 ECTS (10h)	0,06 ECTS (2 h.)	3,78 ECTS (102 h.)
<i>Descriptorios (según BOE)</i>	Procesos de conformación por moldeo. Sinterizado y Deformación. Técnicas de unión. Comportamiento en servicio: Corrosión, fatiga, desgaste y fractura. Defectología. Inspección y ensayos.			

II. Objetivos

<i>Relacionados con competencias académicas y disciplinares</i>	<i>Vinculación</i>
<i>Descripción</i>	<i>CET</i>
1.- Comprender el fundamento general de los métodos metalúrgicos de beneficio de menas.	
2.- Adquirir los conocimientos que gobiernan la Siderurgia y la Metalurgia de metales no féreos.	
3.- Centrar los fundamentos de la Metalurgia Secundaria.	
4.- Aprender a decidir el procedimiento de conformación idóneo para la producción de componentes mecánicos.	
5.- Adquirir los criterios para la decisión de producir componentes mecánicos por moldeo.	
6.- Discriminar entre métodos de moldeo en verde, químico, en coquilla y adquirir criterio de las ventajas de cada tecnología.	
7.- Adquirir el fundamento de los procesos de conformación de componentes mecánicos sin fusión del material.	
8.- Discriminar entre los procesos de conformación por sinterizado, por forja y por conformado superplástico.	
9.- Familiarizarse con los principales defectos que pueden surgir en la manufactura de componentes mecánicos y con los ensayos preceptivos para su detección.	
10.- Adquirir criterios para valorar las solicitaciones a que se hallan sometidos los componentes mecánicos en servicio.	
11.- Discriminar entre el comportamiento de los componentes mecánicos ante condiciones de servicio que entrañen corrosión, desgaste o fatiga así como el análisis de fracturas.	

<i>Relacionados con otras competencias personales y profesionales</i>	<i>Vinculación</i>
<i>Descripción</i>	<i>CET</i>
12.- Adquirir destreza en el análisis del diseño de componentes mecánicos y de la complejidad de las operaciones que entraña su manufactura.	
13.- Aprender a hacer balance económico de los diferentes procesos de manufactura a fin de seleccionar el más idóneo.	
14.- Familiarizarse con la terminología de fábrica o taller empleando expresiones y conceptos comprensibles por la mayoría.	
15.- Aprender a valorar los aspectos medioambientales compatibles con la consecución de productos de gran calidad.	
16.- Aprender a buscar la información necesaria para la resolución de problemas ingenieriles relacionados con la manufactura.	

La asignatura en el Plan de Estudios

El Plan de Estudios para las titulaciones de Ingeniero Industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura fue aprobado el 25 de Julio de 1994 (BOE del 19-8-1994) y modificado el 22 de Octubre de 1998 (BOE. del 12-11-1998). Este Plan de Estudios establece que en el cuarto curso de la titulación de Ingeniero Industrial se impartirá la asignatura troncal cuatrimestral “*Tecnología de Materiales*”, con una asignación de 7,5 créditos (4,5 créditos teóricos y 3 créditos prácticos). Los descriptores marcados por el BOE para dicha asignatura son: *Procesos de conformación por moldeo. Sinterización y deformación. Técnicas de unión. Comportamiento en servicio: corrosión, fatiga, desgaste y fractura. Defectología. Inspección y ensayos.*

A lo largo de esta sección comentaremos brevemente la relación existente entre la asignatura *Tecnología de Materiales* y aquéllas asignaturas troncales, obligatorias y optativas que le son afines. Para ello hemos utilizado como fuente de información los programas oficiales de las asignaturas que publica la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura.

Existe una evidente relación entre la asignatura *Tecnología de Materiales*, y las asignaturas de *Fundamento de Ciencia de Materiales, Materiales y Procesos Avanzados, Tecnología Mecánica y Tecnología de Fabricación y Tecnología de Máquinas*. Los fundamentos de la moderna “*Ciencia e Ingeniería de Materiales*” se explican en la primera, mientras que en las demás se aplican dichos fundamentos al estudio de los principales procesos tecnológicos y que poseen, además, un destacado interés industrial..

III. Secuenciación de bloques temáticos y temas e interrelación

<i>Secuenciación de bloques temáticos y temas</i>	
1. Fundamentos de Metalurgia	
1.1.- Metalurgia Extractiva 1.2.- Siderurgia 1.3.- Metalurgia de metales no férreos.	
2. Procesos de conformado por moldeo de componentes mecánicos	
2.1.- Moldeo en arena. 2.2.- Moldeo mecánico en arena. 2.3.- Moldeos en arena no convencionales. 2.4.- Moldeo en coquilla. 2.5.- Acabado y control de la fundición. 2.6.- Diseño y proyecto de piezas fundidas. 2.7.- Organización de instalaciones en una fundición.	
3. Procesos de conformado por moldeo de componentes no metálicos	
3.1.- Conformado de polímeros. 3.2.- Conformado de cerámicos. 3.3.- Conformado de materiales compuestos.	
4. Procesos de conformado sin fusión	
4.1.- Termofluencia. 4.2.- Procesos de termoconformado. 4.3.- Metalurgia de polvos.	
5. Defectología	
5.1.- Principales defectos de piezas manufacturadas. 5.2.- Métodos de ensayo para la detección de defectos.	
6. Técnicas de unión	
6.1.- Unión por soldadura. 6.2.- Metalurgia de la soldadura. 6.3.- Unión por adhesivos.	
7. Comportamiento en servicio	
7.1.- Deterioro por oxidación-corrosión . Sistemas de protección. 7.2.- El proceso de fatiga. 7.3.- Desgaste y fractura.	

<i>Interrelación</i>			
<i>Requisitos (Rq) y redundancias (Rd)</i>		<i>Tema</i>	<i>Procedencia</i>
Fundamentos de Ciencia de materiales	Rq	1, 3, 4,7	Fund.C.M. (2° de II. II. e I.T.I.)
Procesos de fabricación	Rd	1, 2,4,5,6	Tecnol. Mec. (Opt de II. II).
Procesos de fabricación	Rd	4,6	Tec. De fabric.y Tec. De Maq. (Tr.II. II.)
Tecnología Mecánica	Rd	12,3,4,5,6	Tecn.Mec. (2° de I.T.Mec.)
Materiales y Procesos Avanzados	Rd	2,3,4,6	(Opt. II. II.)

IV. Metodología docente y plan de trabajo del estudiante

<i>Actividades de enseñanza-aprendizaje</i>				<i>Vinculación</i>	
<i>Descripción y secuenciación de actividades</i>	<i>Tipo</i>		<i>D</i>	<i>Tema</i>	<i>Objet.</i>
Presentación del Plan Docente de la asignatura	GG	C-E	1	1-7	1-16
Exposición del tema	GG	T	2	1.1	1-14
Lecturas recomendadas	NP	T	3	1.1	1-14
Discusión de contenidos	GG	T-P	1	1.1	1-14
Exposición del tema	GG	T	1	1.2	1-3,14
Lecturas recomendadas	NP	T	2	1.2	1-3,14
Discusión de contenidos	GG	T	1	1.2	1-3,14
Resolución de problemas	NP	P	1	1.2	1-3,14
Exposición del tema	GG	T	2	1.3	2-3,14-15
Lecturas recomendadas	NP	T	3	1.3	2-3,14-15
Discusión de contenidos	GG	P	1	1.3	2-3,14-15
Repaso-evaluación	S	C-E	1	1	1-3,14-15
Exposición del tema	GG	T	2	2.1	4-6,12,14
Lecturas recomendadas	NP	T	2	2.1	4-6,12,14
Ejercicios y problemas	NP	P	1	2.1	4-6,12,14
Discusión de contenidos	GG	P	1	2.1	4-6,12,14
Exposición del tema	GG	T	1	2.2	4-6,12,14
Manejo de Catálogos	NP	P	1	2.2	4--6,12,14
Exposición del tema	GG	T	1	2.3	4-6,12-16
Manejo de información	NP	T-P	4	2.3	4-6,12-16
Discusión de contenidos	GG	P	1	2.3	4-6,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	2.4	4-6,12-16
Manejo de información	NP	T-P	1	2.4	4-6,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	2.5	4-6,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T-P	1	2.5	4-6,12,16
Exposición del tema	GG	T	1	2.6	4-6,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T-P	3	2.6	4-6,12-16
Ejercicios y problemas	NP	P	3	2.6	4-6,12-16
Discusión de contenidos	GG	T-P	1	2.6	4-6,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	2.7	4-6,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T	1	2.7	4-6,12-16
Ejercicios y problemas	NP	P	3	2.7	4-6,12-16
Discusión de contenidos	GG	T-P	1	2.7	4-6,12-16
Visita a una planta	S-L	P	4	2.7	4-6,12-16
Repaso-Evaluación	S	C-E	1	2	4-6,12-16
Exposición del tema	GG	T	2	3.1	4-6,12-16

Lecturas recomendadas	NP	T	1	3.1	4-6,12-16
Manejo de información	NP	T-P	1	3.1	4-6,12-16
Visita a una planta	S-L	P	4	3.1	4-6,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	3.2	4-6,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T-P	1	3.2	4-6,12-16
Exposición del tema	GG	T	2	3.3	4-6,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T-P	3	3.3	4-6,12-16
Discusión de contenidos	GG	T-P	1	3.3	4-6,12-16
Repaso-evaluación	S	C-E	1	3	4-6,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	4.1	7-8,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T	1	4.1	7-8,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	4.2	7-8,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T	1	4.2	7-8,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	4.3	7-8,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T	1	4.3	7-8,12-16
Discusión de contenidos	GG	T-P	2	4.3	7-8,12-16
Repaso-evaluación	S	C-E	1	4	7-8,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	5.1	9,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T-P	1	5.1	9,12-16
Exposición del tema	GG	T	2	5.2	9,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T-P	3	5.2	9,12-16
Prácticas Laboratorio	S-L	P	3	5.2	9,12-16
Repaso-evaluación	S	C-E	1	5	9,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	6.1	7,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T	1	6.1	7,12-16
Exposición del tema	GG	T	1	6.2	7,12-16
Ejercicios y problemas	NP	P	3	6.2	7,12-16
Exposición del tema	GG	T	2	6.3	7,12-16
Lecturas recomendadas	NP	T	3	6.3	7,12-16
Ejercicios y problemas	NP	T-P	2	6.3	7,12-16
Prácticas Laboratorio	S-L	P	1	6.3	7,12-16
Repaso-evaluación	S	C-E	1	6	7,12-16
Exposición del tema	GG	T	2	7.1	10-16
Lecturas recomendadas	NP	T	4	7.1	10-16
Ejercicios y problemas	NP	P	3	7.1	10-16
Discusión de contenidos	GG	T-P	1	7.1	10-16
Exposición del tema	GG	T	1	7.2	10-16
Lecturas recomendadas	NP	T	3	7.2	10-16
Exposición del tema	GG	T	1	7.3	10-16
Lecturas recomendadas	NP	T	3	7.3	10-16
Discusión de contenidos	GG	P	2	7.3	10-16

Repaso-evaluación	S	C-E	1	7	10-16
Estudio y preparación examen final	NP	T-P	37	1-7	1-16
Ejecución examen final	GG	C-E	4	1-7	1-16

<i>Distribución del tiempo (ECTS)</i>			<i>Dedicación del alumno</i>		<i>Dedicación del profesor</i>	
<i>Distribución de actividades</i>		<i>Nº alumnos</i>	<i>H. presenciales</i>	<i>H. no presenc.</i>	<i>H. presenciales</i>	<i>H. no presenc.</i>
Grupo grande (Más de 20 alumnos)	Coordinac./evaluac.	35	3	-	3	20
	Teóricas	35	37	-	37	24
	Prácticas	35	8	-	8	4
	Subtotal	35	48	-	48	48
Seminario- Laboratorio (6-20 alumnos)	Coordinac./evaluac.	18	-	-	-	2
	Teóricas	18	-	-	-	-
	Prácticas	18	10	-	10	10
	Subtotal	18	10	-	10	12
Tutoría ECTS (1-5 alumnos)	Coordinac./evaluac.	3	2	-	30	-
	Teóricas	3	-	-	-	-
	Prácticas	3	-	-	-	-
	Subtotal	3	2	-	30	-
Teóricas		1	-	39	-	-
Prácticas		1	-	26	-	-
Estudio y preparación del examen		1	-	37	-	4
Totales			60	102	88	64

V. Evaluación

<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Vinculación</i>	
<i>Descripción</i>	<i>Objetivo</i>	<i>CC</i>
1. Demostrar la comprensión de los principales conceptos de la asignatura	1-8	40%
2. Conocer los datos y resultados más importantes relacionados con la asignatura	1-8	10%
3. Resolver problemas aplicando conocimientos teóricos o basándose en resultados experimentales	2-8,10-11	40%
4. Exponer con claridad los resultados obtenidos	9	5%
5. Realizar correctamente las prácticas de laboratorio	2-3,5,11	5%

<i>Actividades e instrumentos de evaluación</i>		
Seminarios de C-E	En cada seminario se propondrá una prueba objetiva de 5 ítems de respuestas múltiples relativas a los temas que se desarrollen (30% de la calificación final)	30%
Examen final	Constará de una prueba objetiva de 10 ítems de respuestas múltiples (35 % de la calificación final) y otra prueba escrita con 3 problemas (25% de la calificación final)	60%
Examen de prácticas	Realización de una prueba para comprobar que se han realizado correctamente las prácticas de laboratorio propuestas	10%

Códigos.-

ⁱ *CET*: *Competencias Específicas del Título* (véase el apartado de Contextualización curricular)

ⁱⁱ *Tipos de actividades*: GG (Grupo Grande); S (Seminario); S-L (Seminario-Laboratorio); Tut (Tutoría ECTS); NP (No presenciales); C-E (Coordinación o evaluación); T (Teórica de carácter expositivo, de aprendizaje a partir de documentos o de discusión); P (Prácticas de laboratorio o campo y de solución de problemas); T-P (Otras teórico-prácticas).

ⁱⁱⁱ *D*: *Duración* en sesiones de 1 hora de trabajo presencial o no presencial (considerando en cada hora 50-55 minutos de trabajo neto y 5-10 de descanso).

^{iv} *CC*: *Criterios de Calificación* (ponderación del criterio de evaluación en la calificación cuantitativa final)

(*) Contenidos que pueden ser eliminados sin pérdida de continuidad, o actividades no obligatorias ni computadas

Comentarios sobre la metodología y evaluación

Numerosos autores describen las ventajas del “Aprendizaje Cooperativo” y su fácil adecuación a áreas como las Matemáticas o la Física¹. De forma resumida, esta metodología docente consiste en conseguir que el conocimiento se construya conjuntamente entre profesores y alumnos en un entorno de equipo que promueve la motivación personal, la responsabilidad compartida y las habilidades interpersonales: comunicarse, enseñar, organizar el trabajo, tomar decisiones. Éste es el procedimiento de enseñanza que se intenta, en cierta medida, implementar mediante el Plan Docente que se presenta.

El esquema general bajo el que desarrollan la mayoría de los temas de la asignatura es el siguiente:

1. En primer lugar, el alumno debe leer y analizar los contenidos teóricos del tema utilizando los apuntes facilitados por el profesor o tomados por el alumno. En estos apuntes se desarrollarán adecuadamente los contenidos del tema y sólo dichos contenidos.
2. Los alumnos y el profesor discutirán en grupo los resultados de este análisis previo, intentando clarificar las dudas que hayan surgido. El profesor destacará aquello que se considere más importante. Esta actividad debería desarrollarse en grupos reducidos (Seminario-Laboratorio) para facilitar la participación del alumno y el intercambio de ideas. No obstante, se ha optado por el grupo grande para mantener la dedicación del profesor en un nivel similar al actual.
3. El alumno debe volver sobre los contenidos teóricos del tema para profundizar en ellos y fijar los conceptos y resultados que se han destacado como más importantes en la actividad anterior.
4. Una vez que el alumno ha adquirido un cierto conocimiento sobre los fundamentos teóricos del tema, intentará resolver los problemas planteados por el profesor en una relación en la que aparezca la solución de los mismos.
5. La última actividad se dedicará a la resolución en común de aquellos problemas que se consideren más representativos o de mayor dificultad. De nuevo sería deseable realizar esta actividad en grupos reducidos, aunque con los recursos actuales tendría que llevarse a cabo probablemente en grupos grandes.

La adquisición de información acerca de si se ha alcanzado el pretendido objetivo o no es clave para que el proceso de aprendizaje sea eficaz. Permite tanto al profesor como al propio alumno detectar si este último está aprendiendo lo que debe y en la forma adecuada. De otro lado, el reconocimiento por parte del profesor de la labor realizada por el alumno proporciona a éste un estímulo que le ayuda a sentirse motivado. Para potenciar estos dos aspectos de la docencia se ha propuesto la actividad de “Repaso-Evaluación”. El alumno deberá resolver una prueba objetiva de 5 ítems de respuestas múltiples en 20 minutos. Una vez finalizada la prueba, ésta y otras similares se resolverán y discutirán en común hasta finalizar los 60 minutos dedicados a esta actividad. De esta forma, tanto el profesor como el alumno pueden evaluar la eficacia del proceso de aprendizaje. Además, sería interesante que durante el curso el profesor se entrevistara con cada alumno para reflexionar acerca de las dificultades que éste

¹ A. B. Capa, R. Rodríguez y A. Portela, “La enseñanza de la Física para la Convergencia Europea”, *Revista Española de Física* **18** (2004) 20-22, y referencia en ella.

encuentra, y hallar posibles soluciones. Esta actividad se puede realizar a través de una tutoría previamente concertada en grupos de 5 alumnos.