

Diseño de metodologías de formación para la asignatura “Elasticidad y Resistencia de Materiales”

E. Peña, B. Calvo, M. A. Martínez, M. Doblaré

Grupo de Estructuras y modelado de Materiales (GEMM)

Área de Mecánica de Medios Continuos y T^º de Estructuras. Dpto de Ingeniería Mecánica

Universidad de Zaragoza. María de Luna, 3. E-50018 Zaragoza

Email: fany@unizar.es

Resumen: En este trabajo se presentan las actividades realizadas y los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto de innovación docente *Diseño de metodologías de formación para la asignatura “Elasticidad y Resistencia de Materiales” dentro del proceso de convergencia hacia un Espacio Europeo de Educación Superior* elaborado por el grupo de profesores en la titulación de Ingeniería Industrial impartida en el Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza.

Los documentos que sustentan el proceso de convergencia hacia un Espacio Europeo de Educación Superior señalan, como algunos de sus objetivos principales, implantar un sistema de educación superior “centrado en el aprendizaje” y basado en el “logro de competencias profesionales” y, para ello, disponen un sistema de acreditación y amortización acorde con estos principios, el crédito europeo (ECTS). De esta forma, el grupo de profesores que presenta este trabajo nos planteamos la necesidad de poner en marcha una serie de actividades conducentes a la adaptación de la asignatura “Elasticidad y Resistencia de Materiales” a esta nueva realidad. Dichas actividades se han centrado inicialmente en dos aspectos: diseño curricular y desarrollo de materiales de apoyo a la docencia. Además, se realizó una experiencia piloto de implantación con un grupo de alumnos de la asignatura con el objetivo de evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos planteados.

Palabras clave: Elasticidad y Resistencia de Materiales, Diseño curricular, Guía docente, Experiencia piloto de implantación

1.- Introducción

Los documentos que sustentan el proceso de convergencia hacia un Espacio Europeo de Educación Superior señalan, como algunos de sus objetivos principales, implantar un sistema de educación superior *centrado en el aprendizaje* y basado en el *logro de competencias profesionales* y disponen un sistema de acreditación y amortización acorde con estos principios, el crédito europeo (ECTS). De esta forma, el grupo de profesores que presenta este trabajo nos planteamos la necesidad de poner en marcha una serie de actividades conducentes a la adaptación de la asignatura “*Elasticidad y Resistencia de Materiales*” a esta nueva realidad. Dichas actividades se han centrado inicialmente en dos aspectos: diseño curricular y desarrollo de materiales de apoyo a la docencia.

En este primer apartado de diseño curricular de la asignatura de “*Elasticidad y Resistencia de Materiales*” se reflejan los objetivos generales, diseño del trayecto de aprendizaje, bloques objetivos parciales, actividades, contenidos, metodologías a utilizar, etc. El trabajo realizado en esta parte del proyecto aparece reflejado en la elaboración de un *Guía Didáctica* de la asignatura que se describe brevemente en la sección 2. En el segundo bloque del proyecto de innovación docente se han elaborado diferentes materiales que faciliten los procesos de aprendizaje. El interés por la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza universitaria ha aumentado considerablemente en los últimos años. Entre otros motivos ello es consecuencia directa de la fuerte influencia que las TICs han tenido en los contextos universitarios, donde prácticamente todas las Universidades han realizado en los últimos años fuertes inversiones para su utilización. Es por ello, que los materiales desarrollados son: elaboración de software educativo de libre acceso que permite a los alumnos evolucionar en el aprendizaje de forma personal (descritos en la sección 3) y elaboración del ADD de la asignatura (descrito en la sección) en el que se incluyen lecciones y problemas resueltos, así como tests de autoevaluación y exámenes de la asignatura.

Por último, el grupo de profesores desarrolló una experiencia piloto con un grupo de alumnos de la asignatura de “*Elasticidad y Resistencia de Materiales*” para la aplicación de una nueva metodología docente encaminada al aprendizaje autónomo con actividades de formación y seguimiento. Dichas actividades se encuentran descritas en la sección 5.

Finalmente, en el último apartado se describen las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del proyecto de innovación docente y las actividades nuevas que el grupo de profesores desea comenzar en el futuro.

2.- Guía Didáctica

Tanto la normativa sobre calidad que se ha generado en las universidades españolas como el proceso de convergencia cara a un Espacio Europeo de Educación Superior nos colocan ante el reto de reforzar la planificación de la docencia mediante las guías didácticas que faciliten el aprendizaje de nuestros estudiantes. La programación de la docencia juega, desde luego, un importante papel en el desarrollo de una docencia de calidad. Enriquecer informativamente los programas de forma que dejen claro el sentido del trabajo a desarrollar homogeneizarlos para facilitar su lectura, constituyen operaciones de planificación docente que necesariamente debemos realizar los profesores como parte de nuestra actuación docente. Se entiende por método docente al conjunto de medios y técnicas establecidas para lograr los objetivos marcados por la enseñanza. Queda claro que la selección de contenidos del programa docente delimita qué es lo que se va a enseñar a los alumnos, pero es el método elegido para llevar esto a la práctica el que permitirá que se produzca el proceso de aprendizaje.

La guía docente pretende mostrar al alumno los contenidos básicos que debe conocer de cada tema, las actividades que debe realizar para adquirirlos así como los problemas y debilidades con los que se va a encontrar, la bibliografía que puede consultar y la relación del tema de estudio con los temas de mayor importancia anteriores y posteriores de la asignatura (gracias a un diagrama incluido en cada uno de los temas, véase ejemplo). Esto último ayudará a que el alumno tenga una visión global de la asignatura, clave para una correcta comprensión de la misma. A continuación se muestra parte de la guía docente que el grupo de profesores ha elaborado durante el proyecto de innovación.

Asignatura: Elasticidad y Resistencia de Materiales

Tipo: Troncal primer ciclo

Curso: 2o Cuatrimestre de primavera

Créditos: 4.5 teóricos y 3 prácticos

Plan de Estudios: Ingeniería Industrial

Prerequisitos: Cálculo, Operadores, álgebra, Mecánica, Termodinámica

Profesores: Begoña Calvo, Miguel ángel Martínez, Estefanía Peña, Manuel Doblaré

Tutorías: Martes y Jueves de 17:00-20:00

ADD: <http://add.unizar.es/start/>

2.1. Sentido de la materia

Con la docencia de esta asignatura se persigue, fundamentalmente, que el alumno conozca y comprenda los conceptos básicos del análisis tensional para que posteriormente pueda aplicarlos al diseño y cálculo de distintos elementos estructurales que se irán complementando en asignaturas de cursos posteriores. Por ejemplo, diseño de naves industriales que se complementará en la asignatura de Estructuras metálicas y Hormigón Armado y Mecánica del Suelo, diseño de elementos de máquinas complementado en la asignatura de Cálculo de Máquinas, diseño de una grúa pluma complementado en la asignatura de Infraestructura de los Transportes, etc.

2.2. Objetivos Particulares

En este apartado se van exponer los objetivos particulares de la asignatura:

Que sepa manejar los conceptos de tensión, deformación y leyes constitutivas. Además de comprender el significado de los tensores de tensión y deformación debe ser capaz de expresar dichos tensores en distintos sistemas de referencia, entre ellos el sistema principal, y conocer la importancia de las tensiones y direcciones principales, así como el significado de la representación gráfica de dichos tensores mediante los círculos de Mohr. De igual forma, debe saber la implicación del comportamiento del material en la relación entre tensiones y deformaciones, así como el rango de variación de los parámetros elásticos.

Que sepa aplicar las ecuaciones básicas de la Elasticidad. El alumno ha de estar en condiciones de poder plantear las ecuaciones del modelo matemático: equilibrio, comportamiento, compatibilidad a distintos niveles punto, elemento y estructura.

Que conozca el significado y alcance de las hipótesis de partida de las diferentes tipologías estructurales. Para llegar a la solución analítica de las distintas tipologías definidas en la disciplina de resistencia de materiales ha sido necesario introducir distintas hipótesis simplificativas, el alumno debe conocer el rango de su aplicación, con el objeto de determinar la validez de la solución obtenida.

Que sepa dibujar e interpretar los diagramas de esfuerzos para el elemento barra. Dados los diagramas de esfuerzos de una estructura de barras (o placa infinita en una dirección) el alumno ha de obtener la distribución de carga que actúa sobre la misma, así como determinar la sección más desfavorable de dicha estructura.

Calcular la distribución de tensiones en una sección para cada tipo de esfuerzo. El alumno ha de conocer la distribución cualitativa de tensiones correspondiente a cada esfuerzo con el objetivo de saber elegir las secciones óptimas para absorber las tensiones debidas a cada esfuerzo o combinación de esfuerzos.

Que sepa distinguir entre estructuras isostáticas e hiperestática. El alumno antes de comenzar a resolver una estructura definida por barras ha de determinar si es isostática o hiperestática analizando el número de incógnitas que aparecen en la estructura y el número de ecuaciones de que se dispone. En el supuesto de que sea hiperestática ha de saber elegir el método de resolución adecuado, estableciendo las ecuaciones de compatibilidad pertinentes.

Que sepa decidir sobre la admisibilidad de los resultados obtenidos. Una vez resuelto el problema deberá estudiar y contrastar los resultados obtenidos, a fin de decidir si son válidos o no. En caso de no ser admisibles, bien por ser la tensión máxima superior a la admisible del material o los desplazamientos superiores a los permitidos, tendrá que saber qué variables ha de modificar y en que sentido para obtener una solución aceptable tanto desde el punto de vista resistente como del de la funcionalidad.

Que conozca técnicas alternativas a la resolución analítica del problema elástico. Para ello se presentan dos técnicas experimentales: la extensometría que permite medir experimentalmente deformaciones en el sólido en estudio, y la foto elasticidad que permite obtener tensiones en un problema mediante la construcción de un modelo con birrefringencia temporal ya que los materiales usados habitualmente en la Ingeniería no la poseen; y una técnica numérica: el método de los Elementos Finitos.

2.3. Contenidos de la materia

La asignatura se ha estructurado en base a dos bloques temáticos, el primero correspondiente a la Teoría de Elasticidad en el se definen las ecuaciones que rigen el comportamiento elástico

lineal de sólidos tridimensionales y los métodos de resolución. El segundo bloque corresponde a la Resistencia de Materiales, en esta parte de la asignatura se estudia el comportamiento de sólidos tridimensionales en los cuales ha sido posible establecer hipótesis adicionales, tipologías estructurales, que simplifican la formulación permitiendo en ocasiones obtener ecuaciones resolubles analíticamente. Cada uno de estos dos bloques se ha dividido en una serie de unidades temáticas que intentar agrupar los temas y prácticas con una temática común.

En primer lugar, en la guía docente se realiza una exposición global del temario propuesto para la asignatura, indicando en cada lección las horas necesarias para teoría y problemas, así como si existe alguna práctica relacionada con la misma. A continuación se desglosan en detalle los contenidos y objetivos operativos de cada una de las lecciones y de las prácticas propuestas. Con el objetivo de no extender innecesariamente este trabajo, únicamente se va a incluir los contenidos y programa detallados de uno de los temas de la asignatura, véase tema 10.

Tema 10.- Deformación plana



1. Planteamiento General:

En este tema se analizarán aquellos problemas tridimensionales cuya solución se puede obtener mediante la resolución de un problema bidimensional, lo que lleva consigo una simplificación del problema y un importante ahorro de tiempo, por ejemplo, el cálculo de tuberías sometidas a presión, de presas, el cálculo de lajas, etc. Para ello, será necesario definir las tipologías estructurales de deformación y tensión plana. En ambos casos, se comenzará definiendo las hipótesis simplificadoras y el rango de validez de las mismas. Posteriormente, dichas hipótesis se introducirán en las ecuaciones de la Elasticidad tridimensional obteniendo las ecuaciones reducidas en coordenadas cartesianas. Se hará principal hincapié en mostrar que habrá ecuaciones que coinciden con las del problema tridimensional sin más que cambiar el rango de variación de las variables de tres a dos, sin embargo en otras será necesario modificar los parámetros del material para poder emplear un análisis bidimensional. Se explicará el método de Airy como método de búsqueda de la solución en tensiones en los problemas bidimensionales. Posteriormente se realizará la representación gráfica de la solución. De la particularización de los círculos de Mohr, reducidos en éste caso a un único círculo, se determinarán fácilmente las tensiones y direcciones principales.

2. *Desarrollo de la unidad:*

1.- Hipótesis básicas y campo de aplicación. 2.- Formulación del modelo de deformación plana. 3.- Simplificación de la representación de Mohr en el caso plano. 4.- Método de Airy para la resolución del problema plano. 5.- Líneas y puntos particulares.

3. *Objetivos:*

- Conocer las hipótesis del problema de deformación plana, sus límites de aplicación y los casos reales donde puede aplicarse este modelo.
- Representar tensores planos en la representación de Mohr.
- Representar las isostáticas e isoclinas de un problema plano simple.
- Comprobar si una función de desplazamientos puede o no ser solución de un problema de deformación plana dado.
- Intuir soluciones de Airy para problemas simples.

4. *Debilidades:*

- Esta hipótesis se suele confundir con la de tensión plana.
- Seleccionar la función de Airy para la solución del problema elástico.

5. *Estrategias:*

Se mostrará, mediante la ayuda de diapositivas, distintos sólidos tridimensionales (tuberías, muros de contención, presas, etc.) que pueden ser analizados como deformación plana distinguiendo de las lajas analizadas como tensión plana en la lección siguiente. También se mostrará la solución numérica obtenida en desplazamientos y tensiones interpretando dicha solución así como el rango de validez para el sólido tridimensional.

Se realizarán tres ejercicios, en el primero se pedirá comprobar que una solución propuesta puede ser solución del problema elástico bidimensional, cuyo objetivo es el manejo de las ecuaciones para las hipótesis de deformación y tensión plana, así como la representación gráfica mediante el círculo de Mohr. En el segundo se calculará la solución de un problema en coordenadas cartesianas utilizando la función de Airy. En el tercero se resolverá un problema en coordenadas cilíndricas, cuyo objetivo es familiarizar al alumno con las incógnitas y ecuaciones en dichas coordenadas.

6. *Dedicación docente:*

Este tema supone 2 horas de teoría y 2 h de problemas.

7. *Bibliografía Básica:*

París F.- Teoría de la Elasticidad. Lección 7: Elasticidad plana. (pág. 186-251).

Doblaré M., Gracia L.- Análisis Lineal de Estructuras. Vol. I: Tipologías Estructurales. Ecuaciones Básicas. Lección 2: Sólido elástico. (pág. 93-110).

Calvo B., Doblaré M., Gracia L.- Teoría de la Elasticidad. Problemas. Lección 7 y 8.

Ortiz Berrocal L.- Elasticidad. Capítulo 5, 6, 7 y 9.

Calvo B., J.M. García, E. Peña, M. Doblaré.- Apuntes de la asignatura de Elasticidad y Resistencia de Materiales (CD del ADD de la Universidad de Zaragoza).

2.4- Atribución de créditos ECTS

La asignatura consta de 7.5 créditos, distribuidos aproximadamente en 45 horas de clases teóricas y 15 horas de problemas de pizarra y 15 horas de prácticas de laboratorio. Las clases tendrán una duración de 60 minutos y se desarrollarán en el aula asignada. La explicación por parte del profesor irá precedida de una presentación del tema y los objetivos a lograr con el mismo.

Presenciales	Factor	Autónomo del alumno	Total	
Clases teóricas	45	1.5	67.5	112.5
Clases prácticas	15	1.5	22.5	37.5
Trabajos	5	3	15	20
Examen	3	4	12	15
Revisión de examen	1	0	0	1
TOTAL	75	118.5	189	

Tabla 1. Distribución de créditos ECTS de la asignatura *Elasticidad y Resistencia de Materiales*.

Como se puede ver, esta asignatura exige 144 horas de trabajo autónomo del alumno además de las horas de asistencia a las clases tanto teóricas como prácticas.

3.- Desarrollo de Software docente

La asignatura de Elasticidad y Resistencia de Materiales es una de las primeras asignaturas ingenieriles con las que se enfrenta el estudiante de Ingeniería Industrial, en el plan de estudios del 94. Se trata de una asignatura compleja y con un temario muy ambicioso. Las clases teóricas se enfocan principalmente a la explicación de los conceptos teóricos, quedando la carga docente correspondiente a la realización de ejercicios y problemas muy reducida, lo que repercute directamente en la comprensión de la asignatura y por consiguiente en el resto de asignatura que descansan en los conceptos fundamentales de la Elasticidad y Resistencia de Materiales. Esta reducción de horas se verá probablemente más agravada con la adecuación de la asignatura en el marco de la convergencia al espacio Europeo de Educación Superior. Por ello, el grupo de profesores solicitante, nos planteamos desarrollar diferentes materiales didácticos que permitieran al estudiante realizar un número amplio de ejercicios y así poder asimilar y comprender los conceptos teóricos explicados en la clase presencial.

En este apartado se va describir, de forma breve, los tres programas desarrollados con este objetivo, cada uno de ellos se ha enfocado a una parte específica de la asignatura.

3.1. Ejercicios de Elasticidad con Mathematica

El objetivo de la primera parte de la asignatura es la definición de las diferentes variables del problema: vector desplazamientos, tensor de deformaciones y tensiones (expresadas en diferentes sistemas de referencia), así como las ecuaciones que relacionan dichas variables. Utilizando un código de matemática simbólica el estudiante puede realizar o corregir un número amplio de ejercicios tipo correspondiente a esta parte de la asignatura (tensiones y direcciones principales, cambio de sistema de referencia, tensiones normales, ecuaciones de compatibilidad, equilibrio, etc.) sin más que modificar los datos de entrada. El código fuente de estos ejercicios se ha incluido en el anillo digital docente (ver figura 3.1).

Elasticidad y Resistencia de Materiales

Ejercicios de Elasticidad

En este módulo didáctico se incluyen ejercicios tipo, correspondientes a los conceptos básicos vistos en la asignatura. Se han realizado con el programa **Mathematica**, con el objetivo que el alumno pueda descargarse el código y modificando los datos de entrada (incluidos en color azul), disponga de un número importante de ejercicios resueltos. Estos ejercicios están resueltos, de forma tradicional, en el texto de problema.



Deformaciones

- *es a partir desplazamientos, Vector Deformación*
- *es a partir medidas extensométricas*
- *Ecuaciones de compatibilidad*
- *Círculos de Mohr y Cambio de coordenadas*

[Ejercicio 1a, 1b](#)
[Ejercicio 2a](#)
[Ejercicio 2b](#)
[Ejercicio 3a, 3b](#)

Tensiones

- *Ecuaciones de Equilibrio*
- *Vector Tensión, Componentes intrínsecas, Círculos de Mohr y Cambio de coordenadas*

[Ejercicio 4a, 4b](#)
[Ejercicio 5a, 5b](#)

Ecuaciones de Comportamiento

- *Material Isótropo*
- *Ejercicio completo*
- *Criterios Plastificación*

[Ejercicio6a, 6b](#)
[Ejercicio9a, 9b](#)
[Ejercicio10a, 10b](#)

Figura 3.1: Ejercicios de Elasticidad resueltos con Mathematica

3.2. Software CalMat

Uno de los objetivos principales de la asignatura es que el estudiante aprenda a dibujar e interpretar los diagramas de esfuerzos para el elemento estructural barra. Nuestra experiencia docente, nos revela que una de las mayores dificultades con las que se encuentra el alumno es la de la realización de diagramas de esfuerzos, desde luego, esto es debido a que no ha realizado el número de ejercicios precisos que le permita intuir de forma inmediata la forma del diagrama a partir de la distribución de cargas, lo cual se agrava para estructuras hiperestáticas. El objetivo de este software interactivo es ayudar al alumno a adquirir la soltura suficiente en la obtención de los diagramas de esfuerzos y de la deformada de la estructura (ver Figura 3.2).



Figura 3.2: Software cálculo de diagramas de esfuerzos

3.3.- Software Anasec

El objetivo de la segunda parte de la asignatura (Resistencia de Materiales) es calcular la distribución de tensiones para distintas tipologías de secciones así como determinar la sección óptima ante cada esfuerzo o combinación de esfuerzos. Mediante el software interactivo Anasec el estudiante podría variar los datos y participar en la solución verificando de forma rápida el resultado obtenidos (ver Figura 3.3). Los parámetros de entrada del software son la elección del tipo de perfil y sus dimensiones en el que se quieren calcular las tensiones así como los esfuerzos que actúan sobre la sección. El programa permite definir los seis esfuerzos que pueden actuar sobre una sección correspondiente a una barra tridimensional. Por ejemplo: calcular las tensiones normales de forma independiente para cada esfuerzo (axil, flexión en cada eje) o bien determinar la posición relativa de la línea neutra en una sección conforme va cambiando la excentricidad de la carga, o los esfuerzos aplicados. Otra de las facilidades de Anasec es la posibilidad de calcular la distribución de tensiones tangenciales según las hipótesis de pared llena y pared delgada, lo cual permite al estudiante comprender las hipótesis de partida de ambos modelos, lo cual a priori no les resulta fácil.

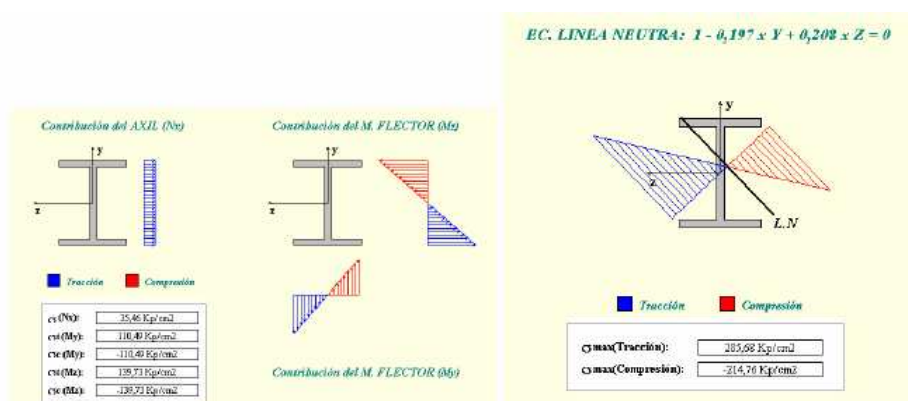


Figura 3.3: Definición de los datos de entrada: tipo de sección y esfuerzos

El software proporciona el valor de los valores estáticos de la sección seleccionada (área, momentos de inercia, productos de inercia, posición del centro de gravedad, etc.). También permite calcular la tensión de Von Mises en un punto de la sección definido por sus coordenadas.

4.- Anillo Digital docente

La asignatura de Elasticidad y resistencia de Materiales se imparte en segundo curso, dado que los alumnos todavía no tiene capacidad suficiente para buscar los materiales necesarios para el aprendizaje y que la recomendación de un libro de texto no es suficiente, se ha considerado por parte del grupo de profesores utilizar la herramienta Anillo Digital Docente como un repositorio de los diferentes materiales elaborados.

Esta herramienta permite al estudiante tener a disposición diferentes materiales, tanto básicos para seguir la asignatura como apuntes y ejercicios, o como refuerzo, programas de ordenador, fotografías, formularios etc.

Actualmente también se está trabajando en otras herramientas como son las herramientas de evaluación (test de autoevaluación y exámenes para que el alumno conozca su progreso a lo largo de la asignatura) y de comunicación (correo interno entre estudiantes y profesores y la posibilidad de control y entrega de trabajos en fechas determinadas).

4.1 Descripción del Anillo Digital docente

En la figura 4.1 se indican los contenidos dentro del ADD de la asignatura de Elasticidad y Resistencia de Materiales. Fundamentalmente nos hemos centrado en el desarrollo de los contenidos de la asignatura y de las herramientas de evaluación. Aunque en la actualidad se están trabajando en otras herramientas pensando en su implementación en vistas al Espacio Europeo de Educación Superior como el correo interno o la pizarra electrónica Dentro de este apartado se ha profundizado en el desarrollo de tests y exámenes que permitan al alumno evaluar su aprendizaje a medida que avanza el curso.

myWUOL - Perfil de curso - Mapa del curso - Descargar navegador - Idioma - Ayuda

Panel de control | **Elasticidad y Resistencia de Materiales**

Ver | Opciones del profesor

Inicio -> Contenido del curso y actividades relacionadas -> Contenido Module -> **Prácticas 2004-2005**

▼ Menú del curso

- Inicio
- e-Learning Hub
- Course Content
- Información del Curso
- Calendario
- Content Module
- Glossary
- Search
- Compte
- Communication
- Mail
- Discussions
- Chat
- Whiteboard
- Study Tools
- Homepages
- Presentations
- My Progress
- Evaluation Tools
- Assignments
- Self Test
- My Grades
- Quiz

Tabla de contenidos

1. Información General de la asignatura
2. Profesores
3. Objetivos Operativos
- 4. Libro de Resistencia de Materiales**
- ▼ 5. Transparencias (Power Point)**
 - 5.1. Transparencias Elasticidad
 - 5.2. Transparencias Resistencia de Materiales
 - 5.3. Transparencias .pdf
6. Adaptación tema COMPORTAMIENTO
- ▼ 7. Prácticas 2004-2005**
 - 7.1. Grupos Prácticas
 - 7.2. Horarios Prácticas
 - 7.3. Información Grupos y Horarios (*.pdf)
- ▼ 8. Ejercicios**
 - 8.1. Ejercicios con Mathematica
 - 8.2. Ejercicios de Autoevaluación
- ▼ 9. Formularios**
 - 9.1. Formulario de Elasticidad
 - 9.2. Formulario de Resistencia
- ▼ 10. Software**
 - 10.1. Programa ANASEC
 - 10.2. Programa CALMAT
 - 10.3. Programa AMBE (Univ. Cartagena)
11. Fotos

Figura 4.1: Contenidos de Elasticidad y Resistencia de Materiales

En la actualidad los contenidos del ADD de la asignatura son los siguientes:

1. *Temarios, objetivos, evaluación y metodología.* Se trata de una breve descripción de la asignatura, donde el alumno puede familiarizarse rápidamente con los aspectos fundamentales que van a ser tratados (guía docente).
2. *Libros de texto.* Se ha realizado un gran esfuerzo en la elaboración de textos sobre la materia adaptados al temario de la asignatura. Los alumnos tienen la oportunidad de "descargarse" esta colección por temas en formato pdf.
3. *Lecciones de la asignatura.* Esta asignatura puede impartirse directamente mediante ordenador, ya que hemos realizado una colección de apuntes sobre PowerPoint. Aquí se encuentran a disposición del alumno para que el alumno pueda imprimírselos en casa y seguir con ello la clase de forma directa y servir como apuntes de la asignatura.
4. *Prácticas.* Se trata de los guiones de las prácticas que se van a realizar a lo largo del curso (ver, Figura 4.2). El alumno dispone de ellas desde el primer día, con lo cual aquél interesado en la asignatura leerá previamente los guiones antes de la

realización de cada práctica, con el beneficio personal que ello conlleva en la mejor realización de la misma, y mayor puntuación en su evaluación.

5. *Formularios*. Durante el desarrollo del examen, el alumno puede disponer de la ayuda de unos formularios de cada una de las partes de la asignatura, donde se resumen las ecuaciones más importantes de la misma.
6. *Ejercicios*. En este apartado se ha incluido una colección de problemas resueltos de cada una de las partes de la asignatura, de tal forma que el alumno pueda ejercitar y practicar con su resolución, permitiéndole autoevaluarse. Se ha incluido una serie de ejercicios tipo en el programa mathematica, en los que el alumno puede cambiar los datos de entrada, disponiendo de esta forma de un número amplio de ejercicios resueltos que le facilitan el estudio de la asignatura. Dichos ejercicios son descritos más detalladamente en el siguiente apartado.
7. *Software*. En esta sección apartado se colocan diferentes programas de cálculo estructural de acceso libre y didácticos, para que el alumno pueda descargárselos y utilizarlos en su ordenador personal, de modo que le permita repasar y comprobar diferentes conceptos y ejercicios prácticos de la asignatura. Actualmente se encuentran disponibles un programa de cálculo de distribución de tensiones en sección, y dos de análisis matricial de estructuras de barras descritos en el apartado anterior.
8. *Fotografías de interés*. Se muestra en este apartado una colección muy completa de fotos de casos reales correspondientes a elementos estructurales, tipologías de uniones, detalles constructivos, fallos en estructuras, estructuras singulares, etc. Estas imágenes suponen para el alumno una corroboración práctica de los conceptos estudiados en teoría.



Figura 4.2: Contenidos de las prácticas de laboratorio en el ADD

9. *Test de autoevaluación.* Se ha realizado un importante esfuerzo en el ADD por desarrollar ejercicios y test de autoevaluación para que el alumno pueda realizarlos en su propia casa y conocer el nivel de conocimientos adquiridos hasta ese momento. Dichos test se han dividido en dos apartados. En primer lugar se han desarrollado preguntas tipo test similares a las propuestas en los exámenes de teoría de la asignatura. Dichas preguntas se encuentran mezcladas de cada uno de los temas, pudiéndose generar numerosos exámenes diferentes sin más que realizando combinaciones de las preguntas. En cada una de estas preguntas de opción múltiple, cada respuesta lleva acompañada de un comentario que se visualiza por el alumno cuando la selecciona, así puede saber de inmediato si la respuesta es correcta o incorrecta y en éste último caso, porqué la respuesta ha sido incorrecta., Figura 4.3.



Figura 4.3: Test de auto-evaluación de la asignatura elasticidad y resistencia de materiales

En segundo lugar, se han desarrollado exámenes con puntuación. Estos exámenes engloban diferentes temas de la asignatura, tienen una duración de tiempo limitada de tal forma que cada pregunta tiene un valor numérico y el alumno puede saber qué nota ha obtenido. El profesor puede controlar las fechas en las que el alumno realiza dichos ejercicios de autoevaluación, de forma que se ajuste al periodo de aprendizaje, Figura 4.4.

En la actualidad se está comenzando a trabajar en otra de las aplicaciones del ADD que pueden ser muy útiles para el sistema de enseñanza-aprendizaje. El correo interno entre alumnos y profesores que permite un contacto constante entre ambos y la posibilidad de asignar, controlar y recoger trabajos en fechas determinadas de forma que se ajusten al periodo de aprendizaje.

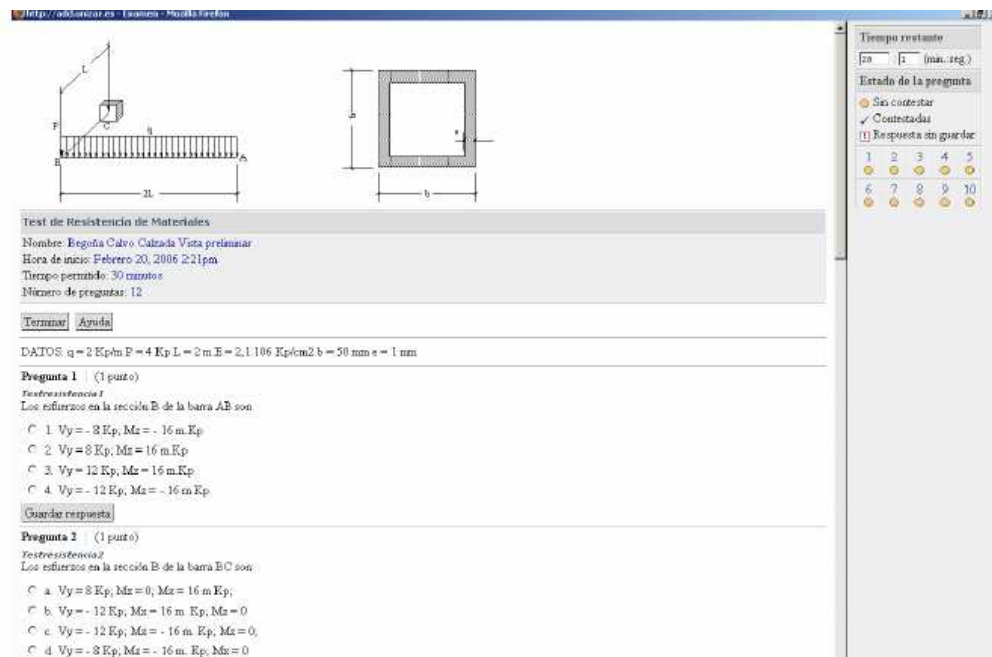


Figura 4.4: Exámenes de autoevaluación de la asignatura elasticidad y resistencia de materiales

5.- Experiencia Piloto

Durante el último curso académico y dentro del proyecto de innovación docente "Diseño de metodologías de formación para la asignatura "Elasticidad y Resistencia de Materiales" dentro del proceso de convergencia hacia un Espacio Europeo de Educación Superior elaborado por el grupo de profesores, se desarrolló una experiencia piloto para la aplicación de una nueva metodología docente encaminada al aprendizaje autónomo. Para dicha actividad se seleccionaron de forma aleatoria un pequeño número de alumnos que accedieron de forma voluntaria a dicha experiencia. Se formaron tres grupos de alumnos cada uno de ellos coordinados por un profesor tutor. A continuación se exponen los objetivos que se pretendían alcanzar, las tareas que se realizaron para tratar de cumplir dichos objetivos y los resultados en cuanto a grado de cumplimiento de los mismos.

5.1. Objetivos de la experiencia piloto

1. Establecimiento de una primera toma de contacto por parte de los alumnos y de los profesores con una metodología docente enfocada al aprendizaje autónomo acorde con el marco de convergencia al EEES. Las conclusiones de

este programa piloto servirán para una mejor aproximación a la nueva metodología docente a implantar en breve tiempo.

2. Mentalizar a los profesores para una nueva estrategia centrada en las competencias y no en la acumulación de conocimientos.
3. Servir como orientación para la generación de un nuevo material sobre la asignatura que sustituya o complemente el tradicional (libros de teoría, libros de problemas resueltos, colección de exámenes, etc...).
4. Establecer un enfoque de la materia más equilibrado en cuanto a nivel de exigencias-horas totales de trabajo por parte del alumno, y no como el tradicional basado en la cantidad de conocimientos mínimos exigibles.

5.2. Material elaborado por los profesores y utilizado de la experiencia piloto

1. Elaboración de un nuevo material docente enfocado en el aprendizaje autónomo. Básicamente se desarrolló todo el material expuesto en este documento (lecciones de asignatura en PowerPoint, diferente software propio, variedades de problemas en Mathematica, manejo de programas comerciales, etc...), véase el apartado anterior, todo ello encaminado a servir como ayuda a la reflexión y maduración de conocimientos por parte del alumno.
2. Elaboración por parte de los profesores de pequeños cuestionarios para ayudar al alumno a reflexionar sobre los conceptos adquiridos en la asignatura.
3. Planteamiento de un pequeño trabajo de asignatura enfocado a motivar al alumno hacia la búsqueda autónoma de información (bibliografía, Internet revistas especializadas) y que le permiten solucionar un pequeño problema de carácter práctico.

5.3. Actividades realizadas en la experiencia piloto

1. Los alumnos asistían a clases regladas de teoría en horario fijo, pero gracias a los PowerPoint se pudo reducir el número de horas de teoría, incidir en conceptos globales importantes y dejar a disposición libre del alumnos otros aspectos de carácter más secundario.
2. Se establecieron, independientemente de las clases regladas, dos reuniones de trabajo semanales para cada pequeño grupo con el profesor-tutor para el

seguimiento de la materia. Cada cierto tiempo debían entregar los cuestionarios y se reflexionaba dentro del grupo sobre los conceptos aprendidos.

3. Las tutorías, ya fueran de carácter presencial o no, individual y colectivo fueron fundamentales en el programa
4. Se fijaron una reunión mensual a nivel de todos los alumnos de la experiencia con los tres profesores para discutir acerca de la marcha del trabajo de la asignatura.
5. Al final de la asignatura se fijó un día para la exposición pública de todos los trabajos prácticos desarrollados por cada alumno. Se motivó a los alumnos a elaborar un póster del trabajo que les obligaba a plasmar de forma esquemática los conceptos adquiridos.
6. Los profesores también mantuvieron reuniones semanales para reflexionar sobre los objetivos y las actuaciones.

5.4. Cumplimiento de objetivos planteados

Se realizaron dos encuestas, una a profesores y otra a alumnos. Se pedía una valoración de 0 (Nulo cumplimiento) a 5 (Máximo cumplimiento). Se expone a continuación un resumen de algunas respuestas significativas. Las conclusiones de esta encuesta deben ser tomadas con cautela dado el pequeño tamaño de la muestra.

En primer lugar se realizó una encuesta a los profesores que formaron parte de la experiencia con el objetivo de conocer su grado de satisfacción de la misma. Con dicho fin, se plantearon las tres preguntas siguientes:

- ¿Considera que la experiencia ha sido satisfactoria para el aprendizaje de los estudiantes en la asignatura de *Elasticidad y resistencia de Materiales*?
- ¿Cuál es la cantidad de esfuerzo realizado en comparación con la enseñanza tradicional?
- ¿Considera que la experiencia piloto realizada puede servir como guía para la adecuación al EEES en su área de conocimiento?

Los resultados dicha encuesta para cada una de las preguntas planteadas aparece en la figura 5.1.

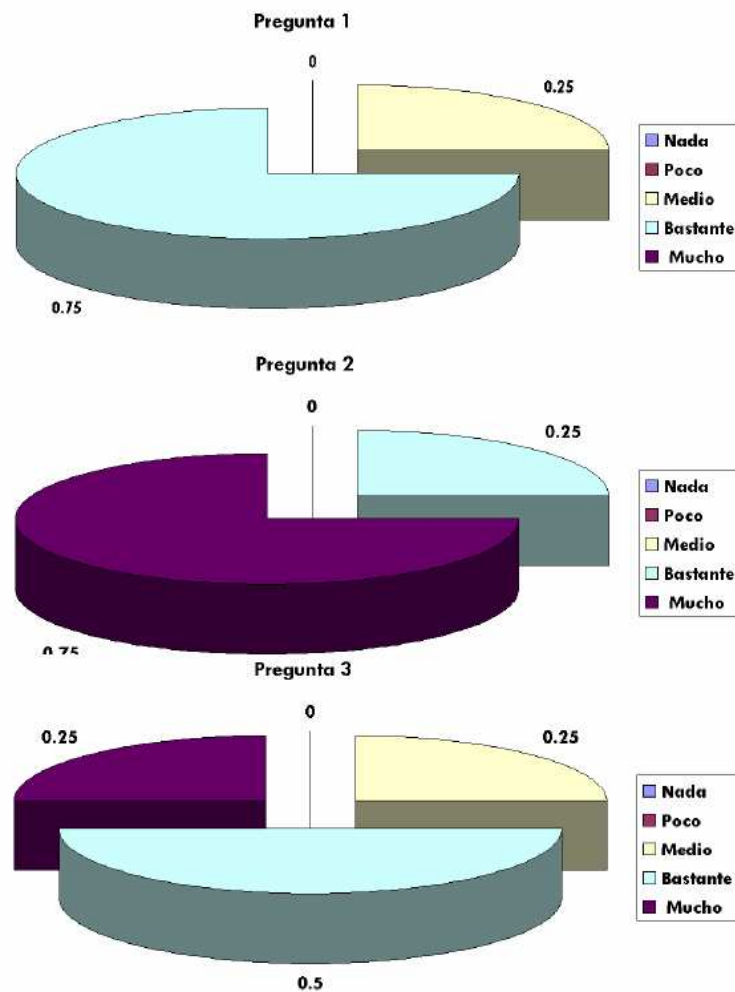


Figura 5.1: Resultados de la encuesta realizada a los profesores participantes de la experiencia piloto

En último lugar se realizó una encuesta a los estudiantes que formaban parte del grupo de trabajo a la que se les preguntó:

- ¿Considera que la experiencia ha sido satisfactoria para su aprendizaje en la asignatura de *Elasticidad y resistencia de Materiales*?
- ¿Considera que la experiencia ha influido en los resultados de otras asignaturas?
- ¿Considera que la metodología empleada posee ventajas respecto del sistema tradicional?

Los resultados dicha encuesta para cada una de las preguntas planteadas aparece en la figura 5.2.

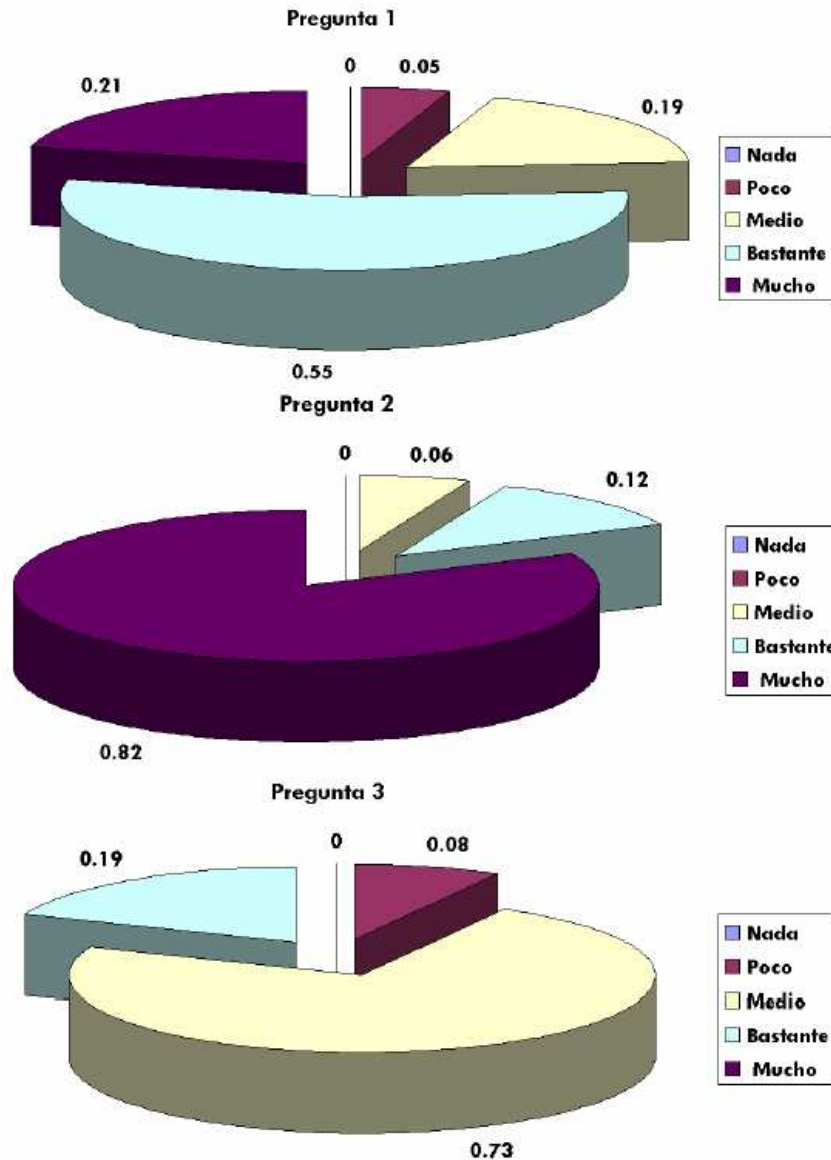


Figura 5.2: Resultados de la encuesta realizada a los estudiantes participantes de la experiencia piloto

5.5. Conclusiones de la experiencia piloto

En función de la experiencia y de los resultados obtenidos en las preguntas a podrían ser:

1. La inercia del sistema de enseñanza tradicional es muy grande para los profesores. Se requieren un esfuerzo y motivación elevados para no caer en la tradicional clase magistral y docencia basada en contenidos. Se necesitaron varias reuniones entre los profesores para fijar estrategias y prioridades.

2. El coste en horas de dedicación para los profesores es tremendamente elevado. Imaginamos y deseamos que sea debido a la necesidad de preparar todo el material, y a la novedad de la experiencia, y que por tanto, en cursos sucesivos, está dedicación tienda a un valor más normal.
3. Los alumnos tampoco están suficientemente preparados para este cambio tan notable. Ellos están acostumbrados a asistir a clase, copiar apuntes y estudiar individualmente en casa. Para ellos una enseñanza menos guiada también supone un esfuerzo grande. Actividades como búsqueda autónoma de información, elaboración de informes, reflexión sobre conocimientos adquiridos son muy nuevas para ellos.
4. En la actualidad, y tal y como están planteados los planes de estudios, este tipo de experiencias piloto, aunque positivas desde el punto de vista del aprendizaje de la asignatura, supone un esfuerzo añadido que puede repercutir negativamente en el resto de asignaturas cursadas simultáneamente.

6.- Conclusiones

Es difícil establecer unas conclusiones de carácter general en este estudio realizado. Respecto a la respuesta del alumnado, se puede observar que la inercia que posee la enseñanza tradicional es muy elevada. El cambio de esquema desde una enseñanza basada en los conocimientos a un concepto de aprendizaje más centrado en el trabajo autónomo y las competencias supone un salto cualitativo enorme para los alumnos.

En cuando al profesorado, conviene destacar que es necesaria una tarea de mentalización elevada. El esfuerzo requerido para el cambio a este nuevo concepto de enseñanza es grande. Esto conlleva continuas tareas de reflexión y reunión constante entre todos los profesores para enfocar de manera continua los objetivos. No obstante, creemos que el esfuerzo realizado es necesario y ha sido positivo. Por un lado la tarea de ordenación, recopilación y nuevo enfoque de todo el material disponible de cara a la nueva enseñanza ha sido tiempo adelantado. En segundo lugar, todo el esfuerzo de reflexión permite prever probables contrariedades que hubieran surgido en un futuro próximo y adelantar soluciones a las mismas. En general estamos muy contentos con el trabajo realizado y la experiencia adquirida.

Nos gustaría destacar, que aunque la línea de aprendizaje y documentación y software desarrollado asociado a ella es particular para la asignatura de *Elasticidad* y

Resistencia de Materiales, la metodología desarrollada es fácilmente generalizable a otras asignaturas del área como “Teoría de Estructuras e introducción al Método de los Elementos Finitos” por tratarse ambas de asignaturas que introducen conceptos básicos.

Por lo general se espera que la introducción de los medios y nuevas tecnologías en las prácticas educativas mejore cualitativamente la enseñanza, asociándose muy frecuentemente el trabajo con medios y nuevas tecnologías al desarrollo de experiencias innovadoras. Ahora bien, no se puede decir que la mera introducción de los medios en los centros y en las aulas constituya en si misma una innovación educativa ya que la trascendencia de la experiencia de trabajo con ellos, sus aportaciones educativas y su carácter innovador depende en gran medida de las personas que las utilicen y cómo lo hagan y del contexto o marco de condiciones en el que se introduzcan. Los medios y nuevas tecnologías ofrecen una serie de posibilidades que cobran sentido dentro de las propuestas educativas y que pueden dar lugar, sólo en este marco, a cambios sustanciales o mejoras de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

7.- Agradecimientos

Los Autores quieren agradecer la financiación recibida de la Universidad de Zaragoza a través del *Programa de Enseñanza Semipresencial de la Universidad de Zaragoza*, dentro del apartado “Acciones de producción de material docente” y del Ministerio de Ciencia y Tecnología a través del programa Nivel B de los Proyectos Piloto (Diseño metodológico para una o varias asignaturas de una Titulación) con el proyecto “Diseño de metodologías de formación para la asignatura *Elasticidad y Resistencia de Materiales* dentro del proceso de convergencia hacia un Espacio Europeo de Educación Superior”. Por último, también quieren agradecer al profesor José Manuel García Aznar del Área de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras por su colaboración en la elaboración de las transparencias de teoría.

8.- Bibliografía

- [1]. Anillo Digital Docente de la Universidad de Zaragoza (*Digital Docent Web of the University of Zaragoza*). In Spanish. Available at <http://add.unizar.es>.
- [2]. Cabero J., Diseño y Evaluación de un Material Multimedia y Telemático para la Formación y Pefccionamiento del Profesorado Universitario Para la Utilización de las Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Docencia. *Informe de la Secretaria de Educación y Universidades*.

- [3]. Dunkin M., *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education*.(Ed). Oxford, Pergamon Press (1987).
- [4]. Fisher M., Integrating information technology: competency recommendations by teachers for teachers training. *J. Information Technology for Teacher* **5** (1996) pp. 233–238.
- [5]. Hoffman B, What drives successful technology planning?. *J. Information Technology for Teacher* **5** (1996) pp. 1–2.
6. Morgan Ch and O'Really M. *Assesing open and distance learners*. London, Kogan Page (1999).