

DESARROLLO DE MODELOS WEB DE EXPERIMENTACIÓN NUMÉRICA Y DE MODELOS EXPERIMENTALES CON SOPORTE COMPUTACIONAL PARA ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO DE ESTRUCTURAS

Juan C. Mosquera ^{1*}, Iván Muñoz ¹, Beatriz González ² y Luis Cueto-Felgueroso ³

1: Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de estructuras
ETS Ingenieros de Caminos
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail: {juancarlos.mosquera, ivan.munoz}@upm.es
web: [http://](http://ingstruct.mecanica.upm.es/) <http://ingstruct.mecanica.upm.es/>

2: Departamento de Ingeniería civil: construcción, infraestructura y transporte
ETS de Ingeniería Civil
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail: beatriz.gonzalez.rodriigo@upm.es

3: Departamento de Ingeniería civil: hidráulica, energía y medio ambiente
ETS Ingenieros de Caminos
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail: luis.cueto@upm.es

Resumen. *Se acomete la elaboración de herramientas de ayuda al aprendizaje experiencial autónomo. Por una parte, alcanza el desarrollo de aplicaciones MatLab de simulación a disposición de los alumnos de Master: una vez que han asistido al ensayo de laboratorio, podrán reproducirlo virtualmente en su ordenador. Por otra, comprende 2 prácticas de Resistencia de Materiales, codificadas mediante técnicas web para que experimenten virtualmente sobre modelos de estructuras sencillas. Los alumnos pueden elegir los datos y visualizar en tiempo real la respuesta estructural. Se aspira a que puedan intuir o anticipar las zonas más solicitadas de una estructura ante unas acciones dadas y percibir el significado real de conceptos abstractos.*

Palabras clave: Aprendizaje experiencial, uso de TICs, entornos personales de aprendizaje, recursos educativos en abierto, elaboración de material docente, internacionalización

1. Introducción

Esta colaboración de la UPM con la UDEP (Perú) en la aplicación de las TIC a la enseñanza es un ejemplo de internacionalización [1]. Se basa en recursos utilizables por unidades docentes de ingeniería [2]. Facilita que los alumnos asimilen y dominen conceptos abstractos, símbolos, ecuaciones... y aprendan a su propio ritmo. Les permite consolidar capacidades de razonamiento espacial y ejercitarse en niveles avanzados de la pirámide de aprendizaje: evaluar y analizar. Existen conceptos básicos en asignaturas troncales de ingeniería que se aplican posteriormente en materias avanzadas de cursos posteriores o del ejercicio profesional. Son conceptos fundamentales, ligados al razonamiento espacial, tales como equilibrio, estabilidad, deformaciones esfuerzos, continuidad, caudal, fricción, calado, inercia, modos propios de vibración, etc, que son entendidos a priori por los alumnos. Pero para algunos, su aplicación a casos prácticos que requieran habilidades espaciales se vuelve en ocasiones compleja y elusiva.

2. Descripción y desarrollo

El objetivo operativo del proyecto es incorporar mejoras específicas en la práctica docente de Resistencia de Materiales (Grado) y de Análisis Experimental de Estructuras y de Cálculo dinámico y sísmico de estructuras (Master): páginas web [3] con problemas de Resistencia de Materiales que aglutinan los conocimientos y capacidades que los alumnos deben adquirir y dominar (Grado); y apps codificadas en MatLab para simular ensayos de laboratorio (Master). Ambas herramientas permiten llevar a cabo las técnicas de estudio dirigido, autoevaluación, evaluación por pares y aula invertida [4]. Las páginas web permiten además publicar las soluciones de los problemas de un examen nada más terminado. Así, el proyecto comprende dos líneas:

* Apoyo experimental a las prácticas de laboratorio, integradas en asignaturas de Master. Dichas prácticas pretenden capacitar para visualizar y comprender las características dinámicas, la respuesta dinámica y cómo instrumentar para identificar características y respuesta. El objeto es que el alumno, tras asistir al ensayo de laboratorio durante el curso, pueda reproducirlo virtualmente en su ordenador o tableta, mediante una app de simulación (codificada en entorno MatLab, objeto de este proyecto). Así el alumnado puede aprender autónomamente a partir de lo presenciado en el laboratorio. Esto permitirá dedicar mayor número de clases a realizar otros proyectos y resolver problemas.

* Desarrollo de un entorno interactivo basado en técnicas web sencillas (HTML, JavaScript, librerías JQuery y minivideos), orientado a que los estudiantes de Resistencia de Materiales puedan dominar los conceptos de esfuerzos y deformaciones a lo largo de una estructura, vislumbrar sus zonas más solicitadas y analizar cómo influyen su configuración (dimensiones y la sustentación) y flexibilidad (propiedades materiales y mecánicas) sobre su respuesta ante ciertas acciones.

Ambas líneas son aplicables en asignaturas de Hidráulica, para el estudio del flujo en canales o tuberías, del efecto de elementos de contorno sobre el caudal circulante.

3. Ejemplos

En la Fig. 1 se muestra un ejemplo del fenómeno dinámico conocido como *beat*.

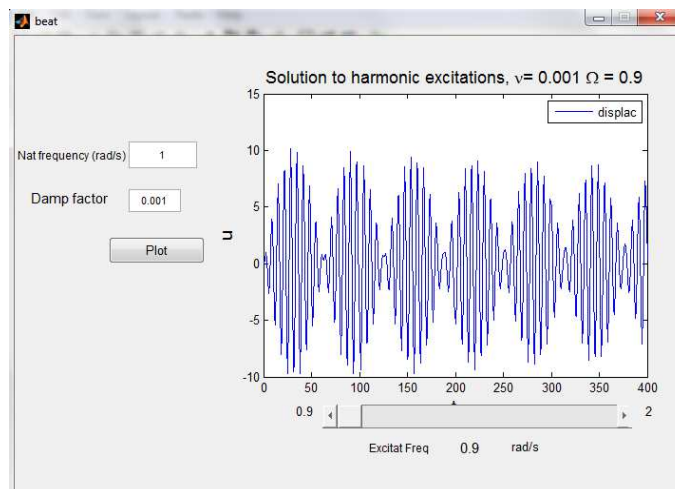


Figura 1. Estudio del fenómeno *beat*.

Se ha implementado una app de MatLab para determinar la respuesta dinámica de un sistema de 1 grado de libertad ante una excitación armónica en condiciones próximas a la resonancia. En la Fig. 2 se aprecia su efecto: cómo al variar levemente la frecuencia de excitación, la respuesta del sistema cambia notablemente.

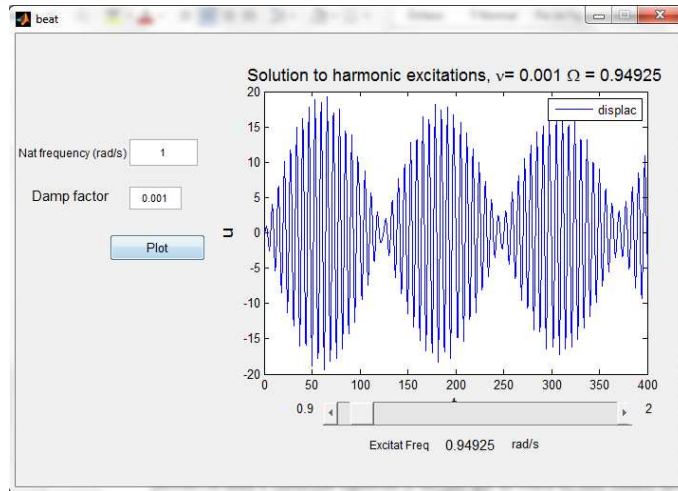


Figura 2. Variación de la respuesta del sistema durante el fenómeno *beat*.

En cuanto al repositorio de problemas de Resistencia de Materiales disponibles en la web, se muestra un caso que tradicionalmente a los alumnos les resulta complicado entender y, más aún, aplicar para discernir las zonas más afectadas en una viga: las líneas de influencia, utilizadas en proyectos de puentes, son un concepto esencial de la ingeniería de estructuras. El ejemplo aborda, para una viga continua de dos vanos, la determinación de las líneas de influencia del momento flector en cada centro de vano. Está codificado en HTML5 y JavaScript. En la Fig. 3 se muestra la pantalla de enunciado y entrada de datos. El usuario puede especificar las longitudes de los vanos. Al pulsar el botón “Calculate” obtiene los valores de los momentos flectores más desfavorables en los centros de cada vano y qué zonas de la viga se han de cargar para producir dichos valores pésimos. Además obtiene representaciones gráficas dinámicas (ligadas a los movimientos del puntero del ratón que realice el usuario), que permiten estimar (Fig. 4) la repercusión de aspectos como la igualdad o no de las longitudes de los vanos sobre la respuesta del puente a una carga móvil.

Exercise 7

Influence line for the bending moment at mid-spans in a two-span continuous beam

A two-span continuous beam with span lengths L_1 and L_2 , respectively, has constant flexural stiffness EI . A downward uniformly distributed load with intensity $q=1\text{kN/m}$ can occupy any region on the beam.

1) Determine which region must be occupied by the uniformly distributed load, so that, at either of the two mid-spans (**D** or **F**):

- The maximum positive bending moment occurs.
- The worst negative bending moment occurs.

Determine at which point (**D** or **F**) each maximum occurs, and its value.

2) Plot the influence lines diagrams for the bending moments at **D** and **F** and express their ordinates at mid-spans.

Beam parameters

L_1 (m):	12	L_2 (m):	9	Calculate	Clear
------------	----	------------	---	-----------	-------

Figura 3. Enunciado de un problema disponible en la web sobre líneas de influencia.

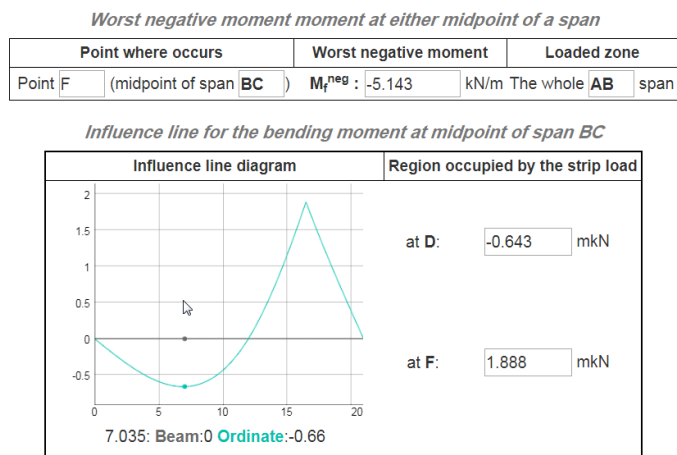


Figura 4. Resultados dinámicos a petición del usuario.

Otros vínculos a lo largo de la página remiten al usuario a explicaciones teórico-prácticas que conducen a esos resultados. Igualmente se pueden ampliar prestaciones con la inclusión de enlaces a minivideos o incluso marcadores de realidad aumentada.

4. Conclusiones

Se presenta un sistema implementado mediante herramientas estándar (HTML5, JavaScript y MatLab), para mejorar el aprendizaje experiencial y autónomo de los alumnos. Es propicio para que ejerciten funciones avanzadas de la pirámide de aprendizaje, la mejora de la calidad de la docencia y para poder realizar prácticas de aula invertida, evaluaciones por pares o estudio dirigido en el aula. El sistema facilita que los alumnos puedan simular experimentos análogos a los de las prácticas de laboratorio. Se plantea su aplicabilidad a otras asignaturas tecnológicas básicas de ingeniería. Se considera que es un entorno versátil e idóneo por su internacionalización y escalabilidad en cuanto aplicación de las TICs a la enseñanza superior.

REFERENCIAS

[1] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2014). *Estrategia para la internacionalización de las universidades españolas 2015 – 2020*. Recuperado de <<http://www.mecd.gob.es/educacion-mecd/dms/mecd/educacion-mecd/areas-educacion/universidades/politica-internacional/estrategia-internacionalizacion/EstrategiaInternacionalizaci-n-Final.pdf> >

[2] Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. D., & Smaldino, S. E. (2001). *Instructional Media and Technologies for Learning*. Prentice Hall.

[3] Maquilón, J. J., García-Sánchez, A. y Mirete, A.B. (2014). Webs didácticas en educación superior: análisis de su contenido y valoración del estudiante. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 28(79), 95-114.

[4] Prieto Martín, A. (2017). *Flipped Learning. Aplicar el Modelo Aprendizaje Inverso*. Narcea.