

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS CON ENUNCIADO PERSONALIZADO PARA CADA ALUMNO, SUPERVISADOS *IN SITU* MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE SOFTWARE

SUÁREZ MEDINA, Fº Javier; GRANADOS ROMERA, Juan José; CHAMORRO ALFONSO, Carlos

Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Granada. Edificio Politécnico. Campus Fuentenueva s/n. 18.071 GRANADA. Tef.: 615952013. E-mail: fjsuarez@ugr.es, jjgr@ugr.es, cchamorro@ugr.es

Resumen

Se expone la experiencia de los autores en el desarrollo de las clases prácticas de la asignatura ESTRUCTURAS II de la ETS de Arquitectura de la Universidad de Granada, consistente en el desarrollo de ejercicios prácticos semanales con enunciado personalizado para cada alumno, previa elaboración de software que permite la supervisión y corrección *in situ* de los mismos.

El objetivo de esta metodología es la mejora de los tradicionalmente muy bajos índices de rendimiento académico en las asignaturas de estructuras, propiciando la participación del alumno en las clases mediante la resolución de ejercicios prácticos semanales de enunciado personalizado.

Palabras clave

Estructuras, Software, Matricial.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

El cálculo de estructuras constituye una de las disciplinas básicas en las carreras de ingeniería y arquitectura. El objetivo es conseguir que el alumno, a partir de la comprensión de los fundamentos teóricos del comportamiento mecánico de los materiales, asimile una serie de metodologías para el dimensionamiento práctico de elementos estructurales reales.

La enseñanza tradicional del cálculo de estructuras consiste en la resolución por parte del profesor de una serie de ejercicios prácticos. El alumno copia la resolución de cada ejercicio desarrollada por el profesor en la pizarra, y la archiva hasta el momento de su estudio, con la inevitable tendencia a hacer un ejercicio de memorización de casos resueltos, dificultando la asimilación de los conceptos, con el agravante añadido de que, habitualmente, los apuntes del alumno contienen múltiples errores de transcripción.

El aprendizaje de la mecánica de las estructuras debe de realizarse mediante el planteamiento por el propio alumno de una secuencia de esquemas de esfuerzos equilibrados, de tal forma que si los sucesivos planteamientos se han hecho de forma correcta, se llega al resultado correcto.

La evaluación del alumno se hace mediante la realización de un examen consistente en varios ejercicios prácticos. Debido a que son ejercicios largos, es probable cometer errores de cálculo, que impiden alcanzar el final del ejercicio en condiciones de autocomprobación de equilibrio de reacciones, dificultando al profesor la detección de errores en los conceptos de comportamiento estructural.

La consecuencia de la metodología tradicional descrita son los valores, muy bajos, de los índices de rendimiento académico. Más del 50% de los alumnos matriculados ni siquiera se presenta al examen.

2. METODOLOGÍA PROPUESTA.

Mediante la elaboración por el profesor de programas de ordenador que ejecutan los algoritmos de resolución de los ejercicios prácticos previamente seleccionados, es posible la supervisión y evaluación in situ de los mismos, planteados con enunciados personalizados y resueltos en clase semanalmente por cada alumno bajo la dirección del profesor. La metodología docente que se propone, propicia la participación activa del alumno en el desarrollo de las clases prácticas, y permite la evaluación continua de su trabajo.

Las clases de la semana se agrupan en dos bloques, bloque teórico (20%) durante el cual se exponen los conceptos y desarrollos teóricos necesarios, y bloque práctico (80%), dedicado a la resolución de ejercicios prácticos.

El ejercicio práctico semanal, es planteado por el profesor en la pizarra, estableciendo los datos del problema de forma personalizada para cada alumno; por ejemplo, el valor de la carga aplicada en el nudo B es igual, en toneladas, a 10 por el último dígito significativo del DNI.

El profesor expone un esquema del proceso de resolución del ejercicio. El alumno, de forma individual o en grupos de dos o tres, desarrolla el ejercicio práctico, con la tutoría y asistencia permanente del profesor, el cual, con la ayuda de un ordenador portátil, y con programas de ordenador desarrollados expresamente, puede ir comprobando en el momento, la bondad de los resultados parciales obtenidos por cada alumno. Como cada alumno trabaja con datos personalizados, si quiere llegar al final, no le queda otro camino que involucrarse de lleno en la comprensión del proceso de resolución.

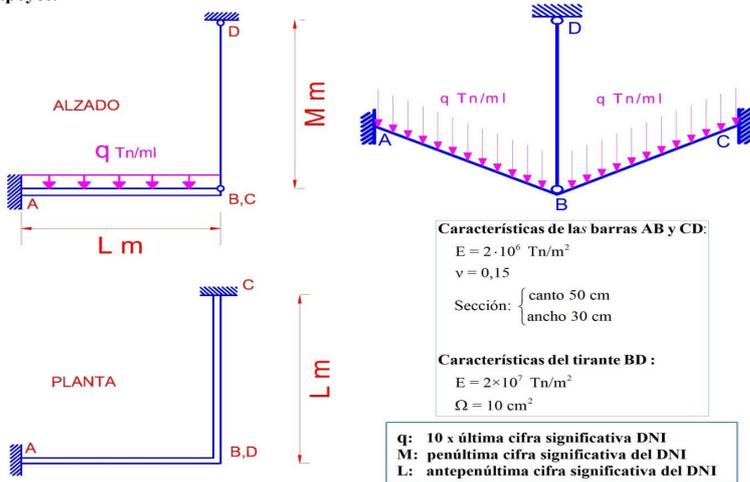
En la última media hora de clase, se recoge el ejercicio práctico, y una vez recogido, el profesor expone en la pizarra la resolución completa del mismo, estableciéndose un auténtico debate espontáneo con alta participación del alumnado (no en vano durante varias horas ha estado concentrado en el mismo), sobre el proceso de resolución.

Durante la semana, y con la ayuda de los programas de ordenador desarrollados, el profesor puede supervisar y corregir el ejercicio personalizado y resuelto por cada alumno, comunicándole los resultados y devolviéndole el ejercicio en la semana siguiente. La evaluación de las prácticas semanales se adjunta a la evaluación del examen final para formar la nota definitiva.

Con la metodología propuesta se consigue una mayor participación del alumno en clase y por lo tanto en el desarrollo del curso, y en consecuencia se mejora notablemente el rendimiento académico.

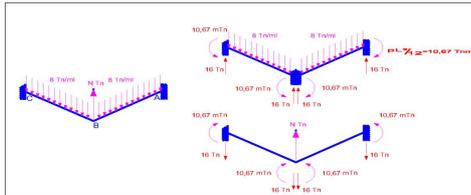
3. EJEMPLO DE PRÁCTICA CON ENUNCIADO PERSONALIZADO.

En la estructura representada en la figura (emparrillado) las barras AB y BC están sometidas a una carga uniformemente repartida de q Tn/ml. Mediante análisis matricial calcular el movimiento del nudo B, el esfuerzo del tirante BD y las reacciones en los apoyos.



Descomposición en estados:

Carga (Tn/ml): 8
 Longitud de la barra (m): 4
 Momento de emparrillamiento (Tm): 10,67
 Reacción de apoyo (Tn): 16,00



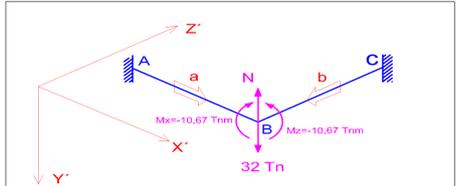
Características de las barras:

Barras	Alto(mm)	Canto(mm)	Area(cm²)	L(m)	E (Tn/m²)	E (Tn/m)	alpha(cm)	beta(cm)	EAL (Tn/m)				
a	0,35	0,5	0,175	4	200000	200000	0,0036	0,00543	87500	7291,6667	1822,9167	456,729167	113,8322917
b	0,35	0,5	0,175	4	2000000	2000000	0,0036	0,00543	875000	7291,6667	1822,9167	456,729167	113,8322917

Características del tirante:

Longitud (m)	Area (cm²)
4	10

Sistema de referencia global:



Carga uniforme en barras (Tn/ml):

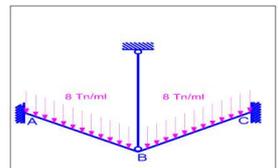
Barra a: 8
 Barra b: 8

Matriz de rigidez de la barra a:

1180,93	0	0	-1180,93	0	0
0	1387,1875	-2734,375	0	-1387,1875	2734,375
0	-2734,375	7291,666667	0	-2734,375	3645,8333
-1180,93	0	0	1180,93	0	0
0	-1387,1875	-2734,375	0	1387,1875	-2734,375
0	2734,375	-3645,833333	0	-2734,375	7291,6667

Matriz de rigidez de la barra b:

1180,93	0	0	-1180,93	0	0
0	1387,1875	-2734,375	0	-1387,1875	2734,375
0	-2734,375	7291,666667	0	-2734,375	3645,8333
-1180,93	0	0	1180,93	0	0
0	-1387,1875	-2734,375	0	1387,1875	-2734,375
0	2734,375	-3645,833333	0	-2734,375	7291,6667



Reacciones totales en A (SG):

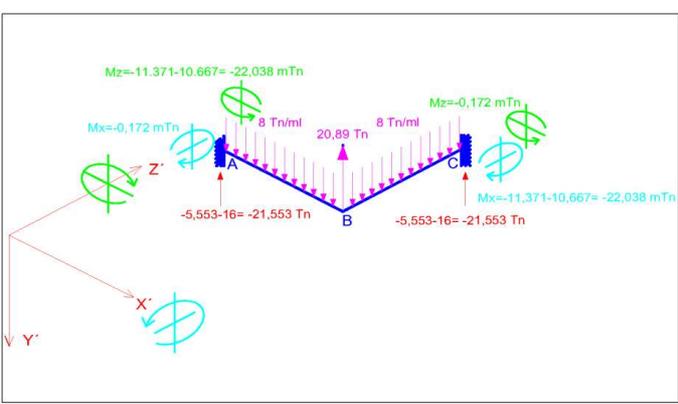
-0,172	Mx' (mTn)
-21,553	Py' (Tn)
-22,038	Mz' (mTn)

Reacciones totales en C (SG):

-22,038	Mx' (mTn)
-21,553	Py' (Tn)
-0,172	Mz' (mTn)

Comprobación de equilibrio:

0,000	Mx'
0,000	Py'
0,000	Mz'



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se evalúa la eficacia de la metodología docente propuesta contrastando en cursos académicos sucesivos, los siguientes parámetros docentes: nº de alumnos matriculados en la asignatura, nº de alumnos que ha realizado la totalidad de las prácticas correspondientes al curso académico, nº de alumnos que ha realizado un porcentaje elevado de las prácticas correspondientes al curso académico, resultados de la evaluación de las prácticas realizadas, nº de alumnos que se presentan al examen final, nº de alumnos que han aprobado el examen, y correlación entre los alumnos que han aprobado el examen, y los alumnos que han realizado las prácticas correspondientes al curso académico.

Se incluyen a continuación los resultados obtenidos en el CA 2007/08, sobre un total de 162 alumnos matriculados, en la asignatura ESTRUCTURAS II grupo C de la ETS de Arquitectura de Granada.

Aprobados según participación en las prácticas de clase. Curso 07/08. Estructuras II grupo C, Arquitectura, Universidad de Granada

	Alumnos con más del 80% de las prácticas resueltas		Alumnos con más del 70% de las prácticas resueltas		Alumnos con más del 50% de las prácticas resueltas		Alumnos con más del 10% de las prácticas resueltas		Alumnos con menos del 10% de las prácticas resueltas	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Número de alumnos	7	100%	28	100%	53	100%	82	100%	74	100%
Aprobados en Junio	7	100%	17	60.7%	27	50.9%	27	32.9%	2	2.7%
Aprobados en Septiembre	0	0%	4	14.3%	7	13.2%	10	12.2%	3	4.1%
Aprobados en Diciembre	0	0%	2	7.1%	2	3.8%	2	2.4%	0	0.0%
Total de aprobados	7	100%	23	82.1%	36	67.9%	39	47.6%	5	6.8%

5. CONCLUSIONES

Los resultados incluidos en la tabla expuesta anteriormente, correspondientes al CA 2007/08 y a la asignatura ESTRUCTURAS II grupo C de la ETS de Arquitectura de la Universidad de Granada, ponen de manifiesto la eficacia de la metodología docente expuesta, al establecerse una fuerte correlación entre los alumnos aprobados y aquellos que han realizado un alto porcentaje de las prácticas propuestas.

Bibliografía

- Przemieniecki, J.S. (1968), Theory of Matrix Structural Analysis, McGraw-Hill.
 Rubinstein, M. F. (1966), Matrix Computer Analysis of Structures, Prentice-Hall.
 McGuire-Gallagher (1979), Matrix Structural Analysis, John Wiley.
 Armenakas, A. E. (1991), Modern Structural Analysis, McGraw-Hill.