

INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN CIENTÍFICA EN ASIGNATURAS DE MATEMÁTICAS PARA INGENIERÍA

Gabriela Sansigre*

GIE Matemáticas del Área Industrial
Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería Industrial
ETSIDI y ETSII
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail: gabriela.sansigre@upm.es

Resumen. *En este documento presentamos el trabajo que hemos desarrollado a lo largo del año 2018 parte de los integrantes del GIE de Matemáticas del Área Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid. Nuestro grupo se comprometió con la estrategia de Aula Invertida en el proyecto “Herramientas para aula invertida en asignaturas de matemáticas en Industriales” desarrollado durante el año 2017, en este proyecto nos propusimos continuar en la línea de aula invertida introduciendo la computación científica. Decidimos empezar con Álgebras en primer curso del grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales GITI (500 alumnos). Explicaremos la tarea desarrollada en ese curso y el trabajo desarrollado en Ampliación de Cálculo GITI en dos grupos (150 alumnos) y en Matemáticas III (50 alumnos) del grado en Ingeniería de Organización. Desarrollamos documentos de autoaprendizaje con LaTeX y cuestionarios con Moodle.*

Palabras clave: Alumnos nuevo ingreso, aula invertida, autoaprendizaje, evaluación del autoaprendizaje, grupos numerosos, competencias específicas, Moodle.

1. Introducción

Las matemáticas desempeñan un importante papel en el currículum de un ingeniero [1], sin embargo no es infrecuente que los estudiantes las perciban como formativas desde un punto de vista teórico pero sin aplicación en los problemas prácticos a los que se ha de enfrentar un ingeniero en el desempeño de la práctica profesional. Con el proyecto *Introducción a la Computación Científica en asignaturas de Matemáticas para Ingeniería* nos hemos propuesto transmitir a los estudiantes la importancia real de las matemáticas más allá de las aulas y para ello hemos diseñado unas prácticas de computación en las que desde primer curso se enfrenten a la resolución de un problema real. La estrategia elegida ha sido la de *Aula Invertida* [2,3,4], que ofrece el valor añadido de estimular a los estudiantes a hacerse cargo de su propio aprendizaje. El reto al que nos enfrentábamos era diseñar unas prácticas asequibles, y útiles para asignaturas con un elevado número de estudiantes (en Álgebra en torno a 500). Dado que la universidad cuenta con licencia de Campus de MatLab elegimos este programa, tanto por su versatilidad como por ser utilizado habitualmente en cursos superiores en nuestra Escuela.

2. Metodología

Las prácticas de computación se han aplicado a varias asignaturas que alcanzan a tres grados (GITI, GIQ y GIO). A modo de ilustración describimos con más detalle el

* coordinadora del PIE, en nombre de los participantes: Jorge Álvarez, Bernardo de la Calle, Elena Domínguez, Pablo Gómez, Carlos González, Luis Sanz, Alejandro Zarzo

procedimiento aplicado a la asignatura de Álgebra (6 créditos ECTS) del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI), un grado de altísima aceptación entre los estudiantes, que goza de la acreditación ABET y en el que nos enfrentamos al reto de formar a 500 alumnos con unos medios técnicos (de profesorado y aulas) no siempre óptimos, en cuanto a que la carga del profesorado no es pequeña y el espacio es limitado.

El método que hemos seguido para implementar la introducción a la Computación Científica se ha desarrollado en tres etapas. Una primera etapa en la que hemos diseñado unos tutoriales de autoaprendizaje de MatLab. Estos tutoriales, escritos con ayuda de un becario adscrito al proyecto, gozan de alta precisión científica y técnica pero están escritos con un lenguaje asequible para que puedan estudiarse sin ayuda. De forma muy dirigida ayudan al estudiante a introducirse en los rudimentos del programa. En esta primera fase de aprendizaje los alumnos disponen de foros de dudas para consultar las dificultades que puedan surgirles. Seguidamente se diseña la práctica propiamente dicha y que se realiza en laboratorio de ordenadores, los alumnos se distribuyen en grupos de alrededor de 40 participantes. Las preguntas a las que deben enfrentarse los estudiantes son parecidas a las que han trabajado en el tutorial, pero ahora el formato es el de un cuestionario de Moodle; para evitar interacción entre los estudiantes las preguntas de los cuestionarios se ordenan de forma aleatoria. La tercera etapa es la calificación, que es automática, si bien antes de hacerla pública siempre se revisa. Las prácticas tienen carácter obligatorio, es imprescindible aprobarlas y la calificación sirve para mejorar la nota final.

En la oxidación del dióxido de azufre se obtiene trióxido de azufre

$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3.$$

Se sabe que la constante K de equilibrio para gases de la reacción es función de la temperatura. La siguiente tabla muestra los valores de K para distintas temperaturas en grados Kelvin. (Tabla 20.3, Química General, Petrucci).

T	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150
K	910	170	42	10	3.2	1	0.39	0.12

Copie, pegue en su sesión de trabajo de MATLAB y ejecute las siguientes instrucciones:
 $T = [800; 850; 900; 950; 1000; 1050; 1100; 1150];$
 $Kp = [9.1e2; 1.7e2; 4.2e1; 1.0e1; 3.2; 1.0; 3.9e-1; 1.2e-1];$

(Véase el problema práctico de la página 11 del guion.)
 Para los puntos $(1/T_i, \log Kp_i)$, $i = 1, \dots, 8$, construya en su sesión de MATLAB la matriz \mathbf{A} y el vector \mathbf{b} del sistema de ecuaciones (ecuación (1) del guion) cuya solución de mínimos cuadrados da la recta de ajuste.

1. Extraiga los elementos (5,2) y (2,1) de la matriz \mathbf{A} y copie los resultados en el espacio reservado para ello debajo del enunciado.
2. Extraiga la cuarta y la sexta componente del vector \mathbf{b} y copie los resultados en el espacio reservado para ello debajo del enunciado.

Construya en su sesión de MATLAB la matriz $\mathbf{A}^T \mathbf{A}$ y el vector $\mathbf{A}^T \mathbf{b}$ correspondientes al problema de mínimos cuadrados, asignándoselos a las variables `NormalesA` y `Normalesb`, respectivamente.

3. Resuelva el sistema de ecuaciones normales utilizando la barra invertida de MATLAB y copie el resultado en el espacio reservado para ello debajo del enunciado.

Figura 1. Ejemplo de una pregunta de la segunda práctica de Álgebra.

En otras asignaturas menos masivas, como por ejemplo en Álgebra del Grado en Ingeniería Química, la técnica aplicada ha sido la misma, pero la calificación forma parte de la evaluación continua del alumno con un peso del 15%; este peso, relativamente alto, transmite a los estudiantes la importancia real de las prácticas que están haciendo, como ejemplo en la tabla de la Figura 1 se muestra un ejercicio de la segunda práctica.

En segundo curso hemos hecho una experiencia piloto con dos grupos de Ampliación de Cálculo (3 créditos) de GITI. Los alumnos declararon en la encuesta que se realizó después de la práctica que conocían poco el programa, pero su respuesta a la práctica fue altamente positiva (Figura 2).

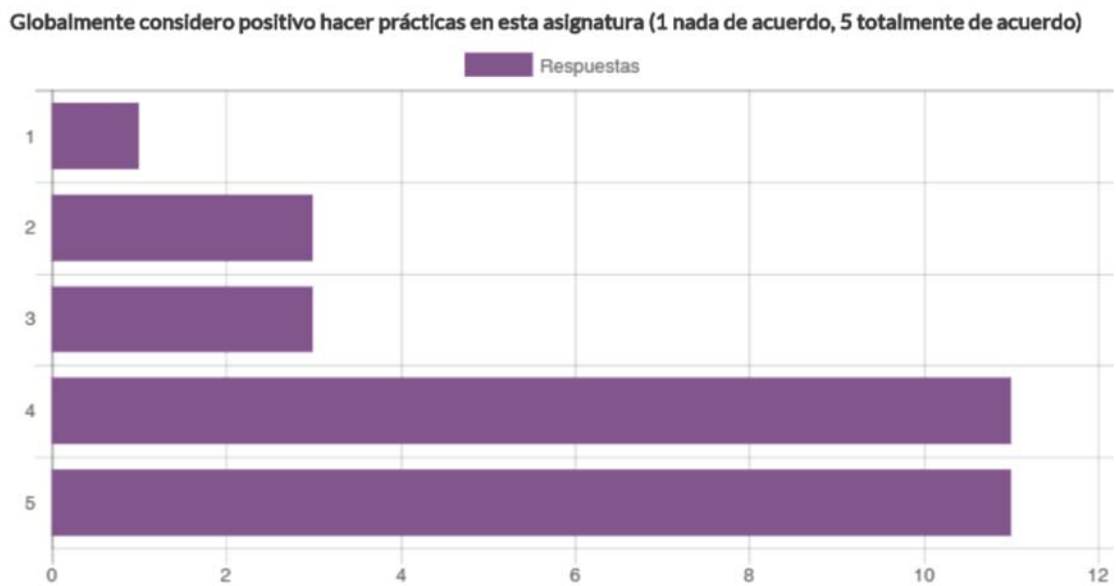


Figura 2. Respuesta de los alumnos de segundo al interés de la práctica.

La práctica se desarrolló conforme a un esquema algo distinto al de primer curso. Se elaboró un guion (tutorial) en el que se explicaban la base de la integración numérica en una, dos y tres dimensiones. Para ello fue preciso enseñar a los alumnos algunos rudimentos de programación en MatLab (scripts, funciones, etc.) Además en la práctica tenían que dar tanto respuestas teóricas como numéricas, se muestra un ejemplo en la Figura 3.

Ejercicio 1. Sea Γ una curva con forma de hélice parametrizada por

$$\gamma(t) = (\cos t, \sin t, at), \quad 0 \leq t \leq 2\pi$$

sobre la que hay una densidad lineal de carga constante $\rho_1(x, y, z) = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}$.

Q 1.1 Calcular el valor positivo de a para que la longitud de la curva sea $\sqrt{17} \pi/2$.

Q 1.2 Escribir un `function-file` de Matlab `Pot=P_lineal(r)` que calcule de forma numérica el potencial eléctrico total en el punto $\mathbf{r} \in \mathbb{R}^3$ generado por la hélice Γ y calcular dicho potencial en el punto $(2, 1, 4)$. Para chequear el programa se puede utilizar que el potencial en el punto $(1, 1, 1)$ vale $1.0153\text{e}+06$

Figura 3. Ejemplo de una pregunta en la práctica de segundo curso.

En Matemáticas III del Grado en Ingeniería de Organización (GIO) se realizaron dos prácticas de computación. De la encuesta realizada extraemos, por ejemplo, que el 68% de los alumnos consideran que el guion está bien explicado y es suficiente para realizar la práctica en el aula. Sin embargo se detectó que una gran parte de los alumnos no había preparado suficientemente el guion y demandó ayuda constante durante la práctica. El profesor señaló asimismo que algunos alumnos acuden a la práctica con la mentalidad de “cumplir un trámite” y no aprovechan la oportunidad que se les brinda.

3. Conclusiones

Las técnicas de aula invertida que hemos descrito, así como la introducción de prácticas de computación científica no son, en sí mismas, una novedad. Lo que creemos interesante destacar de nuestra propuesta es que hemos conseguido introducir computación científica entre estudiantes de primer curso, ellos han asumido el esfuerzo de aprender por sí mismos los rudimentos del programa –recordemos que hasta el segundo semestre no tienen una asignatura de programación–, han entendido la importancia de la resolución numérica de sistemas lineales, se han enfrentado a problemas de condicionamiento y están mejor preparados para enfrentarse a las asignaturas de Métodos Numéricos que se imparten en tercer curso.

Por otro lado, hemos implementado asimismo una experiencia piloto en segundo curso, en una asignatura de integración y los estudiantes han manifestado de forma mayoritaria que la experiencia había resultado muy interesante. Es nuestra intención profundizar en el desarrollo de las herramientas PresentaTex y PreguntaTex [5,6], sacar el máximo partido de la plataforma Moodle, para lo que contamos con la ayuda del GATE de la UPM y en el futuro deseamos complementar la documentación de autoaprendizaje con vídeos de corta duración. Los resultados que presentamos en este documento han sido asimismo desarrollados en un artículo que se presentará en ICERI2018.

REFERENCIAS

- [1] E. Goold, The Role of Mathematics in Engineering Practice and in the Formation of Engineers (PhD. Thesis). Maynooth. Maynooth University, 2012.
- [2] J. Zarestky, W. Bangerth, Teaching High Performance Computing: Lessons from a flipped classroom, project-based course on finite element methods. Workshop on Education for High Performance Computing, 2014.
- [3] M. Caligaris, G. Rodríguez, L. Laugero, A first experience of flipped classroom in numerical analysis [Journal] // Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2016. Vol. 217. pp. 838 - 845.
- [4] M. Iborra Urios, E. Ramírez Rangel, J. H. Badia Córcoles, R. Bringué Tomás, J. Tejero Salvador, Implementing the flipped classroom to the subject “applied computing” of two engineering degrees at the University of Barcelona. Journal of Technology and Science Education. 2017. Vol. 7 (2).
- [5] PreguntaTex: una herramienta de Latex para trabajar con preguntas y respuestas. <http://dmaii.etsii.upm.es/~preguntatex>
- [6] PresentaTex: una herramienta de Latex para trabajar con presentaciones y material de autoaprendizaje. <http://dmaii.etsii.upm.es/~presentatex>