

# Innovaciones docentes en un proceso de mejora continua para una asignatura de fundamentos de programación en ingeniería industrial

Gerard Escudero<sup>1</sup>, Pedro Gomis<sup>2</sup>, Samir Kanaan<sup>1</sup>,  
Antoni Perez-Poch<sup>1</sup> y Sebastián Tornil<sup>2</sup>

Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona

<sup>1</sup>Dpto. Llenguatges i Sistemes Informàtics

<sup>2</sup>Dpto. Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial

Universitat Politècnica de Catalunya

Urgell 187, 08036 Barcelona

{gerard.escudero, pedro.gomis, samir.kanaan, antoni.perez-poch, sebastian.tornil}@upc.edu

## Resumen

Este artículo describe una serie de innovaciones docentes que se han llevado a cabo en el marco del compromiso de los autores con la mejora continua de su docencia. Las innovaciones se han introducido paulatinamente en una asignatura troncal del currículo de Ingeniería Técnica Industrial de tres especialidades (Electricidad, Mecánica y Química) en la EUETIB.

El contenido de la asignatura es de programación básica (Fundamentos de Informática) y forma parte de la fase selectiva de la titulación.

El conjunto de las innovaciones introducidas durante dos cursos académicos se describe en detalle para que pueda ser reproducido. Cada una de estas innovaciones ha sido introducida en prueba piloto en algún grupo o grupos de la asignatura, y posteriormente evaluada, de diferentes maneras, mostrándose los resultados parciales obtenidos hasta la fecha, que han sido satisfactorios.

Estas innovaciones serán introducidas durante el próximo curso en el resto de grupos de la asignatura. El hecho de que las innovaciones realizadas promuevan el trabajo activo y autónomo del alumno ayuda al proceso de enseñanza-aprendizaje por lo que nos permite mejorar la docencia de una asignatura básica de fase selectiva, de cara a la transición al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

## 1. Introducción

La asignatura de Fundamentos de Informática forma parte de la fase selectiva de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial de cuatro especialidades (Electricidad, Electrónica, Mecánica y Química) en EUETIB. El primer cuatrimestre constituye la fase selectiva de la titulación. Además, algunos de los grupos tienen un alto número de alumnos. Estas dos cuestiones hacen que se incremente significativamente la dificultad de la actividad docente y la introducción de estrategias de aprendizaje activo en el aula.

En el proceso de mejora continua de la asignatura se han realizado diversas pruebas piloto con el objetivo de mejorar la actividad docente. Estas pruebas se han realizado en un único grupo-clase para introducir gradualmente el aprendizaje activo en las aulas.

En la primera de ellas los alumnos realizan actividades para la creación y resolución de los exámenes parciales de programación, que luego son utilizados en su propia evaluación. La segunda innovación consiste en motivar a los alumnos a elaborar su propia lista de errores de programación frecuentes. Como tercera innovación los alumnos en el laboratorio deben realizar un Portfolio en el cual se incluye la lista de errores y una serie de trabajos realizados durante el curso así como otros elementos. Se incluyen finalmente prácticas de programación visual con la implementación de un juego gráfico

y una calculadora científica como aplicación práctica de la asignatura.

Cada una de estas actividades está descrita en una de las secciones de este trabajo, para facilitar su aplicación por parte de los docentes interesados.

## 2. Actividad 1: Enunciados de exámenes por parte de los alumnos

La actividad que se describe en esta sección se ha aplicado a una asignatura de introducción a la programación de la especialidad de química industrial. Esta es una asignatura troncal ubicada en el primer cuatrimestre de los estudios.

Hemos pretendido adaptar las experiencias de [1] a una la asignatura de introducción a la programación. En este trabajo se realizaban una serie de actividades con el objetivo de reducir la carga de trabajo del profesor. En nuestro caso, hemos intentado involucrar más al alumno en el proceso de evaluación, de cara a mejorar el aprendizaje continuo.

Partimos de la base de que en la asignatura se realizan los exámenes siguiendo siempre el mismo patrón (se pueden consultar en la Web de la misma: <http://webon.euetib.upc.es/fig>). Estos exámenes se realizan de esta forma siguiendo los criterios de objetivos obtenidos gracias a la participación en un curso realizado a tal efecto por el ICE de la UPC [2].

Partiendo de esta base y pensando en que se suministra a los alumnos la web de la asignatura el primer día de clase, se ha realizado una experiencia durante el curso de otoño 2007 que consiste en la realización de los enunciados y soluciones de los exámenes parciales de la asignatura por parte del alumnado. Asimismo, se les ha indicado que los exámenes se realizarían seleccionando los items de evaluación de entre el material que ellos entregarán.

La actividad se ha llevado a cabo en grupos de cuatro alumnos y su fecha de entrega ha sido una semana antes del propio examen. Para evaluar la actividad se valoró por igual el enunciado y la solución propuesta para el mismo. Cada uno de las dos propuestas de exámenes ha tenido un peso del 5% del global de la asignatura.

Una vez corregidos los documentos entregados se ha pasado a realizar el examen de la asignatura teniendo en cuenta no seleccionar más

de una pregunta de un grupo de alumnos. En la figura 1 se puede ver el enunciado del segundo parcial de la asignatura.

Al haber dicho de antemano que el examen se realizaría seleccionando preguntas de las actividades entregadas, se ha distribuido todo el material entre ellos y lo han utilizado como material de estudio.

En la prueba piloto realizada han presentado las dos actividades un 83% de los alumnos. Todos estos alumnos siguieron la asignatura hasta el final. El promedio de la nota de la actividad para los presentados ha sido de 7.0 y el de la nota final de la asignatura un 6.0. Un 82% de estos alumnos han aprobado la asignatura.

Al finalizar el curso se pasa una encuesta anónima a los alumnos, estandarizada, en la que no se han podido extraer conclusiones; los resultados han sido del mismo orden que en cursos anteriores. Eso sí, no se obtuvo ningún comentario negativo sobre la actividad.

A nivel personal, hemos observado que los alumnos han dedicado más tiempo a la preparación de los exámenes parciales. Primero para realizar esta actividad y a posteriori para mirarse lo que han entregado el resto de compañeros. Hemos recibido comentarios positivos de la actividad.

En vista de los resultados, consideramos que el diseño y resolución de exámenes es una herramienta positiva para el aprendizaje y nos planteamos de seguir en el mismo grupo con la misma en el próximo cuatrimestre. Nos proponemos poner más énfasis en la evaluación de la actividad, incluyendo cuestiones explícitas en las encuestas.

## 3. Actividad 2: FAQ de errores

Uno de los objetivos de la asignatura de fundamentos de informática es el de conseguir que los alumnos sean capaces de traducir un algoritmo en pseudocódigo a un lenguaje de programación de alto nivel, en nuestro caso Pascal. En nuestro planteamiento de este objetivo se prima la autonomía de los alumnos programando; se busca que dominen bien las instrucciones más habituales y se da menos importancia a que conozcan exhaustivamente todas las características del lenguaje.

Los traducción nivel en de 20 a semanal número a los lat largo de se enfi converti

fectados rores de solverlos diseñado problema reguntas , FAQ) lación y

	<b>Fonaments d'Informàtica (Química)</b>	<b>Prova: 2on parcial Grup: T1 Data: 17-12-2007</b>
<p>1. (1p) Doneu l'expressió equivalent en pseudocodi, amb el mínim nombre de parèntesis possible, de l'expressió aritmètica següent:</p> $\frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{\left(\frac{z}{a_0}\right)^3} \cdot e^{\left(\frac{-zR}{a_0}\right)}$ <p>2. (1p) Donades dues variables enters <math>z</math> i <math>w</math>, doneu una expressió booleana que ens indiqui si la mitjana aritmètica és positiva i que el valor absolut de la suma és superior a 5.</p> <p>3. (2p) Doneu els valors escrits per l'algorisme següent:</p> <pre> <b>algorisme</b> ppal   <b>var</b>     x, y, z: enter     c: booleà   <b>fivar</b>     x := 2     y := 4     z := 6     lenny(x, y, z)     escriure(x, y, z)   <b>fialgorisme</b>    <b>funció</b> bb(a: enter)     <b>torna</b> enter     <b>torna</b> a + 2   <b>fifunció</b>    <b>acció</b> lenny(<b>ent/sort</b> x: enter; <b>sort</b> y:   enter; <b>ent</b> z: enter)     <b>si no</b> teddy(x+z) <b>aleshores</b>       y := 6       z := 4     <b>sino</b>       y := 5       z := 5     <b>fisi</b>   <b>fiacció</b>    <b>funció</b> teddy(b: enter) <b>torna</b> booleà     <b>torna</b> b + bb(b) = 3 * b   <b>fifunció</b>         </pre> <p>4. (2p) Volem emmagatzemar dades dels naixements d'un hospital de maternitat. Per cada naixement volem guardar la informació següent: nom, sexe, data i nom i edat del pare i la mare. Tenint en compte que nombre màxim de naixements possibles és 900, definiu el tipus per emmagatzemar aquestes dades. Declareu una variable d'aquest tipus. Doneu l'accés a l'edat de la mare del 7è bebé.</p> <p>5. (4p) El tipus per emmagatzemar les notes dels alumnes d'una assignatura és:</p> <pre> <b>tipus</b>   TNotes = <b>taula</b>[4] de real   TNom = <b>taula</b>[30] de caràcter   TAlumne = <b>tupla</b>     nom: TNom     notes: TNotes   <b>fitupla</b>   TAssignatura = <b>taula</b>[50] de TAlumne <b>fitipus</b>         </pre> <p>Feu una acció en què, donades les dades d'una assignatura, ens digui quants alumnes l'han aprovat (considerem que un alumne ha aprovat quan la mitjana aritmètica de les seves 4 notes supera el 5).</p>		

Figura 1. Segundo parcial (actividad 1)

Este documento es una lista que comprende los mensajes de error que han ido encontrándose a lo largo del cuatrimestre, su causa y las posibles soluciones, junto con ejemplos del código causante de tales errores. A lo largo de todo el cuatrimestre, los alumnos deberán elaborar y enriquecer ese documento con explicaciones del profesor y experiencias propias, y al finalizar el cuatrimestre se entregará para su evaluación. Se ha considerado oportuno incluirlo dentro de la evaluación de las prácticas de la asignatura para motivar a los alumnos a que lo elaboren cuidadosamente y, por tanto, que estén más motivados para utilizarlo.

El desarrollo de esta actividad en el grupo de laboratorio es el siguiente:

- En la primera sesión, el profesor explica qué tipos de errores se van a encontrar programando y muestra algunos ejemplos. Les explica la actividad de la FAQ de errores que deberán elaborar a partir de este momento.
- A partir de la segunda sesión de laboratorio, cada vez que a algún alumno le aparece un nuevo tipo de error el profesor explica su significado, su origen y sus posibles soluciones.
- Desde ese momento se supone que los alumnos toman nota de la nueva información en su FAQ, y por lo tanto no necesitarán preguntar al profesor sobre ese error. Si lo hicieran, el profesor les indicaría que revisaran su FAQ para encontrar la solución.
- Al finalizar el cuatrimestre los alumnos deben entregar al profesor su documento con la FAQ de errores. Éste la evaluará teniendo en cuenta su completitud, la claridad de las explicaciones, los ejemplos dados y la presentación.

Se ha detectado que, en los grupos en los que se ha llevado a cabo esta actividad, los alumnos se acostumbran a trabajar de una forma más autónoma y son capaces de resolver la mayor parte de los errores de compilación y ejecución que aparecen en sus programas. Esta actitud contrasta con la de los grupos en los que no se realizó la actividad, en los que gran parte de los alumnos volvía a preguntar al profesor por errores que ya se habían explicado en clase en sesiones previas.

A la vista de estos resultados, la actividad se aplica ahora en todos los grupos de laboratorio de la asignatura y consideramos que su impacto en el objetivo de conseguir que los alumnos sean capaces de programar de forma autónoma es muy positivo.

#### 4. Actividad 3: Portfolio de laboratorio.

Se ha realizado en uno de los grupos de laboratorio una experiencia consistente en la implementación de un Portfolio del alumno. El trabajo se enmarca dentro de la línea de investigación del Grupo GTPOe (Grupo de Trabajo sobre el Portfolio del Estudiante) de la Universidad Politécnica de Cataluña. [3].

Esta experiencia se basa en los objetivos anteriormente expuestos: lograr que el alumno sea autónomo en su aprendizaje y fomentar la responsabilidad en su propio aprendizaje. La introducción tiene a la vez una vertiente de evaluación formativa y sumativa, su realización es obligatoria y contribuye con un peso significativo a la evaluación. Su uso como buena práctica docente está descrito en la literatura y se dispone en las referencias de este artículo de un enlace a numerosos recursos bibliográficos [4].

En una primera sesión de laboratorio se marcaron los criterios de evaluación con el peso asignado al portfolio y se entregó a los alumnos un documento con lo se esperaba que hicieran.

La programación del cuatrimestre está coordinada semana a semana a partir de un cronograma que describe los temas que se dan en las clases teóricas, así como los que se tratan en la sesión de prácticas. En nuestro caso hay dos horas teóricas de clase (teoría y problemas) semanales, y una sesión de dos horas de laboratorio cada semana que empiezan la tercera semana de curso.

En la medida de lo que permite el calendario, los alumnos practican en el laboratorio los temas vistos en la semana anterior en clase. En la misma clase teórica se intentan proponer algoritmos de programación como problema que luego se corrijan en prácticas, sirviendo éstas como reforzador de los conocimientos que va adquiriendo el alumno.

El portfolio sirve como herramienta básica de trabajo del alumno en el laboratorio. A través de él pondrá de manifiesto los conocimientos que va adquiriendo a lo largo del curso. Se propone que

este portfolio esté formado por una carpeta con anillas a la cual se van añadiendo los trabajos que se van proponiendo. El alumno tiene como obligación llevarlo consigo a clase cada sesión, pudiendo ser éste evaluado a lo largo del curso en cualquier momento.

En concreto, este cuatrimestre hemos propuesto como contenido del portfolio del alumno los siguientes puntos:

- Esquema-resumen de cada uno de los temas que tienen traducción en las prácticas.
- Ejercicios de laboratorio realizados tanto en clase de prácticas como trabajo no presencial.
- FAQ de errores.
- Eje de actividad.
- Cuestionario de autoevaluación.
- Síntesis final.
- CDROM con la versión electrónica.

Cada sesión de laboratorio empieza con un resumen por parte del profesor de prácticas que los alumnos deben completar para formar el primer punto de la relación anteriormente expuesta.

En cada sesión de laboratorio se propone además que realicen una serie de ejercicios que deben incorporar al portfolio la semana siguiente. No se pretende que estén perfectos, sino que el alumno haya realizado un esfuerzo de ejecución. Cada semana, el profesor de laboratorio recoge parte o todos los ejercicios demandados y los devuelve corregidos la semana siguiente. Estos ejercicios deben ser corregidos o implementados y reincorporados a su portfolio de prácticas.

Al mismo se va incorporando también una FAQ de errores como se ha descrito en el apartado anterior.

A partir de la mitad de curso aproximadamente se propone a los alumnos la realización de una práctica larga y completa que incluye la mayor parte de objetivos de aprendizaje del curso. A esta práctica la denominamos 'eje de actividad' del curso [5] ya que se va introduciendo en las clases teóricas de este grupo paulatinamente, a medida que el profesor de teoría expone los conceptos involucrados. El profesor de laboratorio a su vez, incorpora entregas parciales de este trabajo que cuentan como ejercicios de laboratorio y que a su vez, van formando parte del portfolio del alumno. Al final,

el alumno entregará el eje de actividad completo como parte de la entrega final del portfolio tanto en versión escrita como electrónica.

Al final del cuatrimestre, se le entrega al alumno un cuestionario de autoevaluación y se le pide que haga un informe final como síntesis crítica del trabajo realizado a lo largo del curso.

La entrega del portfolio completo y encuadernado, junto con una versión electrónica en CDROM se realiza en una entrevista personal con el alumno, una vez terminada las sesiones de laboratorio. En esta entrevista se procede además, a la validación de la entrega final del eje de actividad que tiene una parte importante de trabajo no presencial.

En este cuatrimestre se ha procedido a la evaluación del portfolio de la manera que sigue:

- Nota de laboratorio: 20% de la nota final de la asignatura.
- Nota del eje de actividad: 10% de la nota final de la asignatura.

La nota del laboratorio se desglosa en: 50% de un control final de laboratorio y 50% del trabajo continuado del alumno.

La nota del trabajo continuado sale principalmente de la evaluación continua de su portfolio (70%) y la entrega final (30 %). Esta nota puede ser modificada por la participación activa en clase. La entrega del portfolio es un requisito para aprobar las prácticas.

Finalmente, el eje de actividad se valora a partir de la entrega final como un apartado del portfolio y la validación de ésta en la entrevista.

En la prueba piloto realizada este curso se ha visto que de los 10 alumnos del grupo evaluado, todos los que siguieron la asignatura hasta el final y entregaron el portfolio (70%) aprobaron el laboratorio con nota media de 7,1. El resto (30%) tuvieron una nota de No Presentado ya que dejaron de asistir al laboratorio por diversas razones. Destacamos que la asistencia al laboratorio es un requisito para poder aprobar la asignatura. De entre los alumnos evaluados, los resultados académicos son muy satisfactorios y superiores en media a lo que se obtiene en el resto de grupos en que no se aplica esta técnica. Todos los alumnos que aprobaron en este grupo aprobaron también la asignatura.

De los cuestionarios de autoevaluación, destaca que la mayoría de alumnos subrayan la importancia de tener el portfolio como

herramienta que les ha ayudado a un aprendizaje constante durante el curso, y tener también una retroalimentación semanal de sus ejercicios.

Finalmente, se pasó una encuesta anónima a los alumnos, estandarizada, en la que se concluye, a pesar de disponer de un número de datos aún pequeño, que la satisfacción por la docencia recibida es elevada (media: 4,2 sobre 5) y es superior a la media de las encuestas que recibe el mismo profesor de laboratorio habitualmente (3,5). No se obtuvo ningún comentario negativo sobre el portfolio en particular.

De estos resultados concluimos que la introducción de un portfolio del alumno ha tenido un impacto positivo en una asignatura de fase selectiva y en alumnos, la mayoría de ellos repetidores de la asignatura. Nos planteamos para próximos cuatrimestres ampliar su introducción al resto de grupos así como proponerlo en versión electrónica a través del campus digital.

#### 5. Actividad 4: Entregables y prácticas de programación visual

El conseguir que un estudiante sea “activo”, es decir, que realice trabajos que le ayuden tanto a aprender como demostrar logros de objetivos de aprendizajes es una de los principales objetivos de los “entregables” en la asignatura de Fundamentos de Informática, por otro lado, la integración de las distintas herramientas de programación se logra con una práctica “motivante” de programación visual. En esta sección se analizan estas actividades aplicadas en cursos de la especialidad de química industrial. Los trabajos “entregables” consisten en realizar hasta cuatro ejercicios de informática que se propusieron en exámenes parciales de cuatrimestres anteriores. Los ejercicios forman parte de un banco de exámenes parciales de Fundamentos de Informática para la especialidad de Electricidad y fueron propuestos para ser realizados originalmente en lenguaje informático o pseudocódigo. Estos ejercicios fueron distribuidos de forma aleatoria a los alumnos en dos fechas del cuatrimestre, a realizarse en grupos de dos alumnos.

En los dos últimos cursos, se propuso la realización de estos ejercicios en el programa Delphi (Pascal), de forma que el alumno aproveche para realizar la autoevaluación de los ejercicios. Se tomó en cuenta el nivel de

complejidad de los ejercicios de forma que puedan realizarlos en el momento que ya hayan trabajado previamente con las diversas herramientas algorítmicas en el laboratorio de informática. Por ejemplo, después de haber desarrollado programas con datos estructurados homogéneos, se pidió realizar ejercicios asociados con identificación de distintos tipos de matrices. La motivación es un aspecto de gran importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que se intentaron escoger ejercicios asociados con el campo experiencial de los alumnos, de forma que puedan sentirse interesados en buscar sus soluciones.

Las prácticas de programación visual se incluyen al final del curso con doble propósito. Por un lado utilizar las distintas estructuras algorítmicas y tipos de variables simples y estructuradas presentadas en la asignatura y, por otro lado, ofrecer al alumno un ejercicio que sirva de motivación para aplicar las técnicas de programación en un proyecto de entorno de ventanas. En uno de los cursos se propuso la realización de una calculadora científica, partiendo de un guión con una estructura básica del cálculo de la suma de números reales. El alumno crea el resto de la calculadora con subprogramas que realicen las principales funciones de una calculadora típica. En el otro curso se propuso el diseño de un programa para el juego del Tetris. Se dispone de un guión de la práctica y se aprovecha para presentar el entorno Delphi y la instalación de componentes nuevos. Estas prácticas de programación visual se inician en una sesión de laboratorio donde se plantea el ejercicio y se terminan realizando como actividad no presencial “entregable” con el resto de los ejercicios.

La evaluación de estos ejercicios entregables y la práctica de programación visual forman el 10% de la nota total de la asignatura. Los resultados obtenidos muestran que los alumnos que realizaron estas actividades lograron una nota promedio de 7,7 en el último cuatrimestre.

#### 6. Conclusiones

Se ha presentado un conjunto de actividades de aprendizaje activo orientadas a la mejora continua de la enseñanza de una asignatura troncal de un primer cuatrimestre de Ingeniería Técnica Industrial.

Estas propuestas de aprendizaje activo se han llevado a cabo en aulas de primer curso con la dificultad que esto conlleva.

A raíz de los resultados obtenidos tanto de mejora de rendimiento académico como de percepción positiva por parte de los alumnos involucrados, nos planteamos extender paulatinamente estas actividades al resto de grupos de la asignatura.

Estas actividades son un paso que nos acerca al paradigma docente del Espacio Europeo de Educación Superior en el que nos vamos a ver inmersos en breve.

### Referencias

- [1] Escribano J. J., Puertas E. y Escribano C. A. *Uso de herramientas colaborativas que reducen la carga de gestión en la docencia*. Actas JENUI 2007, 301–307.
- [2] Valero-García M. y Navarro J. J. *Niveles de Competencia de los Objetivos Formativos en las Ingenierías*. Actas JENUI 2001, 149-153.
- [3] <https://www.upc.edu/rima/grups/gtpoe/> Accedido por última vez el 21 de abril de 2008.
- [4] <https://www.upc.edu/rima/grups/gtpoe/recursos/libres/> Accedido por última vez el 21 de abril de 2008.
- [5] Ferran Virgós Bel. *El concepto de eje de actividad, una buena ayuda metodológica para el diseño curricular en el marco EEES: aplicación al caso de la informática como materia básica en los planes de estudio de los grados en ingenierías informáticas*. Actas JENUI 2006, 255-262.