

El bajo rendimiento teórico de los alumnos en asignaturas teórico-prácticas. Posibles soluciones.

Ramon Ferrer Cancho y Marta Arias Vicente
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad Politécnica de
Cataluña, Barcelona.

RESUMEN

En este trabajo analizamos el rendimiento de los alumnos a lo largo de tres cuatrimestres en la asignatura compiladores de la ingeniería informática. Esta asignatura combina conocimientos teóricos sobre compilación con el desarrollo, en clases de laboratorio, de un compilador para un lenguaje de programación tipo Pascal.

Actualmente, la nota final de la asignatura proviene en un 60% de un examen final de teoría y en un 40% del resultado de dos exámenes de laboratorio (un parcial y un final). El análisis de las puntuaciones obtenidas a lo largo de tres cuatrimestres demuestra que la nota del examen de teoría no supera, en un 90% de casos, la nota del laboratorio. Aunque el porcentaje de aprobados se sitúa entorno al 55%, el porcentaje de alumnos que aprueban la asignatura gracias a los exámenes laboratorio (aprueban sin aprobar la teoría) es aproximadamente del 25%, lo cual supone, entre los alumnos que aprueban la asignatura, un porcentaje que ha crecido desde el 36% hasta el 54% en el último cuatrimestre analizado.

El estudio de las causas del rendimiento tan bajo en teoría sugiere que la estrategia de los alumnos es, cada vez más, aprobar la asignatura sacrificando los conocimientos teóricos. En este artículo analizamos las causas de dicha estrategia y discutimos un amplio abanico de soluciones, que inciden en la mayoría de los casos en el sistema de evaluación. Nuestros resultados sugieren que es posible mejorar el bajo rendimiento teórico.

INTRODUCCIÓN

Uno de los retos de la formación universitaria, y de la de los profesionales de la informática en particular, es resolver la tensión necesaria entre, por un lado, los fundamentos y las habilidades generales y, por otro, la adaptación a las necesidades laborales de la sociedad (Fernández 2009). Esta tensión se refleja a menudo en el difícil equilibrio entre conocimientos y habilidades teóricos frente a habilidades prácticas. En este artículo examinamos una asignatura de la ingeniería informática en la que dicho equilibrio se ha roto a favor de los aspectos prácticos.

Sobre la asignatura

La asignatura Compiladores es una de las últimas asignaturas obligatorias de la ingeniería informática (plan 2003) de la Facultad de Informática de Barcelona (Universidad Politécnica de Cataluña, de aquí en adelante UPC). En concreto, corresponde al séptimo cuatrimestre (3er año), aunque este dato es solo aproximado porque el cuatrimestre real para un alumno concreto depende de en qué momento éste decida cursarla. La asignatura combina la teoría de la compilación con una práctica de laboratorio que consisten en implementar, a lo largo del curso, un compilador para un lenguaje didáctico, denominado CL, que está inspirado en Pascal. A nivel de

laboratorio, el curso está dividido en dos partes. En la primera (antes del primer examen parcial de laboratorio), los alumnos tienen que haber implementado las etapas de análisis léxico, sintáctico y semántico del compilador. En la segunda parte del curso (antes del examen final de laboratorio), los alumnos tienen que implementar la etapa de generación de código intermedio. Los exámenes de laboratorio consisten en realizar, delante del ordenador, una extensión del compilador que se evalúa mediante un sistema tipo juez (Petit y Roura 2009), el cual permite al alumno saber los juegos de pruebas superados y la nota obtenida de forma objetiva e inmediata durante el examen.

El sistema de evaluación vigente

La nota final de la asignatura, F , es una combinación lineal de la nota de teoría, T , y la nota de laboratorio L ,

$$F = pL + (1 - p)T \quad (1)$$

donde p , el peso de la nota de laboratorio, es un número entre 0 y 1. Actualmente, $p=0.4$.

La nota de laboratorio se calcula a partir de la nota del primer parcial de laboratorio, L_1 y la nota del examen final de laboratorio, L_2 . La nota final de laboratorio, L , es la máxima entre la nota de la prueba parcial y el promedio entre ambas pruebas, es decir

$$L = \max\left(L_2, \frac{L_1 + L_2}{2}\right). \quad (2)$$

ANÁLISIS

Los síntomas

A lo largo de los últimos tres cuatrimestres (otoño 2008, primavera y otoño 2009), se evidencia que el rendimiento de teoría es inferior al de laboratorio. Normalmente, $T \leq L$ (Figura 1) a pesar de que, tal como hemos visto más arriba, la nota de teoría tiene un peso mayor que la de laboratorio. La proporción de alumnos en los que $T \leq L$ es, aproximadamente, 90%. Por otro lado, el porcentaje de alumnos que aprueban gracias al laboratorio (es decir, alumnos con $F \geq 5$ y $T < 5$) se sitúa entorno al 25% (Tabla 1) mientras que el porcentaje de alumnos que aprueban gracias a la teoría (es decir, alumnos con $F \geq 5$ y $L < 5$) es comparativamente muy bajo y no supera el 2%. El dato más alarmante es que entre los alumnos que aprueban, la proporción de aquellos que lo hacen gracias al laboratorio ha crecido progresivamente desde un 36% a un 54% mientras que el porcentaje de aprobados en general solo ha pasado de un 58% a un 50%.

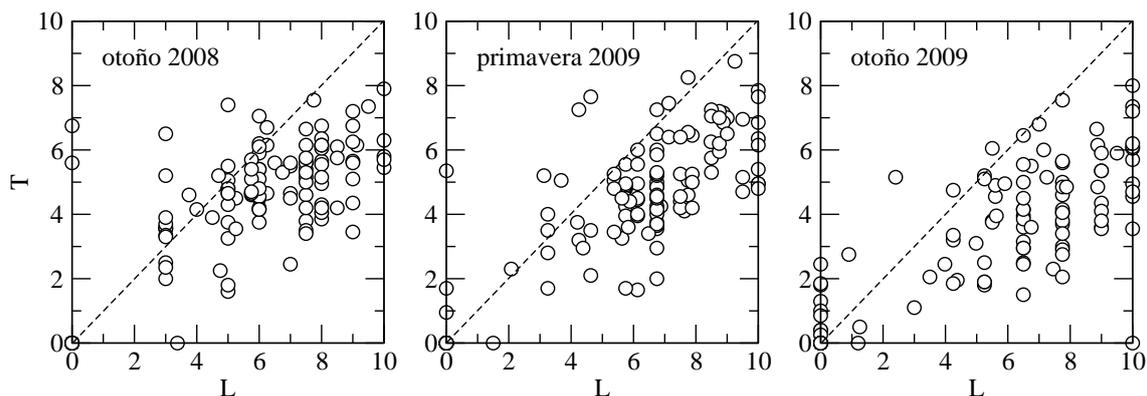


Figura 1. Relación entre la nota de teoría, T , y la nota de laboratorio, L , en la asignatura Compiladores (línea continua). Cada punto representa un alumno. Como referencia, se muestra la recta $T = L$ (línea discontinua). La mayoría de los puntos se encuentran por debajo de dicha recta, lo cual indica que normalmente el rendimiento en el examen de teoría no supera al de los exámenes de laboratorio.

Cuatrimestre	Número de alumnos	Proporción de alumnos con				Proporción de alumnos aprobados con $T < 5$
		$T \leq L$	$F \geq 5$	$F \geq 5$ y $T < 5$	$F \geq 5$ y $L < 5$	
Otoño 2008	149	0.86	0.58	0.21	0.02	0.36
Primavera 2008	151	0.91	0.59	0.27	0.01	0.46
Otoño 2009	118	0.89	0.5	0.27	0	0.54

Tabla 1. Resumen de la proporción de alumnos cuya nota de teoría no supera la de laboratorio ($T \leq L$), la proporción de aprobados proporción de aprobados ($F \geq 5$), proporción de aprobados gracias al laboratorio ($F \geq 5$ y $T < 5$) y proporción de aprobados gracias a la teoría ($F \geq 5$ y $L < 5$).

Algunas consideraciones previas

Antes de proponer algunas soluciones, queremos analizar el sistema de evaluación para determinar si la actuación de los alumnos se debe al sistema de evaluación, en concreto a un análisis racional de la ecuación 1. Nos hacemos dos preguntas complementarias: es posible aprobar la asignatura con un esfuerzo mínimo de teoría, es decir $T=0$? Y viceversa, ¿es posible aprobar la asignatura con un esfuerzo mínimo de laboratorio?

En cuanto a la primera pregunta, imponer $F \geq 5$ y $T = 0$ en la ecuación 1, nos da $L \geq 25/2 = 12.5$. Es decir, es imposible aprobar la asignatura con rendimiento de teoría nulo. Esto no aclara el hecho de que la nota de teoría normalmente no supera la de laboratorio. En cuanto a la segunda pregunta, imponer $F \geq 5$ y $L = 0$ en la ecuación 1, nos da $T \geq 25/3 \approx 8$. Este resultado sugiere que puestos a sacrificar la teoría o el laboratorio, lo mejor sería sacrificar el laboratorio puesto que en este segundo caso si que es posible aprobar. No obstante, una nota de teoría alrededor de 8 no parece al alcance para cualquier alumno.

Hasta ahora, no hemos tenido en cuenta peculiaridades de la nota del examen de laboratorio que no constan en el método de evaluación oficial. Tanto el examen parcial como el final de laboratorio, consiste en implementar/adaptar el compilador para una extensión del lenguaje CL. En el caso del examen parcial de laboratorio, la extensión implica modificar las etapas de análisis léxico, sintáctico y semántico. En el examen final de laboratorio se añade, respecto al examen parcial, la modificación de la generación de código intermedio. El objetivo de los exámenes de laboratorio es garantizar que el alumno ha desarrollado, personalmente, la competencia necesaria (algo que es difícil de evaluar en trabajos en grupo o entrevistas personales).

La nota de un examen de laboratorio se compone de una nota (hasta 3 puntos) que se obtiene simplemente por pasar los juegos de pruebas básicos, aquellos que se espera que pase el alumno antes del examen y una nota (hasta 7 puntos) que proviene de los juegos de pruebas específicos, aquellos que corresponden a la extensión del compilador a realizar durante el examen. Definimos L_{min} como la nota mínima que obtiene un alumno que no rinda nada en el examen de laboratorio pero que su versión del compilador en el momento del examen pase todos los juegos de pruebas básicos. Actualmente, tenemos $L_{min}=3$. Un alumno puede obtener esta nota mínima simplemente copiando la versión del compilador necesaria para el examen de otro compañero simplemente y presentándose al examen, sin ningún esfuerzo durante éste.

A continuación, pretendemos calcular cuál es la nota de teoría mínima que necesitan obtener, para aprobar la asignatura, los alumnos que llegan al parcial de laboratorio superando los juegos de pruebas básicos pero que no superan ninguno de los juegos de pruebas específicos. Imponiendo $F \geq 5$ y $L \geq L_{min} = 3$ en la ecuación 1, obtenemos $T \geq 19/3 \approx 6$. Por tanto, aquel alumno que llega a los exámenes de laboratorio superando los juegos básicos (por el mismo o copiando la práctica) sólo necesita sacar un 6 de teoría para aprobar. Esto sugiere que los alumnos aprovechan el impulso de la práctica de laboratorio para reducir el esfuerzo de teoría necesario para aprobar la asignatura.

POSIBLES SOLUCIONES

Antes de abordar posibles soluciones a la tendencia de los alumnos a aprobar sin contar con la teoría, queremos recordar algunos puntos de la normativa actual de la UPC (ver refs. p. 31) que nos parecen relevantes en el marco de nuestra universidad:

Para estimular el aprendizaje progresivo a un ritmo regular de los estudiantes, en la evaluación de las asignaturas se han de tener en cuenta los resultados obtenidos en los diferentes actos de evaluación que han hecho a lo largo del curso. Con carácter general, el método de calificación de cada una de las asignaturas se debe definir de manera que los resultados de todos los actos de evaluación se tenga en consideración en la calificación final, que se guarde una cierta proporcionalidad con los créditos asignados en las actividades académicas evaluables y que el resultado de ningún acto de evaluación no pueda determinar por sí solo la calificación final.

La tendencia a aprobar sin contar con la teoría puede corregirse directamente de diferentes maneras:

- Un examen parcial de teoría que permita a los alumnos confiar más en la teoría para aprobar. Hasta ahora, el hecho que haya dos exámenes de laboratorio (un parcial y un final) frente a solo uno de teoría (final), puede sugerir al alumno que hay que invertir más tiempo en el laboratorio que en la teoría, aunque sólo

representa el 40% de la nota. Esta medida estaría en consonancia con la directriz de *estimular el aprendizaje progresivo* del fragmento citado más arriba y el tiempo de maduración natural los alumnos.

- Aumentando el nivel de exigencia en los exámenes de teoría. No se trataría de aumentar la presión para disminuir el porcentaje de aprobados en general: la actuación podría ser más precisa. Se trataría de hacer que obtener una nota $T = 19/3$, que garantiza el aprobado con un rendimiento nulo en los exámenes de laboratorio, sea más difícil de obtener.
- Mejorando la calidad de la docencia impartida en las clases de teoría. Una clave es fomentar la participación y el seguimiento por parte de los alumnos, que podría mejorarse con comandos interactivos que permitan responder a los alumnos de forma anónima a las preguntas del profesor o usar una herramienta como Moodle para proponer a los alumnos una serie de ejercicios de teoría periódicos.

Indirectamente, la tendencia a aprobar sin contar con la teoría puede corregirse incidiendo sobre el laboratorio de diferentes maneras:

- Aumentando el nivel de exigencia en el examen de laboratorio, de forma que sea más difícil aprobar el laboratorio. Esto podría hacer que los alumnos no confiaran tanto en el laboratorio para aprobar la asignatura. Una vez más, no se trata de disminuir el porcentaje de aprobados de forma general.
- Una actuación precisa e inteligente podría consistir simplemente en un control de copia en las prácticas de laboratorio, que permitiese distinguir aquellos alumnos que realmente merecen $L \geq 3$ de aquellos que simplemente obtienen $L = 3$ porque se han copiado la versión de la práctica necesaria para presentarse al examen de laboratorio. Para estos últimos, la nota mínima de teoría necesaria para aprobar a coste cero de laboratorio pasaría de aproximadamente 6 a 8.
- Otra actuación precisa podría consistir en $L_{min} = 0$ pero realizar un pequeño control mediante una entrevista breve con el profesor, antes del examen, que impida a los alumnos que no lo superen presentarse al examen de laboratorio. Esto incentivaría al alumno a trabajar realmente (o a copiar entendiendo realmente) pero sin partir con una nota mínima de 3, haya copiado o no la versión de la práctica necesaria para presentarse al examen de laboratorio.

En lo que sigue consideraremos medidas correctivas basadas en la información de que disponemos sobre la actuación de los alumnos en los últimos cuatrimestres. En concreto, estudiaremos tres modificaciones diferentes del cálculo de la nota final que puedan provocar una inversión mayor por parte de los alumnos en la parte teórica de la asignatura. Idealmente, nos gustaría minimizar el número de alumnos que aprueban la asignatura con un rendimiento en teoría demasiado bajo sin afectar en exceso el porcentaje de aprobados general.

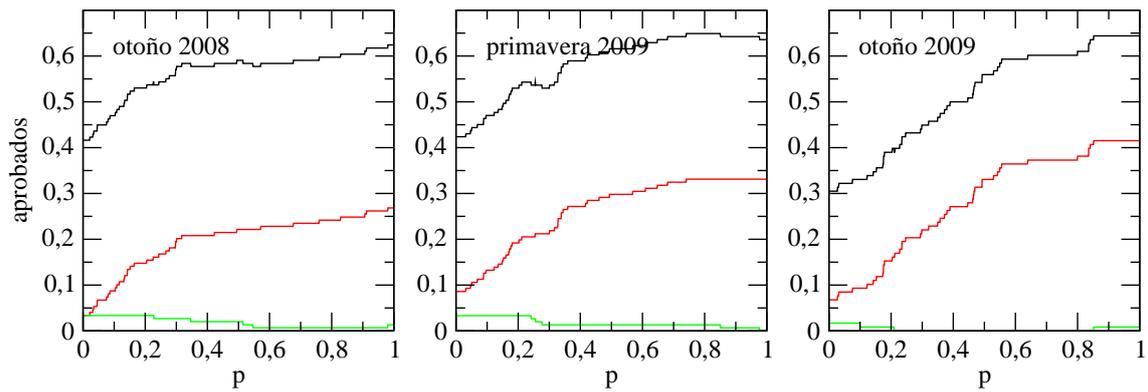


Figura 2. Relación entre la proporción de aprobados ($F \geq 5$) y p , el peso del laboratorio en el computo de la nota final (ecuación 1) en la solución 1. En negro: la proporción de aprobados. En rojo: la proporción de aprobados gracias al laboratorio. En verde: la proporción de aprobados gracias a la teoría.

Proponemos tres modificaciones diferentes e independientes:

a) Solución 1: reducir p , el peso del laboratorio en el cálculo de la nota final (ecuación 1). Actualmente $p=0.4$. La Figura 2 muestra cómo cambiarían las proporciones de aprobados en función de p .

b) Solución 2: introducir T_{min} una nota mínima de teoría para permitir aprobar. La nota final de teoría, F , se calcularía mediante la ecuación 1 si $T \geq T_{min}$ de lo contrario $F=T$. Actualmente $T_{min}=0$. Esta solución tiene el inconveniente de hacer depender totalmente la nota de final de la nota de teoría cuando $T < T_{min}$, lo cual se evita o prohíbe en la normativa de la UPC citada más arriba. La Figura 3 muestra cómo cambian las proporciones de aprobados en función de T_{min} . En ella se puede observar que los porcentajes de aprobados se mantienen constantes para $T_{min} \geq 19/3$, ya que tal como hemos visto más arriba, $F \geq 5$ está garantizado matemáticamente si el alumno supera los juegos de pruebas básicos.

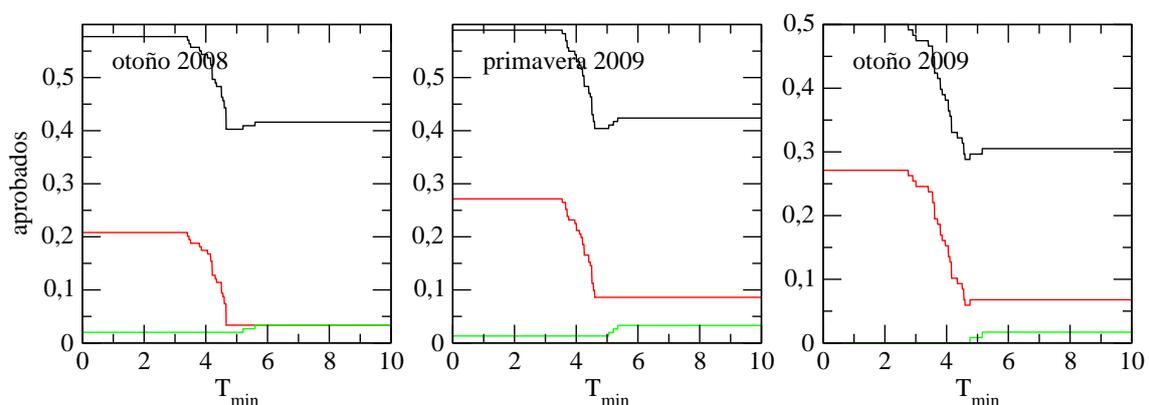


Figura 3. Relación entre la proporción de aprobados ($F \geq 5$) y T_{min} , la nota mínima de teoría necesaria para aprobar en la solución 2. En negro: la proporción de aprobados. En rojo: la proporción de aprobados gracias al laboratorio. En verde: la proporción de aprobados gracias a la teoría.

c) Solución 3: reducir L_{min} , la nota mínima que obtiene un alumno en el examen de laboratorio por superar los juegos de pruebas básicas. Actualmente $L_{min}=3$. Esta nota mínima se concibe como un incentivo para que el alumno trabaje antes de presentarse al examen aunque tiene el peligro de ser un incentivo para la copia.

Actualmente $L_{min}=3$. Aunque no disponemos de información que indique que parte de la nota de laboratorio ha sido obtenida al superar los juegos de pruebas específicos, es posible obtener, a partir de la nota finales de laboratorio actuales, L , una nueva nota final de laboratorio, L' asumiendo que los alumnos que con el sistema actual han sacado una nota menor de tres, lo han hecho a causa de no haber superado ninguno de los juegos específicos. En ese caso,

$$L' = L_{min} + L_{norm}(10 - L_{min}). \quad (3)$$

donde

$$L_{norm} = \frac{\max(0, L - 3)}{7}. \quad (4)$$

es una estimación normalizada de la puntuación obtenida a partir de los juegos de pruebas específicos en los exámenes de laboratorio a partir de la nota de real de laboratorio calculada con $L_{min}=3$. La Figura 4 muestra como cambian las proporciones de aprobados en función de L_{min} , después de reemplazar L por L' .

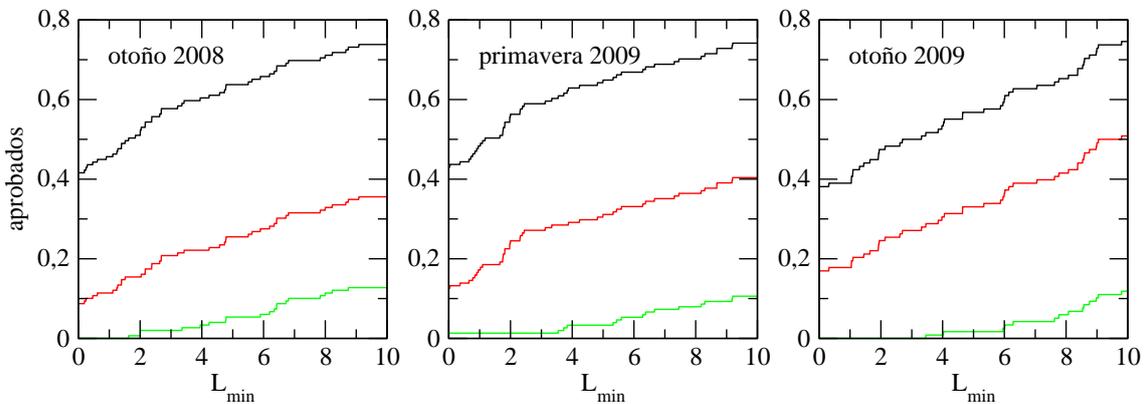


Figura 4. Relación entre la proporción de aprobados ($F \geq 5$) y L_{min} , la nota de laboratorio que se obtiene por el mero hecho de superar los juegos de prueba básicos en los exámenes de laboratorio. En negro: la proporción de aprobados. En rojo: la proporción de aprobados gracias al laboratorio. En verde: la proporción de aprobados gracias a la teoría.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Hemos visto que el porcentaje de alumnos de la asignatura que aprueban gracias al laboratorio, en el conjunto de los alumnos que aprueban la asignatura, ha crecido alarmantemente en los últimos cuatrimestres hasta situarse entorno al 54% (Tabla 1).

Las figuras 2 y 4 indican que se puede disminuir o bien p o bien L_{min} para conseguir reducir, de forma gradual, el porcentaje de aprobados gracias al laboratorio. p no puede reducirse en exceso para garantizar que se *guarde una cierta proporcionalidad con los créditos asignados en las actividades académicas evaluables* (tal como indica la normativa UPC, p. 31).

En cambio, la Fig. 3 indica que aumentar T_{min} tiene un impacto abrupto en los porcentajes de aprobados para T_{min} alrededor de 4 y por tanto debería ser descartada. T_{min} es una medida más difícil de controlar en el rango donde se comporta de forma abrupta. Además, $T_{min} > 0$ contradice la normativa UPC citada más arriba al hacer depender la nota final, en ciertos casos, exclusivamente de la teoría. El comportamiento abrupto de los porcentajes de aprobados en función de T_{min} sugiere que la normativa UPC podría tener un fundamento empírico.

La reducción de L_{min} , no debería ser excesiva puesto que L_{min} es un incentivo a mantener para que los alumnos dediquen esfuerzo a la práctica antes del examen de laboratorio. Por ejemplo, la Fig. 4 indica que $L_{min}=2$ tendría un impacto en el porcentaje de aprobados gracias al laboratorio respecto el valor $L_{min}=3$ actual sin comprometer dicho incentivo.

Nuestro análisis sugiere que es posible actuar sobre el bajo rendimiento teórico de los alumnos de diferentes maneras, entre ellas, modificando el sistema de evaluación (por ejemplo con un parcial de teoría) y en particular, incidiendo la forma en que se calcula la nota final algunos parámetros del cálculo de la nota final dentro del marco de la normativa vigente. Consideramos que nuestro tipo de análisis puede ayudar al diseño y evaluación realista de asignaturas en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (Sánchez 2009, Sánchez et al. 2008).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la revisión cuidadosa de Ana Remesal, la orientación de Fermín Sánchez Carracedo y discusiones con Javier de San Pedro. Los datos para este artículo fueron facilitados por los profesores Josep Carmona y José Miguel Rivero.

REFERENCIAS

- Fernández Sanz, L. (2009) ¿Qué es un profesional informático? ReVisión 2 (2).
Información sobre la asignatura de compiladores, incluyendo el método de evaluación oficial: <http://www.fib.upc.edu/es/estudiar-enginyeria-informatica/enginyeries-pla-2003/assignatures/CL.html>
- Normativa acadèmica dels estudis de grau de la UPC. Curs acadèmic 2009-2010. Documento que recoge las normativa de la Universidad Politécnica de Cataluña en lo referente a los estudios de grado. En concreto, contiene las normativa para el sistema de evaluación y cálculo de la nota final de las asignaturas.
- Petit, J. y Roura, S. (2009). Programación-1: Una asignatura orientada a la resolución de problemas. XV JENUI. Barcelona, 8-10 de julio de 2009. <http://hdl.handle.net/2099/7870>
- Sánchez Carracedo, F. (2009). Criterios de diseño y condiciones de entorno de un plan de EEEstudios de Grado. ReVisión 2 (1).
- Sánchez Carracedo, F., García Almiñana, J., Díaz Fondón, M.A., Riesco Albizu, M., Pérez Pérez, J. R. y Juan Fuente, A. A. (2008). Estrategia de diseño y aspectos a considerar en los planes de EEEstudios de Grado en Ingeniería Informática. ReVisión 1 (1).