

## ¿Es «cuarenta y dos» la única respuesta posible?

Joe Miró

Dept.de Matemàtiques i Informàtica

Universitat de les Illes Balears

Campus UIB

07007 Palma de Mallorca

joe.miro@uib.es

- *De verdad que no os va a gustar —recalcó Pensamiento Profundo—*
- *¡Dínoslo!*
- *De acuerdo —dijo Pensamiento Profundo—. La Respuesta a la Gran Pregunta...*
- *¡Sí!...*
- *...De la Vida, del Universo, de Todo... —dijo Pensamiento Profundo*
- *¡Sí...!*
- *Es... —dijo Pensamiento Profundo, e hizo una pausa—*
- *¡Sí...!*
- *Es...*
- *¿¡¡¡Sí...!!!...?*
- *Cuarenta y dos —dijo Pensamiento Profundo, con infinita majestad y calma—*

Douglas Adams

Guía del autoestopista galáctico.

### Resumen

En esta ponencia se estudia la docencia de los contenidos instrumentales: de las asignaturas de formación de base, como matemáticas o física, que deben impartirse al principio de los estudios, del proyecto final de carrera, con el cual acaban los estudios de Grado, y de las competencias genéricas o transversales (trabajo en equipo, comunicación) que han de trabajarse a lo largo de toda la carrera. La amplitud y diversidad de contenidos hace imposible dar una Gran Respuesta a cómo enseñar estas materias, pero estudiando lo que pueden o deberían aportar a la formación del informático se

muestra que es necesario una transformación radical en cómo se imparten. Además de la visión general, se muestran algunos ejemplos de cómo pueden ser estas materias.

En memoria de Santiago Ortego

### 1. ¿Existe una respuesta a (casi) todo?

Me han asignado una misión imposible: escribir una ponencia sobre las mejores técnicas docentes para los contenidos instrumentales de los estudios de informática. Debo determinar cuáles son las mejores técnicas docentes que deben usarse en enseñanzas tan diferentes como las asignaturas de formación básica, en el proyecto final de carrera y prácticas externas, en la obtención de las competencias transversales; explicar las técnicas a utilizar en los 60 créditos (mínimo) de las asignaturas de formación básica, en los 60 créditos (máximo) de las prácticas externas y proyecto final de carrera, en los indeterminables créditos de la formación en competencias transversales; reunir y dar un sentido a las técnicas a utilizar en álgebra, estadística, física, comunicación oral y escrita, trabajo en equipo. . . En suma: se me ha pedido la Respuesta a la Gran Pregunta de la Vida, del Universo y Todo. Y en menos de 25 páginas. Estoy tentado en contestar «Cuarenta y dos».

No tengo costumbre de intentar lo imposible y no voy a cumplir lo encomendado. Lo confie-

so ahora. Quien espere encontrar un *vademecum* de cómo impartir todos los conocimientos descritos en el párrafo anterior (y muchos otros que me he dejado) puede aceptar «cuarenta y dos» como una respuesta tan válida como cualquier otra y dejar de leer, ahorrándose así tiempo y esfuerzo. Pero quien esté interesado en tener una visión general de estos conocimientos y explorar qué preguntas hacerse para organizar esta parte sustancial de la carrera de informática e incluso obtener ejemplos y punteros sobre posibles respuestas, puede acompañarme en el camino. En otras palabras, el objetivo de esta ponencia no es dar respuestas, sino indicar el camino para que cada uno pueda obtener las suyas.

Soy consciente que es muy cómodo elucubrar y teorizar sobre docencia. Implementar lo que aquí proponga tiene dificultades sociales, de ruptura del *statu quo*, de argumentar y debatir con profesores y administradores que en la práctica puede hacer casi imposible implementar una propuesta razonable. En el estilo de Mayo del 68 soy realista y pido lo imposible. Pero prometo que no sólo voy a elucubrar y teorizar. Seré concreto y daré ejemplos ilustrativos que considero factibles.

Advierto que lo que voy a proponer a partir de aquí es un cambio radical respecto a lo que se ha hecho hasta ahora. Es un cambio con consecuencias positivas, que dará lugar a una mejor enseñanza de estas materias y a profesionales mejor preparados, pero también, como todo cambio, dará lugar a mucho trabajo, sacrificio, tensiones y confrontaciones. El coste del cambio debe ser asumido por los profesores y por las instituciones. Los profesores debemos estar dispuestos al esfuerzo e incomodidad de cambiar nuestro pensamiento y las instituciones deben estar dispuestas a pagar, valorar y reconocer este esfuerzo. Si no se está dispuesto a pasar por este valle de lágrimas, o se pretende que lo hagamos *gratis et amore*, es mejor escoger «cuarenta y dos» como la respuesta y seguir como hasta ahora.

Debemos asumir el coste del cambio, pero las asignaturas, una vez transformadas deben costar lo mismo que las actuales. Mejorar a base de aumentar el coste es relativamente fá-

cil. Lo difícil y lo que pretendo es mejorar sin aumentar el coste. El cambio cuesta, siempre cuesta, pero tras el cambio la enseñanza debe ser mejor pero a un coste similar tanto para profesores, como para instituciones y alumnos.

También advierto que, por fuerza, las respuestas y comentarios serán generales y sin entrar en detalle. Una discusión a fondo no es adecuada, en parte porque la extensión de esta ponencia no lo permite, y en parte porque buena parte de la discusión concierne a cuestiones propias de cada centro y universidad. Yo podría discutir en detalle como podrían diseñarse estas asignaturas en la Escuela Universitaria Politécnica de la Universitat de les Illes Balears, pero eso sería de poca utilidad para los lectores de otras universidades.

El método de trabajo es simple, que no debe confundirse con fácil. Todo se basa en hacerse una pregunta: ¿Qué objetivo tienen los conocimientos de los que tratamos? ¿Qué aportan, en qué mejoran a un profesional de la informática? Una vez se ha respondido, veremos si en la actualidad se están cumpliendo estos objetivos, y si no es así, cómo se puede mejorar. Resalto que lo importante es hacerse la pregunta, buscar la respuesta y actuar en consecuencia. No es simplemente tener *la* respuesta, ya que no la hay. No hay unos objetivos únicos sino que cada centro debe decidir a qué le da importancia y actuar para conseguirlo. Si no se busca una respuesta y se trabaja para conseguir introducir en la carrera lo que sea que deseemos, no obtendremos más que desorden, que no es un poco de todo, sino más bien un mucho de nada.

Como se ha dicho, los contenidos instrumentales son muy amplios y diversos y ocupan una gran parte de los créditos de la carrera, más que cualquier otra materia. Vamos a dividirlos y trabajar en las tres partes que marca el último borrador del Real Decreto por el que se Establece la Ordenación de las Enseñanzas Universitarias Oficiales [11]: las asignaturas de formación básica; el trabajo fin de grado, o como se suele denominar en las ingenierías, Proyecto Final de Carrera; y finalmente las competencias transversales.

## 2. Asignaturas de formación básica

Las asignaturas de formación básica son un conjunto de asignaturas que sirven para que los estudiantes aprendan unos conocimientos que le son necesarios no en sí mismos, sino para poder aprender mejor los conocimientos propios de la carrera. Por ejemplo, tienen que aprender matemáticas porque las necesitan para poder aprender mejor programación, compiladores, redes, etc. Según el último borrador del ministerio estas asignaturas se organizan por ramas de conocimiento: cada estudio se adscribe a una rama de conocimiento —*ingeniería y arquitectura* en nuestro caso— y de los 60 créditos de asignaturas de formación básica al menos 36 deben estar vinculados a unas materias concretas asignadas a cada rama. En el caso de nuestros estudios, las materias son seis: Física, Matemáticas, Informática, Empresa, Expresión Gráfica y Química. Estos 60 créditos deberán además ser impartidos en los dos primeros cursos de la carrera.

Este modelo es muy parecido al que usamos en la actualidad y es el que se ha ido usando prácticamente desde siempre y en todo el mundo. Teóricamente es impecable, pero en la práctica ¿está sirviendo su propósito? ¿Para qué sirven estas asignaturas fundamentales?

La respuesta más rápida —y quizá más certera— es: para nada. Todos conocemos casos de alumnos que son capaces de aprobar todas las asignaturas de la carrera a excepción del álgebra o la física. Se podría decir que estos casos son excepciones y que la regla general es que los alumnos aprueban estas asignaturas de formación. Pero os hago notar que los alumnos que aprueban estas asignaturas no demuestran que sirvan de algo, mientras que los que suspenden y aprueban las otras, demuestran que no sirven de nada.

Este fenómeno no es específico de la informática, ni de nuestras universidades, ni de estos tiempos. Es habitual en muchas carreras, quizá en todas. Edwin Land, el fundador de Polaroid, ya describe este problema en una conferencia en 1957 [7]. Llama a estas asignaturas tal y como las impartimos «asignaturas de supervivencia». No quiere decir que es

difícil para el alumno sobrevivir a estas asignaturas, sino que lo que no suele sobrevivir es el interés y curiosidad por ellas. En sus palabras, sólo alguien que es inherentemente un químico puede sobrevivir a una asignatura introductoria de química y querer seguir siendo un químico. Para el resto de alumnos su curiosidad por la química no sobrevivirá y odiará la química de por vida. Y seguimos igual: con las asignaturas introductorias de álgebra, física o matemática discreta, tal y como se han impartido y se siguen impartiendo, no conseguimos informáticos con una base matemática o científica, sino que conseguimos informáticos que odian las matemáticas y la física y desean alejarse de estas materias lo más posible.

Entonces, ¿puede alguien ser informático y no saber lo que es un álgebra de Boole, o un grafo? La respuesta es evidente: no. Todos sabemos como se resuelve esta aparente contradicción: los conocimientos de base no se imparten en las asignaturas de base, sino en las asignaturas de informática donde aparecen. Poco antes de que un alumno aprenda a diseñar un circuito combinatorial le enseñarán el álgebra de conmutación en la asignatura de fundamentos de computadores o circuitos digitales (o ambas). Y lo mismo pasará con cuestiones de grafos en asignaturas de compiladores, de arquitectura de ordenadores y de redes. Y esto, otra vez, ni es específico de informática ni es una novedad: cuando yo estudié físicas usaba integrales dobles y triples para calcular, por ejemplo, momentos de inercia, mucho antes de que me las explicaran en las asignaturas de análisis: el profesor de física de primero nos enseñó a utilizarlas en el momento que las necesitó.

Algo tendrá este método de impartir las asignaturas de formación básica que lo hace tan universal. Sí que lo tiene, pero más que su bondad, es su conveniencia. Como veremos, cualquier método que busquemos para mejorar la docencia de estas asignaturas presentan dificultades y complicaciones que requieren trabajo, ingenio y compromisos que en el contexto de nuestra universidad son difíciles de resolver. El método actual es un método conveniente de mínima energía: se crean las asignaturas de

análisis o de física y se entregan a los departamentos correspondientes para que hagan lo que estimen conveniente. Se reparten los créditos, se evitan tensiones interdepartamentales y todos quedamos contentos. Todos menos los alumnos, que deben sobrevivir a todas estas asignaturas.

### 2.1. Consideraciones previas

Una vez visto que el método actual, aparte de consumir créditos cada vez más escasos, tiene poca utilidad, viene la Gran Pregunta: ¿qué contenidos deben tener y cómo deben impartirse estas asignaturas? Como a toda Gran Pregunta, no hay una Gran Respuesta mejor que la consabida de «cuarenta y dos». Yo no voy a pontificar sobre cuál es *la respuesta* y cómo deben enseñarse estas asignaturas. Cada centro debe decidir qué es lo que quiere y encontrar el modelo que mejor se ajuste a sus criterios y circunstancias. Pero también he prometido ser concreto y además de explicar el método a seguir para que cada uno llegue a su respuesta, explicaré tres posibles respuestas y sus consecuencias.

Apliquemos el método y hagamos la pregunta: ¿Cuál es el objetivo de esas asignaturas? ¿Qué quiero que aporten al alumno de mis estudios? De esta pregunta surge el hilo que hemos de ir recorriendo para formar tanto los contenidos como los métodos a usar en el aula. Veamos ahora tres ejemplos.

### 2.2. Visión utilista

Una primera visión es la puramente utilista: las asignaturas de formación sirven para explicar conocimientos básicos necesarios en otras asignaturas. Los contenidos de estas asignaturas bajo esta visión son fáciles de identificar. Hay dos maneras de hacerlo. Se puede recurrir a grandes asociaciones como el IEEE o la ACM, donde hay grupos de trabajo que estudian este asunto [8] o se puede recorrer las asignaturas de los estudios, buscar todos los contenidos de matemáticas, física, economía, etc. y juntarlos en las asignaturas de formación. De circuitos digitales se obtiene el álgebra de Boole; de bases de datos, el álgebra relacional;

de estructuras de computadores, la aritmética de números enteros y de punto flotante; de compiladores, redes, circuitos digitales, todo lo referente a grafos; de evaluación de sistemas informáticos y de simulación obtenemos teoría de colas, probabilidad y estadística. El principio es obtener lo que ya se está explicando en otras asignaturas, tal y como se están explicando en las otras asignaturas, y juntarlas en las asignaturas de formación. Como cualquiera otra, esta manera de organizar las asignaturas de formación básica tiene sus ventajas, inconvenientes y exigencias. Estudiémoslas.

Si enseñamos las asignaturas de formación básica de esta manera estamos pasando material que actualmente se está impartiendo en las asignaturas de informática a las asignaturas de matemáticas o física. Esto permite centrarse mejor y avanzar más en esas asignaturas: en arquitectura de ordenadores el profesor podrá dedicarse directamente a estudiar los diferentes circuitos aritméticos y sus características, su implementación, velocidad o tamaño, sin tener que detenerse a explicar los formatos de los números enteros o de punto flotante. La asignatura pasa a ser puramente de ingeniería, en vez de ser parte ciencia y parte ingeniería. Además, si la aritmética se explica en una asignatura de matemáticas podrá hacerse con más rigor y precisión de lo que suele hacerse en una asignatura de arquitectura: podrá definirse la codificación en C1 o C2 como una función de un subconjunto de los números enteros en un subconjunto de los naturales y demostrar rigurosamente que los algoritmos aritméticos son realmente lo que queremos que sean, en vez del recurso utilizado habitualmente de definir muy adecuadamente la codificación de forma que aparezcan solos, y casi mágicamente, unos algoritmos aritméticos curiosamente útiles. Recuerdo la insatisfacción generalizada en mi clase ante la aparición de la nada de la codificación en C2. Años después aprendí que tenía una base matemática racional de la cual se podían deducir los algoritmos aritméticos. Algo mucho más satisfactorio y que te daba una visión más amplia y clara de la aritmética de ordenador.

Otra ventaja es que la asignatura deja de ser

una asignatura de supervivencia y el alumno ve que las asignaturas de formación no son un listón a superar sino que la matemática y la física permite entender mejor lo que aprendes en bases de datos o inteligencia artificial. Entenderá que las asignaturas de formación ayudan a entender y avanzar en las otras asignaturas y no son unas materias a desentenderse y olvidar una vez aprobadas.

Ha quedado implícito, y conviene hacer explícito, que el organizar las asignaturas de formación de esta manera impide que se puedan impartir como se está haciendo ahora: los contenidos serían deslavazados, inconexos y no darían lugar a una estructura que permitiera dar sentido a un tema en función de los demás. Serían asignaturas desagradables de enseñar para los profesores y que los alumnos deberían padecer. Una manera factible de enseñar estas asignaturas sería basado en problemas: se muestra un problema —por ejemplo la minimización de los estados de un circuito secuencial o la creación de información posiblemente falsa procedente de una secuencia de uniones y proyecciones en una base de datos relacional— y se muestran las matemáticas necesarias para resolverlos.

Como suele suceder, todo es muy bonito antes de ponerlo en marcha. En cuanto se quiere implementar aparecen problemas logísticos que hay que intentar resolver. Uno de ellos es de temporalización: para obtener los máximos beneficios deben explicarse las bases cerca (a veces antes, pero no siempre) de cuando aparecen en las asignaturas correspondientes. Conseguir esto requiere una coordinación muy superior a la que estamos acostumbrados y es posible que incluso con la mejor coordinación sea prácticamente imposible de conseguir.

Otro problema de temporalización proviene de la obligación de impartir estas asignaturas en los dos primeros cursos de los estudios de grado. Todo aquello que tiene lugar en tercero y cuarto cursos queda demasiado lejos para poder impartirlo de esta manera. Es muy difícil explicar a alguien las implicaciones matemáticas de problemas específicos de inteligencia artificial, cuando no sabe siquiera lo que es la inteligencia artificial. Incluso si se pudiera ha-

cer, para cuando el alumno llegue a la asignatura en cuestión no se va a acordar de lo que se le explicó hace un año y medio o más.

¿Y quién es capaz, o tiene voluntad, de impartir una asignatura de este estilo? Yo he sido miembro de comités de estudio sobre la impartición de las asignaturas de matemáticas en informática y este problema ha sido uno de los principales que pululaban sobre la mesa, aunque apenas se discute de forma explícita. Para un matemático la estructura de los conocimientos en definiciones, axiomas y teoremas es fundamental. Esta estructura es un cimiento básico de las matemáticas desde la creación de los Elementos de Euclides, hace 2300 años. Hacerles entender que deben explicar el álgebra de Boole de forma axiomática y no como un caso especial de los retículos es difícil, muy difícil. Y otra dificultad es la que tenemos todos con los cambios en docencia: es mucho trabajo y no se nos reconoce. Y en este caso es mucho más trabajo ya que no es sólo un cambio de temario, sino básicamente la creación de un estilo nuevo. Es cierto que la materia y los ejemplos les vendrán dados, pero deben aprender mucha matemática que no conocen —aritmética en punto flotante, por ejemplo— e incluso en la materia que conocen deben adaptar su conocimiento a las necesidades de la asignatura lo que no es fácil. Este curso pasado un algebrista accedió a explicar las matemáticas de la teoría de colas en una asignatura de simulación. Le expliqué lo que quería y le di el libro *Queueing Theory* de L. Kleinrock, escrita por un ingeniero, pero que yo consideraba matemáticamente muy riguroso. Explicar la teoría fue para mi amigo algebrista un tormento: los teoremas no estaban adecuadamente enunciados; el bloque de conocimiento no tenía una base ni clara ni sólida; encontró contraejemplos a la mayoría de las afirmaciones, casos que a nosotros ni se nos ocurren ya que nunca se darían en una situación real, pero que para él eran demostraciones de la falsedad de los teoremas. Puso mucha buena voluntad, pero dar ese trozo de curso le supuso muchísimo trabajo y más que duplicar el número de horas de clase necesarias para impartir la materia.

Explicar esta materia de la manera descrita es posible, pero crear un corpus que tenga un rigor y una estructura adecuada para un matemático, pero que sea directamente útil e inteligible a los alumnos y que ensamble bien con las enseñanzas de las asignaturas beneficiarias requiere mucho trabajo. Un tarea dura para todos.

### 2.3. Visión generalista

Una segunda visión de lo que pueden aportar estas asignaturas es que sirven no para poder aprender mejor el resto de las asignaturas de informática, sino para completar la formación de los alumnos. Esta visión entronca directamente con la etimología de universidad, que tiene la misma raíz que universal: las primeras universidades eran las instituciones donde los alumnos aprendían todo el conocimiento humano existente en la época. Y aunque ahora no es posible aprenderlo todo, tampoco es conveniente que los alumnos sean unidimensionales y sólo sepan de su especialidad. En estos tiempos donde se promueve la pluridisciplinariedad no es adecuado que un informático sólo sepa de informática. Para ser un profesional capaz debe entender las bases de las matemáticas, de las ciencias, de la economía. El hecho de que las asignaturas de formación se agrupen según ramas de conocimiento, y que este bloque de asignaturas se convalide directamente para todas los estudios de la rama, parece indicar que la visión del ministerio es similar a esta, o al menos quiere fomentar que las universidades creen este tipo de asignaturas.

Si decidimos que esta sea la visión de estas asignaturas, el objetivo no es tanto que enseñen a los alumnos materias que necesitan para las asignaturas propias de sus estudios, sino que les ayuden a adquirir una cultura general que dé una formación completa y multidimensional al graduado. Esta formación es importante no sólo para crear ciudadanos completos que lideren la sociedad, sino también es importante en el ejercicio profesional del informático: en el ejercicio de su trabajo deberá relacionarse con gente proveniente de todas las disciplinas y esta formación le permitirá entender mejor sus necesidades, comunicarse mejor con

ellos, crear productos y servicios más adaptados a lo que necesitan. Además, comprenderá las bases matemáticas, científicas, económicas, sociales de sus acciones y podrá valorar mejor las consecuencias de las mismas. En suma, le ayudará a no ser un mero técnico, sino un profesional de la informática.

Como he dicho, el objetivo de las asignaturas de formación es entonces dar una formación global, una cultura general, a los estudiantes. Por lo tanto estas asignaturas deben impartirse más en el sentido de divulgación que de enseñanza de una materia concreta. Pero ha de ser una divulgación para ingenieros y debe entrarse en todos los temas científicos y sociales con el rigor preciso, a fondo, y no explicando livianamente los temas, como se haría si el destinatario fuera un público general.

Para ilustrar cómo podrían impartirse las asignaturas de matemáticas según esta visión consideremos dos libros. Uno es *Un matemático lee el periódico*, de J.A. Paulos [14], y el otro *Viaje a través de los genios*, de W. Dunham [5]. En el primer libro Paulos muestra las matemáticas que empapan el mundo a través de noticias de periódicos. Muestra una noticia y luego detalla las matemáticas que definen y explican el foco de la noticia y las consecuencias que se pueden derivar más allá de la noticia en sí. Profundiza así en los procesos electorales, en cuestiones de medio ambiente, de los deportes o de la economía. Este libro en particular está pensado para un público general, y no puede usarse directamente como libro de texto, pero sí se puede adaptar o crear uno similar con el mismo espíritu. Tras un curso explicado así el alumno aprenderá a usar las matemáticas como medio de definición, explicación y exploración de las cuestiones que le aparezcan en la vida, y en concreto en sus estudios.

En *Viaje a través de los genios* Dunham hace un recorrido histórico de las matemáticas desde Hipócrates y Euclides a Euler y Cantor, mostrando momentos y teoremas claves de las matemáticas. A través de este libro, que sí es adecuadamente profundo, el alumno obtiene la visión de las matemáticas no como una serie de enunciados y teoremas surgidos de la na-

da, o caídos del cielo, sino como una aventura, una lucha, para entender y aumentar el conocimiento humano. Esta sensación de aventura le será también muy útil y aplicable a su vida de estudiante y al ejercicio profesional.

Asignaturas similares pueden impartirse en física, economía, sociología o cualquier otra materia que se desee. La temática puede elegirse que sea más cercana a los intereses de la informática, pero es importante que no se circunscriba únicamente a cuestiones que aparecerán en la carrera, ya que si se hiciera así se pierde la visión general y global de las asignaturas. Ya no parecería que las matemáticas o ciencias o economía pueden aplicarse a todo, sino que es una herramienta de la informática, y esta no es la visión de utilidad global que se quiere transmitir bajo esta visión.

Asignaturas impartidas así, además de resultar amenas, agradables e interesantes *per se*, tanto para el profesor como para el alumno, despiertan curiosidad por las materias y dan a la vez una idea clara de la importancia y uso de las mismas, sea matemáticas, físicas o economía. Esta base, esta visión global de su entorno, será útil al futuro profesional, tanto en su vida profesional como personal: será capaz de reconocer los principios científicos o sociales del problema que esté tratando y valorará mejor las consecuencias de sus actos. Será un ciudadano y profesional más responsable.

#### 2.4. Visión de valor añadido

Una tercera visión, la última que trataremos aquí, es usar las asignaturas de formación para mejorar la formación del informático, añadiendo al acervo de conocimiento del alumno las formas de trabajar, de conocer y de pensar de otros campos del conocimiento. Las asignaturas de formación básica le darán no tanto un conocimiento de materias concretas sino un valor añadido a su forma de pensar. Veamos algunos ejemplos.

**La matemática** ofrece a los alumnos una forma de pensar precisa y rigurosa. También les ofrece un lenguaje para caracterizar y clasificar con absoluta claridad. Les

ofrece asimismo una base teórica en ciertos campos.

**La física** ofrece una capacidad de modelado sin par. Enseña a transformar unas ideas ambiguas y poco desarrolladas en un sistema bien definido, a un objeto de funcionamiento claro que se puede manipular y sobre el que se puede construir.

**La biología** tiene mucho que ofrecer. La informática va evolucionando hacia las ciencias de la vida. Carecemos ya de sistemas perfectamente especificados [17]: ¿cuál es la especificación de `mysql`, de Apache, de Word o Excel? Los biólogos son precisamente los que saben trabajar con sistemas imprecisamente definidos y que evolucionan. La forma en la que nace y crece el software libre es muy similar a la evolución de un ser vivo. Además de esto, no olvidemos que algunos paradigmas informáticos, como las redes neuronales y los algoritmos genéticos, provienen directamente de la biología.

**La economía** es el contexto en el que trabaja el informático. Trabaja en una empresa, no en un laboratorio. Incluso hay quien considera que la informática no es una profesión, sino un sector económico. Además de pensar en las cuestiones técnicas de la creación de su sistema, un buen informático ha de ser consciente en todo momento de las consecuencias económicas de su trabajo.

Conviene remarcar la diferencia de esta visión con la que se usa en la actualidad. El objetivo no es que los alumnos aprendan matemáticas o economía, sino *cómo piensa* un matemático o un físico y cómo aplicar esta manera de pensar a los problemas habituales de un informático. Los contenidos en sí no tienen tanta importancia, aunque ayudará a la motivación del alumnado y a cumplir los objetivos si los ejemplos son de informática y no de otras ramas. También conviene remarcar que a diferencia de la visión utilista, no es cuestión de enseñar las matemáticas o física necesarias

para entender lo que se explique en las asignaturas propias: eso ya se explicará en estas asignaturas, tal y como se hace actualmente. Se trata de ver como la forma de pensar de los matemáticos o biólogos ayuda a los informáticos a resolver sus problemas.

¿Y cómo se impartiría una asignatura de estas características? En el fondo es muy sencillo: se pone a un economista o un físico un problema adecuado de informática y se les pide que lo resuelvan *como físico o como economista* y que así se lo expliquen a los alumnos. He de reconocer que esto no lo he visto hacer nunca ni sé de nadie que lo haya hecho, y puede no dar los resultados esperados, pero es una posibilidad intrigante y creo que muy útil.

### 2.5. El profesorado

En teoría es muy instructivo soñar sobre estos nuevas visiones y nuevos métodos de enseñanza. Pero para impartir una asignatura de esta manera es necesario encontrar un conjunto de profesores que estén dispuestos a hacerlo, a dedicarle el tiempo y esfuerzo necesario para crear una nueva didáctica de la enseñanza de las asignaturas formativas. Profesores que estén dispuestos a dar la vuelta a cómo se explica habitualmente. En vez de primero (y sobre todo) la teoría y después algunos ejemplos ilustrativos, impartirlos al revés: primero el problema y después la teoría necesaria para trabajar el problema y finalmente la reflexión sobre lo que se ha aprendido del trabajo. Este paradigma no es nuevo, muchos lo habréis reconocido como similar al del Aprendizaje Basado en Problemas. Pero no es el habitual en nuestras universidades.

Es fácil ver que si queremos construir las asignaturas de base según alguno de los modelos mostrados, o algún otro de características similares, es necesario contar con profesores para ellas que sean especialistas: que investiguen y creen estas nuevas asignaturas. Esto es en cierto modo incompatible con el modo en el que en el pasado, y aún en el presente, se funciona en las universidades: según sus propias necesidades el departamento asigna un profesor, que puede ser distinto cada año, a impartir una asignatura y, sobre todo para asignaturas

en unos estudios que el departamento considere ajenos, a menudo es el profesor más joven o que no ha podido escoger una asignatura más de su gusto. Y si no gusta al centro, se invoca la libertad de cátedra: basta cumplir las ambiguos y poco específicos descriptores de las asignaturas. Esta forma de funcionamiento debe terminarse. Es necesaria una mayor planificación, más allá de los descriptores e incluso de los temarios. Es necesaria una colaboración más estrecha entre escuelas y departamentos y los profesores asignados a las asignaturas de los estudios. Las instituciones deben planificar las asignaturas mucho más a fondo. Esto no es porque lo exijan los ejemplos que he mostrado, sino porque lo exige el espíritu, y la letra, del EEES. Está dentro del espíritu que muestran los decretos y borradores del Ministerio y de otros documentos como la propuesta de renovación metodológica de la enseñanza en la universidad [9].

Pero esto no responde a la pregunta. ¿Se encontrarán profesores dispuestos a crear estas asignaturas? La mejor manera que veo de responder es mirarse a uno mismo y preguntarse si se estaría dispuesto a ir a económicas, por ejemplo, a crear e impartir una asignatura de informática para economistas según las visiones presentadas. ¿Estaríamos dispuestos a colaborar con los profesores de la Facultad de Económicas y diseñar un curso según los objetivos que nos pidan, crearla e impartirla? Si la respuesta es sí, por lo general no habrá problemas en encontrar profesorado adecuado. Si la respuesta es no, habrá problemas, pero no sólo en informática, sino en todas las carreras de todas las universidades.

### 3. El Proyecto Final de Carrera

Tras habernos cuestionado las necesidades y exigencias de las asignaturas de formación básica vayamos al otro extremo de los estudios: el trabajo de fin de grado.

Según el último borrador del ministerio el trabajo fin de Grado, que es obligatorio en todos los estudios, debe tener entre 6 y 30 créditos y además pueden aparecer en el plan de estudios prácticas externas que pueden consumir

hasta 60 créditos. El objetivo de estos créditos es evaluar si los alumnos han obtenido las competencias asociadas a la titulación. Nótese que dice *evaluar*. Esto significa que a los alumnos ya se les ha impartido y dominan todas estas competencias. El trabajo fin de Grado, o Proyecto Final de Carrera (PFC), tal y como se le denomina en las ingenierías, no es el sitio donde practican algo por primera vez sino que es el ensayo final. Cualquier objetivo que planteemos para el PFC debe haberse impartido y practicado previamente durante la carrera.

Por su parte el Libro Blanco de la titulación de informática [1] no especifica casi nada del proyecto final de carrera. Simplemente recomienda que sea el 6% de los contenidos de formación comunes (alrededor de 8 créditos) y que se realice en el último año de carrera. Es decir que tiende al margen inferior de los créditos posibles que se le puede asignar. La segunda recomendación queda sobreesida por el último borrador del MEC que obliga a defender el trabajo fin de grado como último paso de la carrera.

El PFC antaño era una demostración de la capacidad profesional del ingeniero, pero no se ha adaptado a los tiempos. Hace 50 o más años la más importante fuente de ingresos de los ingenieros era el visado de los proyectos que debían presentar en sus respectivos colegios profesionales. La prueba final que demostraba que el ingeniero estaba preparado para el ejercicio profesional era, lógicamente, que fuera capaz de completar un proyecto con su documentación correspondiente, con la calidad y los formatos que exigía el colegio profesional: crear un proyecto aceptable por el colegio era la prueba que estaba preparado para ejercer la profesión.

Pero los tiempos han cambiado mucho y los proyectos poco. El visado de proyectos es ahora una actividad marginal para los ingenieros, y en informática es una actividad profesional inexistente. Desde el punto de vista de los estudios de informática, los proyectos, tal y como se hacen, son un vestigio del pasado que no tienen razón de ser. El ingeniero trabajaba solo o con subordinados, ahora trabaja en equipo y con responsabilidades más esparcidas; el

proyecto tenía un principio claro (cuando lo contrataban) y un final claro (cuando se presentaba la memoria al colegio), ahora los proyectos duran años —por ejemplo el mantenimiento y mejora de programas ya existentes— con equipos de personas que van cambiando; la delimitación de lo que era una profesión estaba clara, ahora es cada vez más confusa, con equipos multidisciplinares. A pesar de todos estos cambios los PFC siguen siendo en su mayoría (y a veces obligatoriamente) individuales, pueden durar años sin que se marque un final claro ni un plazo, son artificialmente limitados en su principio y final, suelen ser monotemáticos, están hechos con criterios académicos más que profesionales (nunca he visto ninguno con un presupuesto), las memorias y presentaciones parecen más tesinas que documentos de empresa. Salvo algunas muy honrosas excepciones, lo que aceptamos, y promovemos, como PFC son trabajos que ninguna empresa presentaría a un cliente.

Un PFC ya no demuestra la capacidad profesional del aspirante. Se plantea como el lugar donde comprobar que los alumnos han aprendido los contenidos de lo enseñado durante la carrera [6]. Como en el caso de las asignaturas de formación básica, es necesario replantearse completamente lo que es un PFC en nuestros estudios. Es algo que deberíamos haber hecho hace años, en vez de dejarnos arrastrar por la inercia. Por suerte ahora tenemos un momento propicio para afrontar este cambio.

### 3.1. ¿Para qué queremos que sirva el PFC?

Como en el caso de las asignaturas de formación básica, el primer paso para poder rediseñar el PFC es preguntarnos para qué queremos que sirva, más allá de lo que indica el decreto del MEC. Y también como en ese caso, lo importante no es la respuestas concreta que demos, sino actuar en consecuencia con ella. Cada uno decidirá según sus criterios y circunstancias, aquí yo indicaré algunas posibles decisiones y sus consecuencias.

Como hemos dicho en la sección anterior, el trabajo de fin de Grado tiene el objetivo de evaluar las competencias obtenidas durante

los estudios de grado. Esto nos permite utilizar técnicas habituales de evaluación para estudiar como podríamos modificar y mejorar el PFC. El primer objetivo a evaluar, y que aquí no voy a comentar más, es el dominio de las materias de los estudios. No merece comentario por obvio y porque evaluarlos en el PFC no tiene demasiada importancia ya que este dominio ya ha sido evaluado en las asignaturas correspondientes. El PFC está sobre todo para evaluar *otras* competencias: si sólo se quisiera evaluar los contenidos sería mucho más rápido y sencillo hacer un examen de reválida. Precisamente son estas otras capacidades como la de trabajo en equipo, comunicación, etc. las que deben evaluarse en el PFC. Estudiemos algunas de ellas.

**Trabajo en equipo** Una de las competencias a la que más importancia se da es la del trabajo en equipo. Esto no es de extrañar ya que la tecnología y la economía modernas exigen que prácticamente todo el trabajo desarrollado por un ingeniero sea parte de un equipo a menudo multidisciplinar, cada vez más a menudo disperso geográficamente, y que no crea sistemas en solitario, partiendo de cero y que nunca más se van a tocar, sino que trabajando en colaboración amplia, mantiene y modifica sistemas ya existentes y que serán modificados, mantenidos y ampliados por otros en el futuro. En vista de esto debería ser excepción, y no la norma, que los PFC sean trabajos individuales y solitarios. El PFC de un alumno debería ser parte de un proyecto mucho más amplio en el que trabaja un equipo de no menos de 4 personas (un trío, y mucho menos una pareja, no puede considerarse un equipo). Es claro que los problemas logísticos para crear estos grandes equipos existen, pero realmente no son tan graves. Es cuestión de ser ambiciosos: todos estos proyectistas forman una mano de obra barata que, bien usada, permitiría a nuestras universidades crear grandes sistemas informáticos de uso propio, innovadores programas educativos y de investigación, o laboratorios bien equipados. También pueden servir para colaboraciones interesantes y útiles entre la universidad y la empresa privada.

Como he dicho, la logística de funcionamiento de los equipos es complicada. Propongo a continuación dos modelos de funcionamiento: el modelo avión y el modelo autobús. En el modelo avión se crea el equipo para un proyecto concreto de duración determinada a priori. El equipo se forma, sube al avión, crea el sistema, y cuando llega al final del viaje, se desbanda. El modelo autobús, en cambio, es el típico de un proyecto de duración indefinida. Los alumnos se incorporan al equipo con una responsabilidad determinada, la cumplen, y se bajan, mientras que el resto del equipo continúa. Alumnos van subiendo y bajando del autobús continuamente.

Es importante diferenciar el proyecto global con el PFC de cada alumno. El proyecto ha de ser en equipo, pero el PFC no tiene por qué serlo. En el modelo autobús, cada alumno ha sido parte del equipo, ha trabajado en equipo, pero ha tenido una parcela propia de responsabilidad: cuando se baja tiene su PFC individual. En el modelo avión, en cambio, sería bastante razonable que el resultado del proyecto sea un único PFC conjunto.

Finalmente, quisiera remarcar que en el futuro, cuando estén en funcionamiento los estudios de grado y de posgrado, los proyectos servirán no sólo para los PFC de grado, sino también para los de máster: los alumnos de máster formarán parte del equipo, guiando y supervisando a los alumnos de grado. E incluso en algunos casos los alumnos de doctorado podrán liderar los equipos. Visto así, los PFC no sólo resultan una buena manera de poder evaluar a los alumnos, sino de tener universidades más productivas.

**Comunicación** Una de las competencias más importantes a evaluar son las relacionadas con la comunicación: saber redactar un informe, saber hacerse entender, tener capacidad de presentar en público ideas, informes o productos. Estas competencias destacan por su importancia intrínseca —que aumenta día a día con el aumento de la tecnología de comunicaciones y con la globalización— y porque los empleadores las echan en falta. Estudios han mostrado que es uno de los defectos más

importantes que ven en la docencia universitaria [4]. El PFC es un excelente lugar para demostrar que el alumno ha obtenido las capacidades de comunicación, tanto oral como escrita, que se le va a demandar al llegar a su puesto de trabajo.

Como todo profesor, me he visto en la dolorosa obligación de leer las memorias de muchos proyectos finales de carrera. Mi opinión, confirmada anecdóticamente en muchas conversaciones con profesores de varias universidades, es que son largas y farragosas, están mal escritas y tienen un formato en general parecido al de una tesis o una tesina. No es que sea malo que durante el PFC se escriba una memoria académica. Lo malo es que casi siempre es *el único* documento que se escribe. Y es malo porque este no es el tipo de escrito que se les va a pedir en su puesto de trabajo. Las presentaciones orales que hacen son algo mejores, pero tampoco son del estilo que se van a encontrar en su futuro. En la sección siguiente entraremos en cómo impartir comunicación y otras competencias transversales. Discutiré aquí una visión de qué tipos de documentos y presentaciones son adecuadas y deben pedirse en un proyecto. No todos estos documentos deben pedirse en todo tipo de proyecto y, suponiendo que el PFC es una parte del proyecto total, cada PFC deberá constar sólo de los documentos correspondientes.

- Todo proyecto debe comenzar con una propuesta. No tiene sentido iniciar una tarea sin una propuesta clara de qué se va a hacer, cuánto tiempo se va a tardar, qué recursos se necesitan y un presupuesto. En ninguna empresa aceptarían que se empezara un proyecto sin este estudio previo y esta documentación.
- Ningún proyecto acaba sin imprevistos que obligan a cambios de las previsiones iniciales. Por eso el proyecto debe prever una serie de *informes de progreso* en el que se detalle la situación actual del mismo y los cambios introducidos sobre el proyecto inicial para introducir mejoras o solucionar imprevistos. Estos informes deben presentarse en hitos preestablecidos:

la entrega de las especificaciones completas, la entrega del primer prototipo o la entrega de la primera versión de prueba.

- A la entrega del proyecto final debe adjuntarse todo un conjunto de documentación. Además de la opcional memoria académica ya mencionada, durante el proyecto se debe escribir un manual de usuario, un manual técnico para la instalación y el mantenimiento del sistema o incluso un curso de formación si el sistema es de funcionamiento complejo.

En uno o más de estos hitos puede además hacerse una presentación oral. Por ejemplo la propuesta debería acompañarse de una presentación oral para vender la idea y lo mismo podemos decir para los documentos finales.

Es importante remarcar que la creación de este conjunto de documentos y presentaciones obliga a los proyectistas a tener que escribir para lectores diferentes con diferentes intereses y niveles de conocimientos. La propuesta se hace para el cliente, cuyos conocimientos informáticos deben presuponerse bajos y en donde se enfatiza las capacidades del sistema que se quiere construir y cómo va a permitir a la empresa en cuestión mejorar su competitividad. Por otro lado el documento técnico está escrito para el gestor del sistema y para futuros informáticos que vayan a hacer el mantenimiento del mismo y debe estar escrito de otra manera. Los manuales de usuario han de tener otro estilo y lo mismo puede decirse del curso de formación. Es muy importante para el buen hacer profesional del alumno el saber escribir para cada lector y esto se consigue escribiendo este conjunto de documentos en vez de un solo documento final.

**Responsabilidad** Otra de las quejas que he oído a menudo sobre nuestros egresados es una cierta falta de responsabilidad. En particular recuerdo un caso en el que se les llamaba *francotiradores*. Y el PFC tal y como se hace hoy en día les enseña que se puede ser un irresponsable. Pueden acabarlos cuando quieran: tanto pueden tardar 6 meses como 3 años; No se comprometen a entregar un proyecto concreto:

el proyecto acaba cuando lo diga el director, cuando haya pasado mucho tiempo o el director o el alumno estén hartos; Pueden cambiar de tema en cualquier momento sin ninguna penalización; No deben gestionar ni recursos, ni tiempo ni presupuesto alguno. En suma, no se comprometen a nada, y hagan lo que hagan tienen prácticamente asegurado el sobresaliente [16]. Un profesional tan irresponsable no tiene mucho futuro.

El fomento de la responsabilidad está muy relacionado con los otros aspectos comentados anteriormente. Si se les obliga a integrarse en un equipo no pueden hacer lo que quieran impunemente. Si se les obliga a empezar mediante una propuesta escrita, a poner hitos y fechas al proyecto, a entregar informes de progreso y una documentación final claramente especificada se les enseña y obliga a responsabilizarse de su trabajo. Esta es una exigencia a los alumnos y a los profesores: si hacemos la vista gorda a cualquier cambio, falta o retraso, seguimos enseñándoles a ser irresponsables.

### 3.2. El papel del profesorado

El papel del director [6] actualmente consiste en: (1) definir una propuesta de PFC; (2) elegir al proyectista; (3) especificar el proyecto; (4) hacer un seguimiento del mismo; (5) definir la estructura y seguimiento del contenido de la memoria; (6) recopilar información del proyecto, antes de que se vaya el proyectista y se le pierda de vista, quizá para siempre; y (7) evaluar el proyecto, normalmente como miembro de un tribunal. Dentro de la visión que he expuesto anteriormente el papel del profesor ha de cambiar sustancialmente: la mayor parte de las tareas asignadas al director pasan según lo escrito, al alumno. Y así debería ser: no es bueno ni demuestra la capacidad del alumno estar tan arropado en su proyecto final. El papel del profesorado se divide ahora en dos. Por un lado está el director del proyecto, cuyo papel disminuye, y por otro lado está la del evaluador, cuyo papel aumenta considerablemente.

En la visión esbozada los proyectistas forman parte de un grupo de trabajo. El funcionamiento puede ser similar al de un grupo de

investigación: el director del proyecto no está supervisando lo que hace cada profesor sino que cada uno tiene su responsabilidad y la cumple. En caso de dificultades o porque una tarea depende de más de un miembro, los interesados se reúnen a discutir los resultados y plantearse alternativas. El funcionamiento del equipo de un proyecto es similar: cada proyectista tiene su tarea asignada y la cumple, a veces solo, a veces interaccionando con otros proyectistas o con profesores. Es conveniente que haya reuniones de grupo periódicas para revisar el progreso realizado, eliminar duplicidades o vacíos y proponer ayuda si alguien tiene un problema que le está deteniendo. Si hay alumnos de máster o doctorado, ellos pueden ser los responsables de dirigir estas reuniones. El papel del profesor se reduce así a tener la visión global del proyecto entero, a conseguir recursos y a tomar las decisiones de largo alcance cuando el proyecto se encuentre en una encrucijada. También puede servir de mentor de un proyectista de grado, aunque esta labor la puede llevar a cabo, quizá más eficazmente, proyectistas de posgrado. Como vemos la labor del director de proyecto disminuye, ya que no tiene que estar tan pendiente del proyectista: un alumno tan inseguro de su capacidad que necesita de un guiado tan directo, de un marcaje tan estrecho, no está aún preparado para la vida profesional. En el PFC debe mostrar mucha más iniciativa de la que muestran en la actualidad.

Pero así como la labor del profesor director debe disminuir, la del profesor evaluador debe aumentar. A diferencia de ahora, donde el tribunal evaluador ve el proyecto una única vez, cuando ya ha terminado, en la visión que propongo el tribunal, que puede ser de una única persona, empieza su labor con la propuesta, sigue con la evaluación de los informes de progreso, la revisión de los entregables — especificaciones, prototipos, subsistemas— y termina con la evaluación no sólo de los documentos finales, sino también de la del producto. La labor del evaluador no es solamente asignar un valor numérico sino sugerir modificaciones del proyecto y dar ideas y comentarios externos que complementen a los del di-

rector del proyecto. Su labor es similar, pero más completa y educativa, a la de las comisiones ministeriales que evalúan nuestros proyectos de investigación. Dentro de lo posible es deseable que miembros de la industria sean miembros de estas comisiones de evaluación: es lógico que sea así si el proyecto parte de una cooperación universidad-empresa. E incluso si no es así, miembros de la empresa pueden estar interesados en formar parte de estas comisiones para poder estudiar de cerca las capacidades de futuros empleados. Naturalmente esta mayor labor del profesor evaluador debe estar reconocida a través de créditos o de alguna otra manera.

### 3.3. El PFC como faro

Una de las posibilidades más interesantes que provienen de la directriz que «el trabajo de fin de Grado deberá estar orientado a la evaluación de competencias asociadas a la titulación» [11], es que este trabajo puede ser utilizado como faro o guía a la hora de elaborar los planes de estudios. Si tenemos claro todo lo que deben demostrar nuestros estudiantes en el PFC, entonces ‘simplemente’ debemos asegurarnos que todo aquello debe impartirse durante los estudios de Grado. Algunos casos serán más sencillos que otros. Por ejemplo, todos los contenidos habituales de arquitectura de ordenadores, ingeniería del software o sistemas operativos tendrán su asignatura correspondiente. Esto no es novedad y ya lo sabemos hacer sin necesidad de recurrir al PFC. Pero en los nuevos planes de estudios debemos asegurarnos que los alumnos adquieran otras competencias, las competencias transversales, las que hemos repasado en esta sección y otras, como por ejemplo el pensamiento crítico. Algunas de estas competencias pueden basarse en asignaturas propias. Yo imparto asignaturas de comunicación [13] o de métodos de trabajo ante situaciones ambiguas, mal definidas, más cercanas a la realidad del ejercicio profesional [12]. Pero aún así, estas *competencias transversales* deben trabajarse a lo largo de toda la carrera del estudiante: uno no sabe escribir bien por saberse muchas reglas, sino escribiendo bien, y esto sólo se consigue con

una práctica continua. En la sección siguiente explicaré un método para enseñar estas competencias.

### 3.4. Conclusión

He mostrado en esta sección una manera de replantearse los PFC en los estudios de Grado de informática. Partiendo de algunas competencias que se consideran que los alumnos deben dominar se han establecido normas y métodos de trabajo que obligan a los alumnos a demostrar este dominio. Debo recalcar que lo mostrado aquí es simplemente un ejemplo de cómo plantearse esta reforma. Cada centro debe decidir qué competencias desea de su alumnado y cómo conseguir que los alumnos demuestren haberlas conseguido. No pretendo en esta ponencia indicar qué competencias deben ser objetivo de evaluación, ni, de elegirse alguna que aparece aquí, sugerir que deba usarse la forma de trabajo que he propuesto. Mis ideas no pretenden tener validez universal: provienen de mi experiencia, mis criterios, mis preferencias y mi forma de ser. Lo que pretendo exponiéndolas es servir de ayuda a los centros cuando hagan sus propios planteamientos.

## 4. Competencias transversales

Una novedad de los nuevos planes de estudios es la importancia explícita que se dan a las competencias genéricas o transversales: competencias que deben adquirir nuestros estudiantes pero que no tienen asignadas unos créditos o una asignatura, sino que deben irse adquiriendo a lo largo de todas las asignaturas. Típicamente estas competencias no pueden instanciarse en unos contenidos concretos sino que son competencias *actitudinales*: se pide al alumno que tenga pensamiento crítico, capacidad de trabajo en equipo, responsabilidad, ética profesional, capacidad de comunicación oral y escrita. No se trata de enseñar al alumno un tratado de ética, sino que se comporte éticamente en todo momento. Por eso, estas competencias no pueden concentrarse en unos contenidos y aprobarse mediante un examen. Esto no excluye que haya alguna asig-

natura, por ejemplo de comunicación, donde se dé un empujón a estas competencias, pero si la asignatura es todo lo que hay, se puede asegurar que nuestro alumnado, a menos que las trajeran al empezar los estudios o las hayan adquirido por su cuenta, acabará la carrera sin ellas.

Por su propia naturaleza las competencias transversales son responsabilidad de todos los profesores del centro. Todos deben enseñarlas y exigir las, cada uno dentro de las características de la materia que esté enseñando y al nivel que corresponda al curso donde se imparta su asignatura. Esto exige una planificación detallada, establecer objetivos concretos tanto globales para toda la carrera, como específicos para cada asignatura, asegurarse que todo el profesorado esté coordinado y comprometido en su enseñanza. El esfuerzo y compromiso que esto va a suponer para todos es elevado. Se van a necesitar años para montar la infraestructura, los métodos de trabajo y de evaluación, acordar y coordinar niveles y ejercicios... Si se está dispuesto a abordar esta ingente tarea, esta ponencia puede dar ideas de como atacar el problema. Si no, lo mejor es responder «cuarenta y dos» y dejarlo todo como está.

Aún más que en las secciones anteriores, en esta entramos en *terra incognita*. En las dos secciones anteriores he podido extrapolar a partir de mi experiencia y el estudio de la literatura sobre el tema para proponer las nuevas iniciativas mostradas. En este caso mi experiencia personal es prácticamente nula y he encontrado muy poca o ninguna literatura específica, especialmente referido al caso específico de la informática o las ingenierías. Estamos partiendo de cero, pero hay que avanzar. Las propuestas de esta sección son más tentativas y especulativas, están apoyadas en menos datos y experiencias que en los casos anteriores, pero están al menos basadas en un año de reflexión, discusión y trabajo para crear un plan global de la enseñanza de la comunicación oral y escrita.

#### 4.1. Cuestiones primeras

Las dos mayores diferencias que presenta la enseñanza de las competencias transversales respecto a la de una asignatura son:

1. La enseñanza no está asignada a un profesor o grupo reducido de profesores. Nadie es directamente responsable y por lo tanto hay una tendencia por parte de todos a apartar estas competencias de la enseñanza en cuanto el tiempo o algún otro tipo de presión apremia.
2. La enseñanza tiene lugar a lo largo de cuatro años y no de un cuatrimestre o un curso. La diferencia en madurez intelectual y formación personal de un joven recién salido del bachillerato y el de un adulto a punto de convertirse en un ingeniero en informática es muy grande y debe tenerse en cuenta en la planificación.

Para eliminar el problema resultante de la primera diferencia es necesario explicar y concienciar a los profesores de la importancia de enseñar estas competencias transversales, pero eso no basta: hay que diseñar la enseñanza y los ejercicios de la competencia transversal de que se trate de forma que apenas suponga trabajo al profesor —más allá del cambio inicial— y que pueda insertarla de forma natural en su método habitual de enseñanza. Esto es posible, como mostraremos más adelante.

La segunda diferencia ha sido tratada desde hace más de 50 años por los pedagogos. Estudiando los diferentes niveles del conocimiento, Bloom [2] identificó seis niveles, desde el nivel más simple, que llamó *conocimiento*, en el que simplemente se le pide al alumno que recuerde datos o hechos, al más elevado, que llamó *evaluación*, en el que se debe defender, argumentar, predecir, valorar. Entremedias están los niveles llamados, de más bajo a más alto, *comprensión*, *aplicación*, *análisis* y *síntesis*. Estos seis niveles constituyen la famosa taxonomía de Bloom.

Menos conocido, pero igualmente importante, es el estudio de Perry [15] sobre los niveles de madurez intelectual de los estudiantes en la universidad. Divide el grado de madurez en

nueve niveles que agrupa en cuatro etapas. La primera es la que llama *dualismo*. En esta etapa los alumnos creen que todo es correcto o incorrecto. El alumno no quiere pensar independientemente, sino adherirse a la ‘verdad’ tal y como la pronuncian las autoridades. Creen que hay una única posible solución a cada problema, que es, naturalmente, la del profesor. La segunda etapa se llama *multiplicidad*. En esta etapa el alumno entiende que hay diferentes formas de pensar, todas ellas igualmente válidas. Hay varias soluciones a cada problema, pero ninguna es mejor que otra. Empiezan a formarse opiniones propias. La siguiente etapa es la llamada *relativismo*. En ella el alumno se da cuenta que no todas las soluciones son igualmente válidas sino que el contexto, junto con las evidencias y los criterios personales hacen que unas sean mejores que otras. Empieza a defender sus opiniones, a escuchar las defensas de otras posiciones y a argumentar, basándose en hechos, la bondad de sus soluciones. La última fase es la de *compromiso*. En esta fase se va más allá de la simple argumentación de posturas y uno compromete su persona, su ética, en su conocimiento y actuación. Según Perry los alumnos entran, o debieran entrar, en la universidad en los primeros niveles de la fase de multiplicidad y salir en los últimos niveles de relativismo. Desgraciadamente vemos demasiado a menudo alumnos que entran estando en la fase dualista, y más desgraciadamente aún, que siguen cerca de esa etapa en los últimos años de la carrera.

Lo más importante a tener en cuenta de estas divisiones de conocimiento y de madurez intelectual es que el aprendizaje va nivel a nivel, etapa a etapa. Se debe de detectar en qué nivel de conocimiento y de madurez se encuentra la clase y explicar a ese nivel e ir introduciendo el nivel siguiente progresivamente. Intentar explicar algo dos o más niveles más allá del que se encuentre el alumnado es un error: les estamos hablando en un lenguaje que no están capacitados para entender y no causamos más que gran frustración en ambas partes. Esto no es un problema muy grave en un curso que dura un cuatrimestre: por experiencia sabemos el nivel de conocimiento y de madu-

rez que tienen los alumnos e inconscientemente nos adaptamos a él<sup>1</sup>. En cambio, cuando estamos preparando un conocimiento que ha de impartirse a lo largo de varios años, hemos de prever, y promover, el cambio de nivel de conocimiento y fase de madurez.

Teniendo esto en cuenta vamos a mostrar un caso concreto de implementación en la carrera de informática de la competencia transversal en la que me he especializado: la comunicación oral y escrita. Esta competencia es además una de las más valoradas, y que más se echan en falta por los empleadores de nuestros egresados. Y no es de extrañar que esta falta sea la que más se destaque: adaptando una frase de Mark Twain, una persona que no es capaz de expresar buenas ideas es tan inútil como una persona que es incapaz de tenerlas. Una buena capacidad de comunicación es quizá la manera más evidente de demostrar una buena formación, y viceversa, una mala capacidad de comunicación es la mejor manera de simular una mala formación. Lo que mostraré a continuación puede adaptarse a las otras competencias que se desee que tengan los alumnos.

#### 4.2. Un plan para la competencia de comunicación

Un plan de formación en la competencia de comunicación en el grado de informática ha de ser un plan detallado y que dure cuatro años en el cual se vaya enseñando y exigiendo a los alumnos progresivamente el saber exponer sus ideas por oral y por escrito de forma clara y convincente. A menudo se me comenta que esto no debe enseñarse en la universidad, que los alumnos deben llegar a la universidad ya sabiendo comunicarse adecuadamente. Y mi experiencia, que puede resultar sorprendente a muchos, es que es así: el alumnado llega sabiéndose expresar adecuadamente por oral y por escrito... a nivel de bachiller. A un universitario, a un informático, hay que exigirle mucho más. La sociedad le exigirá expresar

<sup>1</sup>Aunque en los casos, que todos hemos experimentado, de un curso que ha ido rematadamente mal a pesar que hayamos hecho lo mismo que en cursos anteriores, convendría preguntarse si la cause de todo quizá no sea que el grupo fuera un poco más inmaduro de lo habitual.

asuntos y conceptos complejos a una audiencia diversa, hablarle a cada uno convincentemente, en los términos que le interesen y en un lenguaje que pueda entender. Esto hace la comunicación más difícil y es necesario una mayor capacidad de comunicación que la que se tiene antes de entrar a la universidad. Mucho mayor.

Al menos he de decir que se es consecuente con la idea de que los alumnos deben entrar sabiendo todo lo necesario de comunicación. He hecho estudios comparativos del nivel de escritura de alumnos antes de entrar en la universidad y alumnos a punto de terminar la ingeniería técnica y he concluido que no hay diferencia apreciable alguna. Se les ha hecho escribir problemas e informes, pero no se les ha enseñado a expresarse mejor durante sus estudios.

La intención de esta sección es establecer un plan integral de formación en los aspectos de comunicación para los alumnos de la carrera de informática. Este plan de formación estaría integrado en todas las asignaturas de los estudios de grado para que los alumnos vayan mejorando progresivamente su capacidad de comunicarse. También permitirá a los profesores ir aumentando el nivel de exigencia que se tiene actualmente en estos campos. Y no sólo en estos, ya que se ha mostrado repetidas veces que una buena capacidad de expresión permite mejorar la formación en las capacidades específicas de la carrera.

Este plan no pretende obligar a nadie a impartir temas que no desee ni a dictar cómo deben ser o cómo deben corregirse los trabajos de comunicación, sino dar guías y ofrecer recursos, y sobre todo coordinar y hacer coherentes los esfuerzos de todos de forma que se obtenga más rendimiento con el mismo o incluso menos esfuerzo del que ya se dedica. También pretende ayudar a los profesores con poca experiencia en este campo y que se verán obligados a trabajar en ello en el futuro: los resultados del plan no sólo pretenden ser unas recomendaciones y unos caminos de formación, sino que incluye la creación de un repositorio de documentos, plantillas y guías a partir de los cuales cada profesor pueda crear fácilmente

explicaciones, ejercicios, y otros materiales que le permitan cumplir los objetivos establecidos usando métodos y técnicas que se adapten a su forma de trabajar y enseñar.

#### 4.2.1. Consideraciones iniciales

Como hemos destacado varias veces, este plan debe integrarse en los métodos que los profesores usen en sus clases. No obstante esto no significa que los profesores no hayan de cambiar su *actitud* ante la formación en esta competencia transversal. No se debe exigir *tiempo* a los profesores, pero sí debe exigírseles que den *importancia* a la competencia. En estos momentos, en general no se hace nada para que los alumnos aprendan. Se les manda hacer trabajos, problemas, informes, se quejan de lo mal hecho que está todo, pero se les aprueba igual. Los profesores desean que los alumnos escriban bien, pero no le dan importancia.

El primer paso es concienciar a los profesores que deben dar importancia a la comunicación: si un trabajo está inaceptablemente mal escrito no se debe aceptar, de la misma forma que no aceptarían un problema mal resuelto. Este es la base de todo: si los alumnos saben que al profesor no le importa la calidad de comunicación, no van a dedicar tiempo a escribir ya que lo dedicarán a aquello que el profesor valore.

Para mostrar a los alumnos la importancia que se da a la comunicación debe haber un mínimo de exigencia de todos y desde el primer día. Cuál es este mínimo debe decidirlo cada centro, pero debería contener lo siguiente:

- No es aceptable un trabajo mal presentado, sucio, con tachaduras<sup>2</sup>
- No debe aceptarse un trabajo con excesivas faltas de ortografía y gramática
- No debe aceptarse un trabajo plagiado

Quisiera comentar los dos últimos puntos. Los alumnos, a diferencia de lo que se cree, saben en general escribir sin faltas de ortografía y

<sup>2</sup>A menos que sea un trabajo hecho en unos minutos en el aula

gramática. Hay dos motivos por los cuales entregan trabajos infectos. Uno es el ya mencionado de que el profesor quizá se enfada y riñe, pero no valora un trabajo entregado sin faltas, ni penaliza uno entregado lleno de ellas. El otro motivo es que con el advenimiento de los procesadores de texto ya no es cuestión de escribir sin faltas: todos hemos cometido errores del estilo de teclear ‘baca’ en vez de ‘vaca’ no por desconocimiento, sino debido a que la tecla de la ‘v’ está justo al lado de la de la ‘b’. Por lo tanto ahora no es cuestión de escribir sin cometer faltas, como es el caso al escribir a mano, sino el de eliminar las existentes, lo que es más difícil y requiere mucho más tiempo, incluso con la ayuda de los correctores ortográficos. Si no se les da este tiempo, ni se les valora, es lógico que entreguen trabajos plagados de faltas. Una lectura cuidadosa del trabajo a entregar para eliminar las aberraciones más evidentes debe exigirse siempre; la perfección debe exigírseles si se les da tiempo para conseguirlo.

En cuanto al plagio, considerar aceptable un informe que es el resultado de una búsqueda mediante Google y el copiado y pegado de secciones de los documentos encontrados es una vergüenza, es denigrar la labor profesional de nuestros egresados: una mera selección y copia es lo que puede hacer un auxiliar administrativo. A un ingeniero o estudiante de ingeniería debe exigírsele buscar, leer, entender, comparar y después resumir y exponer el resultado. El plagio demuestra falta de capacidad, es fácilmente detectable y debe ser inadmisibile.

Quizá os preguntéis si los alumnos aceptarían estos mínimos, si no organizarán una revolución contra el profesor que lo intente. Los alumnos lo aceptan si se les explica de antemano cuáles son las normas, el motivo de tenerlas y se les da el tiempo necesario para poder escribir el trabajo con la calidad que se les exige. Y si en vez de ser las normas de un solo profesor lo son de todo el centro y desde el primer día que empiezan a estudiar, les parecerá natural.

#### 4.2.2. El compromiso inicial

Una tarea de esta envergadura requiere de un compromiso por parte de los profesores y del centro. Para conseguirlo debe empezarse con la redacción de un documento que explique los objetivos de lo que se desea conseguir para la competencia en cuestión y que sirva de guía para todo el profesorado a la hora de saber qué tipos de ejercicios son los más adecuados y qué nivel debe exigirse a los alumnos en cada momento.

El primer paso a realizar es establecer los objetivos del plan, es decir, las competencias concretas que se espera que los alumnos dominen al terminar su carrera. Por ejemplo:

- Ser capaces de describir y defender un proyecto de envergadura oralmente y por escrito
- Ser capaz de comunicarse a diferentes niveles
- Ser capaz de resumir rápidamente las ideas de varias fuentes y crear una visión propia de un problema o proceso.

Estos son posibles ejemplos. Las competencias concretas deben obtenerse del estudio de documentos como el libro blanco o sugerencias de organismos internacionales, como la ACM o el IEEE, y de los acuerdos de los miembros del equipo que elabore el documento.

Una vez establecidas las competencias finales que deben tener los alumnos, cada uno de ellos debe dividirse en una secuencia de habilidades más simples que marcarán el camino a seguir para obtener la competencia. Siguiendo con el ejemplo anterior, el primer objetivo puede dividirse en:

- Ser capaz de describir claramente por oral y por escrito la resolución de un problema.
- Ser capaz de estructurar la exposición de una práctica
- Ser capaz de responder adecuadamente a preguntas tras una exposición
- Ser capaz de argumentar una idea sencilla de forma convincente

Una vez diseccionadas las competencias en habilidades, se asignará el curso en donde debe haberse dominado cada una de ellas. Una habilidad puede asignarse a más de un curso, quedando claro que en este caso se espera una mejora gradual del dominio de la habilidad. También puede sugerirse asignaturas concretas que sean especialmente adecuadas para ciertos tipos de habilidades. Por ejemplo, las descripciones de prácticas pueden asignarse a las clases de alto contenido práctico, mientras que la descripción de problemas puede asignarse a asignaturas más teóricas.

Esto puede integrarse en la enseñanza sin cambiar los métodos de trabajo existentes: en casi todas las asignaturas pedimos a los alumnos que hagan, entreguen y expongan trabajos en las diferentes asignaturas. Ejemplos habituales de documentos que les pedimos son:

- Problemas
- Memorias de laboratorio
- Memorias de prácticas
- Informes de teoría-investigación
- Memoria de proyecto final de carrera.

Y buscando en la literatura encontramos otros tipos:

- Breves explicaciones de conceptos
- Preguntas para el examen
- Resumen de las ideas explicadas en clase
- Mapas conceptuales
- Acta de la clase

En cuanto a las exposiciones orales también hay una amplia variedad:

- Hacer preguntas en clase
- Responder preguntas en clase
- Salir a la pizarra
- Presentación de un informe
- Defensa de un proyecto

Estos documentos que ya hacen serán la base de los ejercicios de aprendizaje. Debemos ahora temporalizarlos según la capacidad del alumno en cada momento. En primer curso no tienen el nivel de conocimientos ni la madurez intelectual para escribir un informe. En los últimos cursos se les debe dar por supuesto que saben escribir y explicar con claridad un ejercicio, un problema, o responder por oral a una pregunta. Debemos ahora relacionar los objetivos y las habilidades con los ejercicios que los profesores ya usamos.

El resultado de estos tres primeros pasos es un documento público, aceptado por el centro, en el que se describen a fondo las competencias y habilidades que deben dominar los alumnos en cada curso. Este documento debe ser un anexo al plan de estudios, ya que en el futuro deberá ser una parte del plan. Con este documento tanto los profesores como los alumnos saben qué habilidades deben poseer en cada momento. Esto permitirá a los profesores saber qué es lo que debe saber el alumno en cada nivel, para poder exigirles lo que deben saber y poder explicar lo que aún no saben.

#### 4.3. Un ejemplo

Para ilustrar el proceso que propongo voy a detallar un ejemplo concreto adaptable a la situación de cada universidad. Este ejemplo es la redacción de memorias de laboratorio. Describiré la evolución del trabajo que se espera del alumno para cada etapa de madurez intelectual y explicaré el recorrido de aprendizaje en cuatro fases, que pueden corresponder a los cuatro cursos de los estudios de grado. Indicaré para cada fase la etapa en la que se encuentra el alumno y el objetivo de la memoria, un método para conseguir este objetivo y lo que debe exigirse del alumno en esta fase. Naturalmente, en cada fase se exige todo lo expuesto en las fases anteriores, y siempre se exige la calidad mínima ya descrita: buena presentación, corrección ortográfica, autoría del documento, etc.

### Primera fase

**Estado:** Esta primera fase de aprendizaje corresponde a la etapa de dualismo. El alumno considera que sólo hay una manera de hacer las cosas, no está preparado aún para distinguir y decidir entre varias opciones.

**Objetivo:** Debe escribir una memoria descriptiva de un ejercicio de laboratorio.

**Método:** Se les proporciona a los alumnos una memoria bien hecha y completa de otra práctica del mismo laboratorio. Se les pide que la adapten a su práctica.

**Se exige:** Seguir la plantilla, lenguaje claro, buena descripción del trabajo realizado.

### Segunda fase

**Estado:** En esta fase el alumno está en la etapa de multiplicidad. Ya entiende que no hay una única manera de hacer las cosas, sino que un problema puede resolverse de varias formas, aunque todas le parezcan correctas. No está preparado para defender una postura respecto a otras.

**Objetivo:** Debe escribir una memoria coherente y completa de un ejercicio de laboratorio con los apartados relevantes al trabajo desarrollado.

**Método:** Se les proporciona la estructura de una memoria adecuada a la práctica que han hecho, con ejemplos de qué es lo que puede contener cada apartado. Las ideas están explicadas, pero no desarrolladas.

**Se exige:** Coherencia en toda la memoria, completitud, buena estructura, exactitud en la descripción.

### Tercera fase

**Estado:** En esta fase el alumno está en los últimos niveles de multiplicidad y primeros de relativismo. Ya están preparados para evaluar la bondad de las diferentes alternativas y pueden empezar a tener ideas propias y defenderlas.

**Objetivo:** Debe escribir una memoria de un ejercicio explicando y defendiendo las decisiones que ha tomado.

**Método:** Se les proporciona una estructura laxa de la memoria. Se les indica que deben argumentar sus ideas, demostrando, por ejemplo, que el conjunto de pruebas escogido detecta la mayor parte de los errores habituales. Deben indicar diseños alternativos que consideraron y explicar por qué no los eligieron.

**Se exige:** Buena estructura de la memoria, argumentaciones rigurosas, relevancia de toda la información proporcionada

### Cuarta fase

**Estado:** En esta cuarta y última fase los alumnos ya están en los últimos niveles del relativismo. Deben tener iniciativa, ser capaces de escribir para diferentes lectores con diferentes niveles de conocimiento.

**Objetivo:** Deben escribir una o más memorias para diferentes lectores (clientes, técnicos, usuarios) con el lenguaje e información apropiado a cada caso.

**Método:** Se les indica el objetivo de la memoria (o las memorias) y se les describe el lector de cada una: directivo de una empresa, cliente, técnico, etc.

**Se exige:** Lenguaje e información adecuados y relevantes al lector del informe.

Este ejemplo ilustra cómo crear ejercicios que hagan avanzar a los alumnos en la elaboración de una memoria de forma gradual. El tener unos ejercicios progresivos es una parte, pero no todo. Es necesario impartir los conocimientos para elaborar cada documento. Para hacerlo sin grandes esfuerzos es necesario coordinarse y tener el material adecuado.

#### 4.4. Coordinación

La transversalidad misma de las competencias exige que haya una coordinación. Cada

profesor debe asumir su parte: así conseguiremos que explicando cada uno un poco, el alumno acabe aprendiéndolo todo. La coordinación deberá asegurarse de tres cosas:

1. Que en cada curso, entre todas las asignaturas, se enseñen y exijan las habilidades correspondientes al nivel
2. Que el nivel de exigencia solicitado al alumno no sea inferior al que debe exigírsele
3. Que no se exija al alumno habilidades que aún no debe tener o con una exigencia superior a la prevista.

El primer punto es importante: no todos los profesores deben exigirlo todo. Mientras se asegure que se cubren todas las habilidades, cada profesor sólo debe exigir e impartir aquellas que sean adecuadas a su asignatura. El segundo punto permite al profesor exigir desde el principio, sin necesidad de impartirlas, las habilidades que el alumno ha de tener. Esto es igualmente importante ya que permitirá una mayor rapidez en la enseñanza al no repetir aquello que no es necesario, y también porque dejará claro a los alumnos que el conocimiento no es de una asignatura, sino universal: una vez se tiene, debe estar a su disposición siempre que lo necesite.

Es necesario ir enseñando a los alumnos a elaborar los documentos de cada fase, mostrarles las dificultades que se van a encontrar y cómo superarlos. Y este es un grave problema, ya que, salvo excepciones, el profesorado tiene pocos conocimientos de comunicación, trabajo en equipo, o cualquiera otra de las competencias transversales. Por suerte hay unos pocos en cada especialidad que sí saben y con su ayuda es posible organizar la enseñanza de estas competencias como veremos más adelante.

#### 4.4.1. El repositorio

Los dos principios sobre el que se basa esta propuesta es que el profesor ha de poderlo integrar en su método de trabajo habitual y que no ha de dedicar mucho esfuerzo, ni en el aula ni fuera de ella, para conseguir los objetivos

propuestos. Para conseguir esto es necesario, como ya se ha visto, que haya una concienciación de los profesores y que exijan a los alumnos una calidad adecuada en su comunicación, de la misma manera que exigen una adecuada calidad de los conocimientos. Esto no dificulta la corrección de los problemas, ejercicios o informes: simplemente se añaden algunos criterios nuevos a los ya existentes. También acabamos de ver que el profesor puede usar los ejercicios que ya usa, aunque debe asegurarse que lo que se pide en cada fase sea adecuado al nivel que debe tener el alumno en ese momento. Cada profesor sólo debe explicar lo necesario para los ejercicios que demande, pero con una coordinación adecuada se cubrirá todo el espectro de la competencia. Falta explicar cómo debe impartir el profesor los conocimientos de comunicación necesarios. Es lo que vamos a tratar en esta sección.

Hay dos cuestiones a tratar: uno es cuánta materia debe impartir el profesor en cada asignatura, y otra es qué conocimientos son, y de dónde se obtienen. La primera cuestión da lugar a una respuesta tranquilizadora. Cada profesor debe impartir poco material: simplemente el que se necesite para que los alumnos redacten los documentos que se les pide. Si quiere que los alumnos escriban un informe, debe explicarles lo que se necesita para esa tarea: la estructura que debe tener, cómo plantear un argumento, los diferentes tipos de gráficos y para qué sirve cada uno, etc. Puede parecer mucho, pero recordemos que no hay que partir de cero ya que los alumnos llegan a cada curso con un bagaje conocido, y que se tiene todo el curso para explicar aquello que se precisa. Probablemente baste con dedicar unos minutos cada semana o dos.

Para saber el qué se debe explicar tenemos una gran desventaja respecto al mundo anglosajón: carecemos de buenos libros de texto. Apenas hay alguno adecuado en España [3] frente a las docenas de excelentes textos en inglés. El tener un buen texto sólo resuelve parte del problema: no podemos esperar de los profesores que se lean uno o más libros y extraigan la parte que les interesa. Esta labor hay que dársela hecha. Se deben escribir breves

documentos de unas pocas páginas para cada tipo de documento (problemas, memorias, informes) y cada fase, de manera que haya una base clara a partir del cual el profesor pueda personalizar los contenidos a su asignatura, al ejercicio en cuestión y a sus preferencias.

¿Y quién crea estos documentos? Si lo tiene que hacer una sola persona es un trabajo ingente. Pero lo podemos hacer entre todos. Puede crearse un repositorio con los documentos necesarios que contengan descripciones en detalle, ejemplos, métodos docentes que pueden usarse, ejercicios prácticos, etc. Los profesores pueden usar este repositorio para crear ejercicios, plantillas de corrección y documentos similares que les permita crear apuntes apropiados a sus asignaturas con poco esfuerzo. También permitirá a los alumnos acceder a ejemplos de lo que se espera de ellos, ayudándoles en su aprendizaje a la vez que se descarga un poco la labor del profesor. Aunque debe haber un especialista experto en el área que se responsabilice del repositorio, el contenido será dinámico: los documentos y ejemplos se irán refinando a medida que se mejore el conocimiento de cómo impartir los objetivos y se refinan los objetivos mismos. Los documentos que vayan creando los profesores irán formando parte del repositorio, haciendo que este sea cada vez en más útil. También pueden añadirse los mejores trabajos (escritos) que vayan entregando los alumnos para que sirvan de ejemplo a sus compañeros.

Lo descrito aquí no es una utopía: los diseñadores de software libre o la Wikipedia ha demostrado que es posible. Conseguir unos repositorios completos es una tarea de años pero que puede empezarse ya. Pueden estar sitios por AENUI o puede cada centro crearse el suyo propio. Para empezar hay una semilla de repositorio para cuestiones de comunicación en mi página web ([bioinfo.uib.es/~joemiro/reposcom/](http://bioinfo.uib.es/~joemiro/reposcom/)). Se pueden crear repositorios similares para el trabajo en equipo, pensamiento crítico y las otras competencias transversales.

## 5. Conclusión

El conjunto de contenidos instrumentales representa la mayor porción en créditos de los estudios de grado de informática. Debido a su enorme variedad en contenido, estructura y forma es imposible dar unas pocas consejos para mejorar su docencia. Por esto he partido de un planteamiento de base, preguntándome para qué sirven estos conocimientos, qué obtienen nuestros alumnos de todos estos créditos. La conclusión es que pueden ofrecer mucho más de lo que obtenemos de ellos actualmente. Para hacerlo es necesario cambiar radicalmente el planteamiento de las asignaturas de formación de base y la realización de los Proyectos Final de Carrera. Estos cambios demandan mucho esfuerzo y recursos y un compromiso por parte de profesores e instituciones. Si no se está dispuesto a hacer esta inversión, podemos dejar las cosas como están e ir sobreviviendo.

Los contenidos genéricos o transversales serán una novedad en los nuevos planes de estudio. Para impartirlos es necesario un gran cambio de actitud de los profesores, pero poco cambio en sus métodos de enseñanza. Con la ayuda de unos pocos especialistas, el liderazgo de las direcciones de centro y la colaboración de todos podemos crear unos repositorios con los textos, ejercicios, guías, etc. que permitan a los profesores introducir estos contenidos en su enseñanza con poco esfuerzo. He mostrado en particular un plan para introducir la competencia de comunicación oral y escrita. Planes similares pueden crearse para otras competencias.

Lo mostrado aquí es sólo el principio del camino. Para llevarlo a cabo hace falta mucho trabajo, investigación, ilusión y recursos. Esto concierne tanto a profesores como a las direcciones de centro y de las universidades y a los gobiernos locales y centrales. Es un esfuerzo que valdrá la pena ya que formará jóvenes con mejores capacidades profesionales, personales y sociales. Jóvenes que serán mejores miembros de nuestra comunidad. Puede parecer una tarea imposible pero puede hacerse. Puede hacerse si actuamos como si el cambio fuera posible, que es la única manera de que lo sea.

## Referencias

- [1] ANECA. *Libro Blanco. Título de grado en Ingeniería Informática*. Josep Casanovas, Coordinador. Junio 2005. Disponible en [http://www.aneca.es/activin/docs/libroblanco\\_jun05\\_informatica.pdf](http://www.aneca.es/activin/docs/libroblanco_jun05_informatica.pdf)
- [2] Bloom B. S., *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. David McKay Co Inc. New York, 1956
- [3] Cassany, Daniel, *La cocina de la escritura*. Anagrama. Barcelona, 1993.
- [4] Cifre, E., Montaña, J.J., Munar, AM., Socias, M. *Les Competències genèriques i el titulats universitaris a les Illes Balears*. UIB, Palma de Mallorca, 2006.
- [5] Dunham, William, *Viaje a través de los genios. Biografías y teoremas de los grandes matemáticos*. Ediciones Pirámide, 2002.
- [6] Fernández, Josep; Martínez, Antonio B.; Marín, Raul; Arboleda, Juan Pablo, *PFC: Los dos lados del espejo. Projectista-Director ¿Una visión compartida?* Actas de las XIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2007", YEAR = 2007, pp. 519 – 526. Ed. Thomson, Teruel, Julio 2007.
- [7] Land, Edwin, *Generation of greatness. The idea of a university in an age of science*. Arthur Dehon Little Memorial Lecture. Massachusetts Institute of Technology, 22 de mayo de 1957. Disponible en <http://www.swiss.csail.mit.edu/~hal/misc/generation-of-greatness.html> Última visita: 13 de agosto de 2007.
- [8] Marion, B.; Baldwin, D. (Copresidentes de la comisión) *On the implementation of a discrete mathematics course*. SIGCSE Committee report. SIGCSE Bulletin, **39**(2), pp. 109 – 126. Junio 2007.
- [9] Ministerio de Educación y Ciencia. *Propuestas para la renovación de las metodologías educativas en la universidad*. 2006. Disponible en [http://www.mec.es/educa/ccuniv/html/metodologias/docu/PROPUESTA\\_RENOVACION.pdf](http://www.mec.es/educa/ccuniv/html/metodologias/docu/PROPUESTA_RENOVACION.pdf)
- [10] Ministerio de Educación y Ciencia. *Materias básicas por ramas. Documento de trabajo 15 de Febrero de 2007*. Disponible en <http://www.mec.es/universidades/destacados/files/materias-basicas-ramas.pdf>
- [11] Ministerio de Educación y Ciencia. *Real Decreto por el que se Establece la Ordenación de las Enseñanzas Universitarias Oficiales. Documento de trabajo 26 de Junio de 2007*. Disponible en <http://www.mec.es/universidades/files/2007-rd-ensenanzas.pdf>
- [12] Miró, José, *Situaciones y problemas: cómo preparar a los alumnos para lo que se les avecina*. Actas de las IX Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2003, pp. 21 – 28. Ed. Thomson, Cádiz, Julio 2003.
- [13] Miró, José, *Escritura y presentación de documentos técnicos*. Página web de la asignatura. <http://bioinfo.uib.es/joemiro/teach/escOpt.html>
- [14] Paulos, John Allen. *Un matemático lee el periódico*. Tusquets editores, Barcelona, 1996.
- [15] Perry, Jr., W.G., *Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years*. Holt, Rinehart and Winston, New York, 1968
- [16] Polo Márquez, Antonio; Martínez Gil, Jorge; Arévalo Rosado, Luis J., *Hacia una metodología para el desarrollo de trabajos y Proyectos Fin de Carrera en Ingeniería Informática*, Actas de las XIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2007, pp. 511 – 518. Ed. Thomson, Teruel, Julio 2007.

- [17] Sommerville, Ian, *Construction by configuration: A new challenge for software engineering education*, Actas de las XI Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2005, pp. 5 – 7, Ed. Thomson, Villaviciosa de Odón (Madrid), Julio 2005.