

De la teoría a la práctica: cinco años después de la integración de la competencia genérica de sostenibilidad en el Grado en Ingeniería Informática

Jordi García, Fermín Sánchez, David López, Eva Vidal,
Jose Cabré, Helena García, Marc Alier
Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech.
Barcelona

jordig, fermin, david @ ac.upc.edu, eva.vidal @ upc.edu, jose.cabre
@ upc.edu, helena.garcia @ est.fib.edu, ludo @ essi.upc.edu

Resumen

La sostenibilidad es una de las competencias transversales básicas que todo ingeniero debería adquirir durante su formación. De hecho, seguir desarrollando ciencia y tecnología de espaldas a la sostenibilidad provocaría en poco tiempo un colapso de nuestro planeta. La puesta en marcha del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha propiciado una oportunidad única para replantearse diferentes aspectos educativos, entre los cuales destaca la inclusión de esta competencia en los planes de estudio.

Existe literatura abundante sobre estrategias y propuestas teóricas para incluir esta competencia en las ingenierías. Sin embargo, pocos trabajos han sido llevados a cabo desde una perspectiva más práctica. La Facultat de Informàtica de Barcelona (FIB) posee amplia experiencia en el diseño de titulaciones adaptadas al EEES y ha integrado la sostenibilidad en su plan de estudios de Grado en Ingeniería Informática.

En este trabajo se revisa el proceso de diseño del plan de estudios de Grado en Ingeniería Informática de la FIB, aprobado en el año 2009, y se analiza la experiencia de integración de la sostenibilidad tras cinco años de funcionamiento del grado. Se comentan los mecanismos de organización y coordinación entre las asignaturas implicadas y, finalmente, se extraen las lecciones aprendidas.

Abstract

Sustainability is one of the basic professional skills that every engineer should incorporate during their training. In fact, developing science and technology without sustainability criteria would collapse our planet. The launching of the European Higher Education Area (EHEA) has provided a unique opportunity to rethink different educational aspects, including the integration of this skill into the curriculum.

Abundant literature exists on strategies and theoretical proposals to include this skill into engineering. However, few studies have been done from a more practical perspective. The Barcelona School of Informatics (FIB) has wide experience in the design of degrees according to the EHEA, and has integrated sustainability into the Informatics Engineering degree.

This paper reviews the process of the design of the FIB's Informatics Engineering degree curriculum, approved in 2009, and analyses the experience of sustainability integration after five years. The organizational and coordination mechanisms between the subjects are discussed, and finally the lessons learnt are extracted.

Palabras clave

Sostenibilidad y compromiso social, competencias genéricas, competencias transversales, experiencias docentes.

1. Introducción

La Facultat de Informàtica de Barcelona (FIB) de la *Universitat Politècnica de Catalunya* comenzó oficialmente a diseñar el plan de estudios de Grado en Ingeniería Informática (GEI) a mediados de 2007. No obstante, ya en 2003 se había realizado una adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) del plan de estudios de Ingeniería Informática vigente en aquel momento, y se empezó a pensar en cómo serían las futuras titulaciones [19]. A principios de 2007 se comenzó a trabajar en el diseño del nuevo plan de estudios con la elaboración de una lista de competencias, tanto técnicas como transversales, del futuro GEI. El trabajo realizado previamente por el centro para la adaptación al EEES fue una experiencia crucial para orientar el diseño de los nuevos estudios de grado y evitar algunos errores.

Para diseñar el GEI, en lugar de adaptar el plan de estudios de Ingeniería Informática se optó por realizar un diseño integral completamente nuevo con el objetivo de ponerlo en marcha en 2009, aunque finalmente se inició en septiembre de 2010. Para ello, se nombró una comisión para elaborar la lista de competencias del GEI [13] y un conjunto de profesores, liderados por el equipo directivo del centro, diseñó una metodología para diseñar el plan de estudios. Estos trabajos se pueden encontrar en [8, 13, 14, 18].

Uno de los criterios de diseño fue el no incluir asignaturas específicas para trabajar las competencias transversales, para favorecer que estas se trabajasen en las asignaturas junto a las competencias técnicas. Esta decisión se tomó, entre otras razones, para que los estudiantes no percibiesen las competencias transversales como algo ajeno a la titulación que estudiaban. También se decidió que cada asignatura trabajase y evaluase entre una y tres competencias transversales, de forma que se establecieron itinerarios competenciales para todas las competencias.

La competencia de Sostenibilidad y Compromiso Social (así es como se denomina en nuestro centro, o SyCS para abreviar) es una de las competencias transversales que nuestra universidad decidió incorporar a todas sus titulaciones. Si bien algunos profesores (pocos) del centro habían publicado algunos trabajos relacionados con SyCS [4, 7, 10], no existía mucha experiencia para trabajar esta competencia en el plan de estudios, y mucho menos para integrarla en los contenidos de una asignatura puramente técnica.

En este trabajo se revisa el proceso de integración de la competencia SyCS en el plan de estudios de GEI de la FIB, tanto desde el punto de vista teórico (integración de la competencia en el plan de estudios) como práctico (experiencias de las asignaturas y cambios en su diseño), y se extraen las lecciones aprendidas después de cinco años de funcionamiento. Algunos de los aspectos descritos en este trabajo definen un marco general aplicable a cualquier competencia transversal, en especial durante la fase de preparación del plan de estudios; sin embargo, en este trabajo se destacan aquellos aspectos propios de SyCS que proporcionan una visión práctica, completa e innovadora de la integración competencia. Algunos de los resultados de esta integración pueden encontrarse en [2, 3, 5, 6, 11, 12, 23].

2. La teoría: preparación del plan de estudios

El diseño de una titulación de grado se puede organizar básicamente en tres fases [8, 14]: la definición de los objetivos de la titulación, el diseño de la estructura del plan de estudios y el diseño individual de cada una de las asignaturas que lo componen.

La definición de los objetivos de la titulación, junto con la definición precisa de las competencias técnicas y transversales que se debían cubrir, fue realizada por la comisión de competencias, liderada por el equipo directivo del centro [13]. A partir de la lista de competencias y de un conjunto de restricciones y criterios [18] se diseñó la estructura del plan de estudios, encargando a cada asignatura el desarrollo de un conjunto de competencias técnicas. Además, el centro encargó a cada asignatura la responsabilidad de evaluar entre una y tres competencias transversales. Nótese el matiz que conlleva el término evaluar: cualquier asignatura puede trabajar cualquier competencia transversal, pero solo las que tengan la responsabilidad de evaluarla están obligadas a trabajarla y a realizar una evaluación. Al asignar competencias transversales a asignaturas se intentó que cada competencia fuera tratada en diferentes semestres de la titulación, formando un itinerario competencial. Además, estas competencias deben ser evaluadas también en el Trabajo de Fin de Grado (TFG).

El GEI de la FIB se estructura en una fase de asignaturas obligatorias (los dos primeros años más dos asignaturas adicionales), casi un año para cursar la especialidad (ocho asignaturas del tercer año) y el último año para cursar asignaturas optativas y el TFG. El tercer año, los estudiantes deben escoger una especialidad de entre las cinco que se ofrecen. Además, las asignaturas optativas se agrupan en paquetes llamados intensificaciones, una de las cuales se denomina Informática y Sociedad, e incluye las asignaturas «Aspectos sociales y medioambientales de la informática», «Arquitectura del PC» y «Software libre y desarrollo social». Al tratarse de una intensificación, se permitió como excepción la existencia de asignaturas centradas en SyCS.

Otra decisión relevante del equipo directivo fue crear una estructura de gestión: coordinación horizontal para organizar las asignaturas de un mismo semestre y coordinación vertical para organizar asignaturas situadas en diferentes semestres que trabajan competencias relacionadas.

Para el diseño de las asignaturas se elaboraron recomendaciones [15] que se implantaron en una aplicación de guía docente, de forma que todos los profesores utilizaran la misma metodología para definir las asignaturas. El diseño incluía un mecanismo de revisión continua para corregir posibles deficiencias del propio diseño o adaptarlo fácilmente a la aparición de nuevas competencias, algo que es muy fácil que suceda en un grado del ámbito de la Ingeniería Informática. La guía docente es, de hecho, mucho más que una guía: es la herramienta básica para que los gestores de la titulación dispongan de toda la información sobre las asignaturas (y puedan cruzarla y extraer información cualitativa) o sobre la implementación real del plan de estudios. Gran parte de la

información expuesta en la Sección 3 de este trabajo hubiese sido muy difícil de conseguir si no se dispusiese de una aplicación como esta.

Finalmente, se nombró una comisión para definir cómo organizar y evaluar el TFG. La comisión basó su trabajo en la «Guía de evaluación de competencias en los trabajos de fin de estudios de las Ingenierías» [22] y sus resultados se publicaron en [1,21]. Otra comisión se responsabilizó de estudiar cómo incluir SyCS en los TFG [9].

Para integrar SyCS en el plan de estudios, el coordinador de la competencia se reunió con los coordinadores de las asignaturas implicadas durante la fase de diseño y ha mantenido reuniones con ellos durante la fase de implantación, ayudándoles a definir los objetivos y actividades para trabajar SyCS en su asignatura. El trabajo realizado en la fase de diseño para incluir la competencia SyCS en el plan de estudios se publicó en [20].

3. La práctica: puesta en marcha

Las nuevas titulaciones de grado adaptadas al EEES se pusieron en marcha en la FIB en el curso 2010-2011. Para garantizar una integración efectiva de las competencias genéricas en los planes de estudio no es suficiente con encontrar una buena estrategia de implantación, sino que es imprescindible realizar tareas de acompañamiento y supervisión. Por ello, en nuestro centro se crearon tres mecanismos paralelos: la comisión de coordinadores de competencias genéricas, el mapa competencial de la titulación [17] y la guía docente.

3.1. La comisión de coordinadores de competencias genéricas

En [16] se destaca la importancia de las tareas de coordinación académica entre las asignaturas de la titulación. Se propone una coordinación horizontal (entre asignaturas del mismo semestre) y otra coordinación vertical (entre asignaturas de diferentes semestres pero de temáticas relacionadas o dependientes).

En esta línea, la FIB ha creado diferentes niveles de coordinación horizontal y vertical, entre los cuales cabe destacar la comisión de coordinadores de competencias genéricas. La comisión está compuesta por diez profesores: un profesor asignado a la coordinación y el desarrollo de cada una de las nueve competencias genéricas definidas en nuestro grado más un profesor coordinador de la propia comisión. Aunque la comisión fue creada durante el proceso de diseño de los nuevos grados para discutir y decidir las estrategias de implantación de las competencias genéricas, adquirió un papel aún más relevante durante el despliegue, consolidación, revisión y mejora de los planes de estudio.

Con respecto a SyCs, las tareas realizadas por el coordinador han sido las siguientes:

- Realización de una primera entrevista personal con cada profesor responsable de asignatura a la que se haya asignado la responsabilidad de evaluar SyCS. En la entrevista se ha revisado la información introducida en la guía docente y se han discutido diferentes estrategias para trabajar la competencia en la asignatura.
- Elaboración del mapa competencial de SyCS. Este mapa consiste en la descomposición de la competencia en una lista de dimensiones, la definición de tres niveles de trabajo para cada dimensión y la propuesta de diferentes actividades a realizar para cada dimensión y nivel [17]. El mapa refleja la totalidad de conceptos y actividades que sería deseable realizar para que un alumno adquiera la competencia, y se describe con más profundidad en la Sección 3.2. Esta fase se realizó en cooperación con el resto de coordinadores de competencias, con el objeto de definir un marco común y detectar y tratar posibles solapamientos o lagunas entre competencias.
- Realización de una entrevista personal con los profesores responsables de asignatura para conocer qué dimensiones y niveles están siendo actualmente tratados en sus respectivas asignaturas. Una de las aportaciones del mapa competencial es que permite que una asignatura trate diferentes dimensiones de la competencia a distintos niveles de profundidad, lo que proporciona mucha flexibilidad a la hora de incluir la competencia en la asignatura. A partir de la primera versión del mapa de la competencia se puede realizar una estimación del grado de cobertura de SyCS en las asignaturas del GEI.
- Revisión del estado actual del mapa competencial e inicio de nuevas iteraciones de entrevistas con los profesores para eliminar solapamientos, si se estima oportuno, y asignar las actividades no cubiertas por ninguna asignatura. Todos los objetivos de todas las dimensiones del mapa competencial deberían ser cubiertos en alguna asignatura para poder garantizar el trato holístico de la competencia. Sin embargo, los solapamientos no son críticos, ya que aunque dos asignaturas trabajen la misma dimensión a un mismo nivel, podrían hacerlo desde perspectivas diferentes, lo cual en lugar de ser una repetición se convierte en un complemento.
- Una vez asegurada la completitud del mapa competencial, la tarea del coordinador de la competencia se reduce pero no termina, ya que se debe realizar un seguimiento periódico para recoger y discutir posibles cambios y mejoras en las asignaturas.

3.2. El mapa competencial

Tal y como se ha destacado en la sección anterior, el mapa competencial de SyCS define la totalidad de

objetivos y actividades que sería deseable trabajar para que un estudiante adquiriera esta competencia durante los estudios de grado. El Cuadro 1 muestra el mapa competencial propuesto en la FIB.

	Dimensión	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Ambiental	Coste de uso de las TIC	Conocer conceptos de coste de uso, directo e indirecto, de los productos y servicios TIC	Comprender los costes de uso que tienen los productos TIC. Ser capaz de valorar los indicadores asociados. Reflexionar sobre los efectos ambientales del uso de TIC.	Tener en cuenta los costes de uso de los productos y servicios TIC en nuestros proyectos y soluciones tecnológicas. Incluir indicadores que los midan.
	Ciclo de vida de los productos TIC	Conocer el ciclo de vida de los productos TIC (construcción, uso y destrucción) y el concepto de huella ecológica.	Comprender los costes ambientales, económicos y sociales que tienen los productos TIC a lo largo de su vida. Conocer modelos de cálculo de la huella ecológica.	Tener en cuenta los efectos ambientales de los productos TIC utilizados en nuestras soluciones tecnológicas. Incluir indicadores que los midan.
	Repercusiones económicas y sociales de una decisión ambientalmente eficiente	Ser consciente de que las decisiones ambientales tienen repercusiones económicas y sociales.	Ser capaz de entender los efectos económicos y sociales de una decisión ambientalmente eficiente.	Proponer soluciones sostenibles, teniendo en cuenta de forma holística los aspectos ambientales, económicos y sociales.
Económico	Gestión económica de un proyecto TIC	Conocer conceptos básicos sobre las organizaciones y sobre técnicas de gestión. Conocer el proceso de gestión de proyectos.	Comprender diferentes partidas económicas de un proyecto: amortizaciones, costes fijos, variables, etc. Saber analizar casos reales.	Gestionar un proyecto de ámbito tecnológico. Elaborar un plan de empresa.
	Innovación y creatividad	Conocer conceptos de innovación, creatividad, viabilidad, rentabilidad, etc.	Comprender las técnicas de innovación y generación de ideas. Reflexionar sobre nuevas formas de hacer las cosas.	Aportar nuevas ideas y soluciones en un proyecto tecnológico. Estimular la viabilidad económica.
	Repercusiones ambientales y sociales de una decisión económicamente viable	Ser consciente de que las decisiones económicas tienen repercusiones ambientales y sociales.	Ser capaz de entender los efectos ambientales y sociales de una decisión económicamente viable.	Proponer soluciones sostenibles, teniendo en cuenta de forma holística los aspectos ambientales, económicos y sociales.
Social	Accesibilidad, ergonomía y seguridad	Conocer conceptos de accesibilidad, ergonomía y seguridad en los productos y servicios TIC.	Saber valorar el grado de accesibilidad, calidad ergonómica y nivel de seguridad en un producto o servicio TIC.	Tener en cuenta los aspectos de accesibilidad, ergonomía y seguridad en nuestras soluciones tecnológicas.
	Ética, legislación, valores y desarrollo humano	Conocer conceptos de valores, ética, justicia social y desarrollo humano sostenible. Ser consciente de que existen leyes y normativas.	Comprender los aspectos relacionados con el respeto por los valores, ética y justicia social asociados a un producto o servicio TIC. Conocer las normativas aplicables.	Tener en cuenta los valores, la ética y la justicia social en nuestras soluciones tecnológicas. Respetar la normativa aplicable.
	Repercusiones ambientales y económicas de una decisión socialmente justa	Ser consciente de que las decisiones sociales tienen repercusiones económicas y sociales.	Ser capaz de entender los efectos económicos y ambientales de una decisión socialmente justa.	Proponer soluciones sostenibles, teniendo en cuenta de forma holística los aspectos ambientales, económicos y sociales.
Holístico	Las TIC para un mundo mejor	Conocer el papel estratégico que juegan las TIC en la sostenibilidad del planeta	Ser capaz de valorar la contribución que pueden tener diferentes productos y servicios TIC en la sostenibilidad del planeta.	Ser capaz de proponer y gestionar un proyecto TIC que contribuya a la sostenibilidad del planeta. Saber definir indicadores que lo midan.

Cuadro 1. Mapa competencial de SyCS.

El mapa competencial descompone la competencia en un conjunto de dimensiones y define objetivos y actividades para trabajar estas dimensiones en tres niveles de profundidad. Una asignatura no tiene por qué trabajar una dimensión en todos sus niveles, ni tampoco todas las dimensiones a un nivel determinado, sino que puede trabajar diferentes dimensiones a diversos niveles, de acuerdo con sus posibilidades o preferencias. Lo único que importa es que, al acabar los estudios, todos los estudiantes hayan podido desarrollar la competencia en su totalidad a través de las diferentes las asignaturas que han cursado.

3.3. La guía docente

En [8, 14] se propuso el diseño, creación y publicación de una buena guía docente como herramienta informativa básica para los estudiantes, pero sobretudo como mecanismo para la gestión académica eficiente de las asignaturas. A partir de la información contenida en la guía docente, los responsables académicos del centro disponen de una potente herramienta para ordenar, coordinar, revisar o realizar cualquier otra tarea de mejora docente.

La guía docente diseñada por la FIB para el GEI incluye, para cada asignatura, una descripción de las competencias técnicas y genéricas tratadas; los objetivos y actividades de aprendizaje; los contenidos; la metodología docente y la descripción de los mecanismos de evaluación. Los profesores responsables de la asignatura deben interrelacionar los objetivos y las actividades con las competencias, de manera que quedan identificadas las competencias que se trabajan en cada objetivo y en cada actividad. También se incluye información sobre la duración de las actividades y sobre el nivel de profundidad con el que se trabajan los objetivos y competencias.

Con esta información, el centro ha creado diferentes aplicaciones para que los diferentes responsables académicos puedan analizar los aspectos que consideren oportunos. En la actualidad, se han creado aplicaciones en las que se puede conocer, para cada competencia, en qué objetivos se desarrolla en cada asignatura, con qué profundidad, con qué duración, y qué aspecto concreto de la competencia se trabaja. La misma información se puede obtener a nivel de las actividades de aprendizaje (proyectos, prácticas, debates, seminarios, actos de evaluación, etc.). Y, por supuesto, resulta sumamente sencillo implementar nuevas funcionalidades que permitan conocer el estado de las competencias a partir de la gran cantidad de información de que se dispone.

3.4. Ejemplos de asignaturas sostenibilistas

El hecho de integrar la competencia SyCS de manera transversal en las asignaturas ha originado la propuesta y creación de actividades interesantes e

innovadoras para el trato de la sostenibilidad en asignaturas de ámbitos muy diversos. A continuación se describen algunos ejemplos ilustrativos de asignaturas del GEI de la FIB que tienen la responsabilidad de evaluar la competencia SyCS.

- **Arquitectura de computadores.** En esta asignatura se aborda el concepto de la sostenibilidad a través del eje ambiental, introduciendo de forma natural los conceptos de coste, potencia y consumo en todos los temas en los que pueda ser relevante (procesador, memoria,... incluso en los supercomputadores), hasta llegar al último tema, que incluye aspectos relacionados con el desmantelamiento y el reciclaje de los dispositivos electrónicos. La colección de problemas y las pruebas de evaluación incluyen ejercicios en los que se calculan diferentes costes y consumos y se obliga a reflexionar sobre ellos.
- **Gráficos.** En esta asignatura la sostenibilidad se orienta a aplicaciones gráficas que permitan resolver aspectos relacionados con la SyCS. La originalidad reside en que se incluyen aplicaciones sobre los tres aspectos de la sostenibilidad (económico, social y ambiental). Por ejemplo, aplicaciones médicas, educativas, de patrimonio cultural, de diseño industrial, etc. Son usos y aplicaciones reales y muy interesantes para los estudiantes, que permiten a los profesores mostrar la aplicabilidad que tiene esta disciplina en el mundo, en general, y su efecto en la calidad de vida de las personas, en concreto.
- **Simulación.** Esta asignatura usa también ejemplos relacionados con la sostenibilidad durante todo el curso. Sin embargo, dedica dos sesiones completas a final de curso para introducir la simulación social y medioambiental mediante casos reales: por ejemplo, la simulación del tránsito de pasajeros en el aeropuerto de Barcelona, la definición del proceso de contención de un incendio forestal a partir de la simulación de la propagación del fuego, o simulaciones de la eficiencia energética de un edificio (proyectos reales todos ellos realizados por los profesores de la asignatura). Además, como metodología para la selección de las herramientas usadas en los proyectos de simulación se considera de forma explícita, entre otras variantes, la sostenibilidad del proyecto.
- **Sistemas de información para organizaciones.** En esta asignatura, el trabajo en SyCS se centra en los aspectos sociales, éticos y legales de un sistema de información. Incluye un tema para analizar esquemas de gobierno, privacidad, protección de datos, seguridad, auditoría y gestión de riesgos (incluyendo en este caso económicos, sociales y ambientales) y diferentes casos de uso

relacionados con la sostenibilidad; por ejemplo, el software solidario, las *smartcities*, o la LOPD.

De hecho, las 14 asignaturas del GEI que tienen la responsabilidad de evaluar la competencia SyCS la han desarrollado con criterio y originalidad, algunas de forma más natural y otras de forma más puntual. Por ejemplo, las asignaturas «Estructura de computadores», «Sistemas operativos para aplicaciones distribuidas», «Redes de computadores», «VLSI» y «Arquitectura del PC» lo abordan desde la perspectiva del coste y el consumo energético, aunque en VLSI se ha incorporado también el origen de las materias primas y el proceso de fabricación, y en «Arquitectura del PC» se hace mucho énfasis en los aspectos sociales. En la asignatura «Centros de proceso de datos» también se analizan costes y consumos, pero además se tratan aspectos relacionados con la seguridad de los trabajadores o la protección de datos. En «Software libre y desarrollo social» se abordan los ejes social y económico, en la asignatura «Internet móvil» se tratan tanto aspectos ambientales como sociales y en la asignatura «Gestión de proyectos de software» se tratan aspectos éticos, legales y sociales de un proyecto de software. Finalmente, la asignatura optativa «Aspectos sociales y medioambientales de la informática» trata, como parece evidente, todos los aspectos de la sostenibilidad de forma completa y holística. Esta es la única asignatura específica de SyCs en el GEI.

Al finalizar las asignaturas, los estudiantes deben realizar el Trabajo de Fin de Grado (TFG). El TFG constituye el último acto académico en el cual el estudiante desarrolla todas las competencias trabajadas durante su formación y demuestra que está capacitado para ejercer la profesión de ingeniero. Y por supuesto, constituye también una oportunidad fenomenal para demostrar que ha adquirido las diferentes competencias con solvencia. Por este motivo, durante la realización del TFG se evalúa la competencia SyCS en dos momentos: durante la definición del TFG (casi al principio del trabajo) y durante la defensa del TFG (una vez concluido). Estas dos valoraciones son efectuadas explícitamente por los miembros del tribunal mediante una rúbrica que permite también evaluar el resto de competencias genéricas. Este proceso se describe detalladamente en [21].

4. Lecciones aprendidas

Varios años después de haber comenzado la integración de la competencia SyCS en diferentes asignaturas, éste parece un buen momento para la reflexión. Para ello, hemos realizado una entrevista a los coordinadores de las asignaturas que tienen la responsabilidad de evaluar esta competencia de la que hemos extraído una serie de conclusiones muy interesantes.

En primer lugar, aproximadamente la mitad de los profesores encontraron cierta dificultad para integrar la competencia en su asignatura y requirieron orientación inicial. Esto significa, complementariamente, que una mitad de los profesores la pudieron integrar sin dificultad. En cualquier caso, retrospectivamente, todos coinciden en que actualmente se verían capaces de hacerlo fácilmente en una nueva asignatura.

También hay coincidencia en afirmar que, finalmente, la competencia se pudo integrar de forma natural dentro del contenido técnico de las asignaturas, excepto en dos casos puntuales donde se ha tenido que añadir algún concepto de forma un tanto forzada.

Se recabó también la opinión de los profesores sobre la percepción que tenían del aprendizaje efectivo de la competencia por parte de los estudiantes en su asignatura. Por supuesto, el estudio debería llevarse a cabo empíricamente sobre los propios estudiantes, pero es indudable que la opinión de los responsables contiene también valor. Los profesores afirman que se cumplen los objetivos fijados. No consideran que se aprenda “sostenibilidad” en el sentido amplio y global del término, sino que los alumnos han aprendido a aplicar la sostenibilidad mientras trabajan los conceptos técnicos de la asignatura. Quizás este punto merezca debate, es decir: ¿Pretendemos que los estudiantes sean “expertos”, o al menos sepan bastante, sobre sostenibilidad? ¿O pretendemos que los estudiantes apliquen criterios sostenibles en su toma de decisiones cotidianas? Nosotros nos inclinamos firmemente por la segunda opción.

Para acabar, se preguntó a los profesores por las lecciones aprendidas. Aunque en este punto las respuestas fueron muy diversas, en esencia se podrían resumir en las siguientes reflexiones. Las TIC se aplican en todos los ámbitos, así que es imprescindible que tengan en cuenta criterios de sostenibilidad, ya que entonces su impacto quedará reflejado también en todos los ámbitos. Por este mismo motivo, no debería ser difícil encontrar la aplicación o relación de la sostenibilidad con las TIC. Aunque no se debería intentar abarcar más de la cuenta: es mejor centrarse en unos pocos aspectos que tengan relación clara con los objetivos del curso, así la asimilación es mayor y mejor. Por este motivo, la mejor forma de tratar la competencia SyCS es integrándola de forma natural en la asignatura (sin que sea un añadido forzado) y, a ser posible, mediante casos reales, que siempre son más ilustrativos e interesantes.

Con respecto al diseño del plan de estudios y a la integración de la competencia SyCS en las asignaturas, si bien algunos profesores presentaron ciertas reticencias al principio (tanto con la competencia SyCS como con el resto de competencias transversales), el tiempo parece haber terminado por convencer a la mayoría. En la actualidad se sienten cómodos y

contentos con la integración de SyCS en su asignatura, fundamentalmente porque ellos han sido una parte decisiva del proceso. Para el coordinador de la competencia, la existencia del mapa competencial, desarrollado durante la implantación del plan de estudios, ha supuesto una herramienta magnífica para tener una idea clara de cómo trabajar SyCS en las diferentes asignaturas, detectar los objetivos no cubiertos y, mediante refinamientos sucesivos, conseguir cubrir completamente el mapa, de forma que todos los objetivos se trabajen en alguna asignatura.

5. Conclusiones

La competencia transversal de Sostenibilidad y Compromiso Social es una de las que parecen más difíciles de incorporar en los nuevos planes de estudios. Sin una metodología bien diseñada, esta competencia puede quedar como un añadido sin demasiado sentido en la formación del ingeniero, minusvalorada por profesores y estudiantes. Sin embargo, hay una gran coincidencia en que la sostenibilidad es uno de los principales retos del siglo XXI, y que no debe ser ignorada por los ingenieros, que deberían usar criterios de sostenibilidad en su trabajo al igual que usan criterios de calidad o rendimiento.

En este artículo se presentan la metodología utilizada y los resultados obtenidos durante la integración de esta competencia en el plan de estudios del Grado en Ingeniería Informática de la Facultat d'Informàtica de Barcelona. El diseño del grado y las asignaturas han sido orientados a la asimilación natural de todas las competencias en diferentes asignaturas, desde un punto de vista global. Pensamos que tanto la metodología como las lecciones aprendidas pueden ser extrapolables a cualquier otro grado del ámbito de la Ingeniería. La experiencia demuestra un alto grado de satisfacción en el profesorado que trabaja y evalúa SyCS en las asignaturas que imparte, ya que actualmente se siente cómodo con la competencia pese a que al inicio del proceso mostraba algunas reticencias.

Resta la compleja tarea de averiguar si los estudiantes aplicarán efectivamente estos conocimientos en su futura labor como ingenieros.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Centre de Cooperació per al Desenvolupament de la Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech, mediante el proyecto 2013-S004. Queremos mostrar nuestro agradecimiento a la FIB por el apoyo recibido durante estos 5 años, y también a todos los profesores que han contribuido con su trabajo a desarrollar la competencia SyCS en el plan de estudios de Grado de Ingeniería Informática de la FIB.

Referencias

- [1] Marc Alier, Jose Cabré, Jordi García, David López y Fermín Sánchez. Preguntas para guiar el Trabajo de Fin de Grado. *XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENU'2012, Ciudad Real, julio 2012. pág. 201-208.
- [2] Marc Alier, David López, Jordi García y Fermín Sánchez. *Tecnologia i Sostenibilitat* [en línea]. "Les TIC i la Sostenibilitat". 2011 Enric Carrera y Jordi Segalás, editores. Editorial Universitat Politècnica de Catalunya. Càtedra UNESCO de Sostenibilitat. Cap. 33.
- [3] Marc Alier, David López, Fermín Sánchez, Jordi García, Jordi Piguillem and Martha Velasco. Using a crowdsourcing knowledge base to support the Social Compromise and Sustainability skill in Computer Science Engineering Studies. Chapter in "Information Systems, E-learning, and Knowledge Management Research". *4th World Summit on the Knowledge Society*, WSKS 2011, Mykonos, Greece, September 21-23, 2011. Revised Selected Papers. Published November 2012. Series: Communications in Computer and Information Science, Vol. 278. Lytras, M.D.; Ruan, D.; Tennyson, R.D.; Ordonez De Pablos, P.; García Peñalvo, F.J.; Rusu, L. (Eds). Springer.
- [4] Javier Alonso, David López, Josep-Llorenç Cruz, Carlos Álvarez, Daniel Jiménez-González, Agustín Fernández y Fermín Sánchez. Work in Progress: Achieving the ABET professional skills using solidarity projects. *38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, FIE2008. Saratoga Springs, New York (USA), October 2008, pág. F1E9-F1E10
- [5] David Franquesa, Josep-Llorenç Cruz, Carlos Álvarez, Fermín Sánchez, Agustín Fernández y David López The Social and Environmental Impact of Engineering Solutions: from the Lab to the Real World. *International Journal of Engineering Education* (IJEE), vol. 26, N. 5, pág. 1144-1155, October 2010.
- [6] David Franquesa, David López, Leandro Navarro, and Fermín Sánchez. A Participatory Service-Learning Process for FOSS-based Solidarity Projects. Chapter in "Free and Open Source Software and Technology for Sustainable Development". Edited by Dr. Sulayman K. Sowe, Prof. Govindan Parayil and Prof. Atsushi Sunami, UNU Press. September 2012.
- [7] David Franquesa, Josep-Llorenç Cruz, Carlos Álvarez, Fermín Sánchez, Agustín Fernández, David López. Cómo formar Ingenieros en Informática en la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social. *XV Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JE-

- NUI'2009, Barcelona, julio 2009, pág. 271-278.
- [8] Jordi García, Fermín Sánchez y Ricard Gavaldà. Cómo diseñar un grado en informática. *XII Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENUI'2006, Universidad de Deusto, julio 2006, pág. 443-450.
- [9] Jordi García, Helena García, David López, Fermín Sánchez, Eva Vidal, Marc Alier y Jose Cabré. La Sostenibilidad en los Proyectos de Ingeniería. *ReVisión*, Vol 6, Num. 2. pág. 91-100, septiembre 2013.
- [10] David López, Martha Velasco, Fermín Sánchez, Marc Alier, Jordi García. Introducing Sustainability and Social Commitment concepts in a Computing Degree. *5th International Barcelona Conference on Higher Education*, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona, 23 - 25 November 2010.
- [11] David López, Fermín Sánchez, Marc Alier, Jordi García y Jose Cabré. SyCS: una base de conocimiento de soporte a la adquisición de la competencia "Sostenibilidad y Compromiso Social". *XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENUI'2011, Sevilla, julio 2011. pág. 487-494.
- [12] David López, Fermín Sánchez, Jordi García, Marc Alier, Jordi Piguillem and Martha Velasco. Introducing "sustainability and social commitment" skills in an Engineering Degree. *41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, FIE2011. Rapid City, South Dakota (USA), October 12-15, 2011.
- [13] Fermín Sánchez, María-Ribera Sancho, Pere Botella, Jordi García, Tomás Aluja, Juanjo Navarro y José Luis Balcázar. Competencias profesionales del Grado en Ingeniería Informática. *XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENUI'2008, Granada, julio 2008.
- [14] Fermín Sánchez, Jordi García, Ricard Gavaldà, Marian Díaz, Miguel Riesco, Juan Ramón Pérez y Aquilino A. Juan. Estrategias de diseño para las titulaciones de Informática del EEES. *Novática*, N° 187, pág. 45-48, mayo-junio 2007
- [15] Fermín Sánchez, Jordi García y María-Ribera Sancho. Estrategia de diseño de asignaturas en el EEES. *XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENUI'2008, Granada, julio 2008, pág. 59-66
- [16] Fermín Sánchez, María-Ribera Sancho y José R. Herrero. Organización y Gestión de una titulación del EEES. *XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENUI'2011, Sevilla, julio 2011, pág. 161-168.
- [17] Fermín Sánchez, Alicia Ageno, Lluís Belanche, Jose Cabré, Erik Cobo, Rafel Farré, Jordi García, David López, Pere Marés, Carme Martín y Antonia Soler. Desarrollo integral de las competencias genéricas mediante mapas competenciales. *XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENUI'2012, Ciudad Real, julio 2012. pág. 185-192.
- [18] Fermín Sánchez. Criterios de diseño y condiciones de entorno de un plan de EEESTudios de Grado. *ReVisión*, Vol 2, Num. 1. pág. 21-41, junio 2009.
- [19] Fermín Sánchez y María-Ribera Sancho. Las futuras titulaciones universitarias de Informática en España dentro del marco del Espacio Europeo de Educación Superior. *Novática*, N. 168, marzo-abril 2004, pág. 40-45
- [20] Fermín Sánchez, David López, Jordi García. El desarrollo de la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social en la Facultat d'Informàtica de Barcelona. *XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENUI'2010, Santiago de Compostela, julio 2010, pág. 249-256.
- [21] Fermín Sánchez, Joan Climent, Julita Corbalán, Pau Fonseca, Jordi García, Josep Ramon Herrero, Xavier Linàs, Horacio Rodríguez y María Ribera Sancho. Evaluación del trabajo Final de Grado. *XIX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, JENUI 2013. Pág. 303-310. Castelló de la Plana, julio de 2013.
- [22] E. Valderrama, M. Rullán, F. Sánchez, J. Pons, F. Cores, J. Bisbal. La evaluación de competencias en los Trabajos Fin de Estudios. *XV Jornadas de Enseñanza Universitaria sobre Informática*, JENUI'2009, Barcelona, julio 2009, pág. 405-412.
- [23] Jordi García, Daniel García, Francisco Esteban, Marta Pujadas, Francisco-Javier Navallas and Ramon Miralles. A Survey of Sustainability Promotion Experiences: The IPSO Project. W. Leal (ed.). *World Trends in Education for Sustainable Development*, Vol. 32, Peter Lang AG, 2011, pág. 295-309 Publisher. Summer 2011.