

El perfil de Ingeniería de Computadores y las asignaturas de Estructura y Arquitectura en el Grado de Ingeniería Informática

Anguita, M.; Cañas, A.; Fernández, F.J.; Ortega, J.; Rojas, I.

Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores
E.T.S.I.I.T., Universidad de Granada
[\[manguita,acanas,javier,julio,ignacio\]@atc.ugr.es](mailto:{manguita,acanas,javier,julio,ignacio}@atc.ugr.es)

Resumen. En este trabajo se pone de manifiesto el interés de un perfil de Ingeniería de Computadores a pesar de las características de nuestro entorno socio-económico. Además, se proponen preguntas relacionadas con la Estructura y Arquitectura del Computador, que son útiles y pertinentes para los distintos perfiles de grado en Ingeniería Informática. Por tanto, se argumenta a favor de una enseñanza de la Estructura y la Arquitectura de los Computadores centrada en los aspectos que ponen de manifiesto la interrelación de los distintos niveles de descripción del computador. Esta perspectiva permite motivar a estudiantes menos interesados en aspectos relacionados con los niveles tradicionalmente hardware.

Palabras Clave: Ingeniería de computadores, Niveles de descripción del computador, IEEE/ACM *Computing Curricula*.

1 Introducción

Los niveles de descripción o de abstracción del computador [1] permiten organizar su estudio como sistema complejo (Figura 1). Como sabemos, cada nivel ofrece una interfaz que permite su uso por parte de los niveles superiores. En cada nivel se estudian los bloques que, a su vez, se utilizan como componentes en el nivel inmediatamente superior. Esta aproximación ha contribuido a la separación entre distintas áreas de conocimiento y ha justificado aproximaciones parciales a la ingeniería informática apoyadas en estudios acerca de la situación socio-económica de nuestro entorno y en previsiones sobre demanda de profesionales que concedían mayores oportunidades a los niveles de descripción superiores relacionados con el desarrollo de aplicaciones informáticas. Esta perspectiva afecta de forma considerable al aprendizaje de asignaturas obligatorias dentro del plan de estudios de Ingeniería Informática como Estructura y Arquitectura de Computadores y a las optativas relacionadas con ellas, y puede condicionar la demanda de acceso al perfil de Ingeniería de Computadores en los nuevos planes de estudios de Grado en Ingeniería Informática.

Los modelos más aceptados actualmente indican que el aprendizaje se construye [2]. Así, los estudios recientes acerca del aprendizaje han puesto de manifiesto que la memoria no es un almacén donde se introducen cosas que luego se podrán sacar sin más. Desde nuestro nacimiento interconectamos sensaciones y construimos patrones que nos ayudan a entender la realidad. Al enfrentarse al aprendizaje de una asignatura los estudiantes poseen modelos mentales que han ido forjando y que serán los que usen para acercarse a dicha asignatura. Por tanto, es importante tener en cuenta las ideas preconcebidas de los estudiantes y estimularles a que construyan modelos adecuados para llegar al espíritu de la asignatura, al aprendizaje profundo que les permita recordar y enfrentarse a problemas, más allá del tiempo necesario para aprobar un examen. Para conseguir esto habría que mostrarles situaciones en las que su modelo mental se muestre insuficiente, y ofrecerles alternativas que contrarresten sus prejuicios e ideas preconcebidas. La existencia de prejuicios respecto a asignaturas, como las Arquitecturas de Computadores I y II de la Ingeniería Informática de la Universidad de Granada (B.O.E de 25/10/2000), que se imparten en el último curso de una titulación muy escorada hacia los niveles de descripción más altos, condiciona la forma en la que los estudiantes se acercan al aprendizaje en estas asignaturas y hacen imprescindible un esfuerzo de motivación intenso por parte del profesorado. Estas situaciones ponen de manifiesto la importancia de una correcta ubicación temporal de las asignaturas, y de proporcionar información correcta acerca de la relación entre las materias que deben cursar los estudiantes.

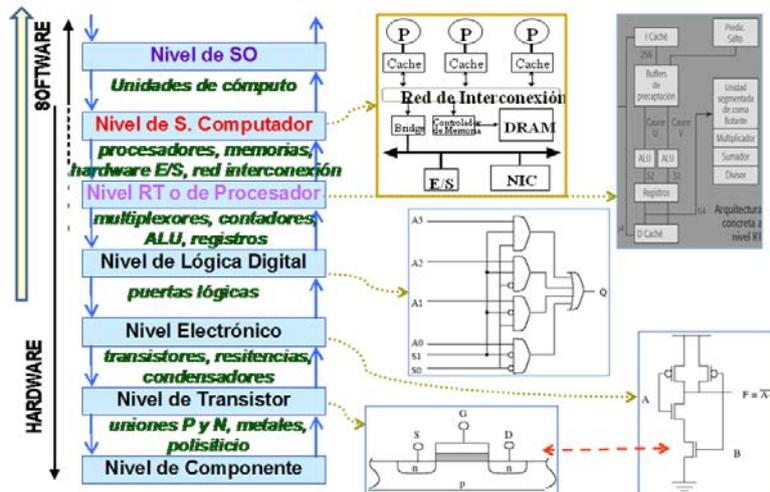


Figura 1. Niveles de abstracción de un computador

Desde esta perspectiva, conocer la interacción entre los niveles de descripción de un computador es fundamental puesto que en un mercado global en el que la competitividad es despiadada, no basta con que las cosas funcionen sino que deben hacerlo de la forma más eficiente posible. En el aprendizaje de cada asignatura, debe fomentarse el estudio interrelacionado de sus contenidos junto con los de otras asignaturas, y plantear prácticas y problemas que pongan de manifiesto la

interrelación existente entre los distintos niveles y la importancia de tenerlos en cuenta en el diseño óptimo de plataformas y aplicaciones.

Por otra parte, existe otra razón más para fomentar el aprendizaje interrelacionado de asignaturas en los distintos cursos de una carrera. La elaboración de los Planes de Estudios no tiene en cuenta el número de asignaturas entre las que los estudiantes deben distribuir su tiempo. El número de exámenes y de actividades a realizar puede ser tan elevado que dificulte la posibilidad de profundizar en los conceptos y asentar lo aprendido. Por ejemplo, se podrían hacer estimaciones de tiempo mínimo de cómputo y perfil de uso de la memoria (fallos de cache, localidad de acceso a memoria, etc.) en asignaturas de Arquitectura de Computadores impartidas en quinto curso de la Ingeniería Informática, utilizando alguno de los algoritmos de procesamiento de imágenes estudiados en la asignatura Modelos de la Inteligencia Artificial. La interrelación entre asignaturas debería ser un objetivo importante desde el punto de vista de la coordinación docente, y no solo entre asignaturas impartidas por una misma área o departamento.

La Sección 2 de este trabajo se proporciona una descripción resumida de los perfiles propuestos por ACM e IEEE para los estudios de Informática. En la Sección 3 se analiza la presencia de las asignaturas de Estructura y Arquitectura de Computadores en dichos perfiles. Finalmente, la Sección 4 justifica el interés del perfil de Ingeniería de Computadores y la Sección 5 es la conclusión de este artículo.

2 Los perfiles de la Informática según ACM e IEEE

En el Computer Curricula de 2005 de ACM e IEEE [3] se consideran cinco perfiles (o disciplinas de computación según la propia terminología del informe) como significativos actualmente. El criterio para establecerlos ha sido la existencia de guías curriculares publicadas para el perfil correspondiente por una o más sociedades científicas o profesionales. Estos perfiles eran los de *Ingeniería de Computadores (CE, de sus siglas en inglés)*, *Ingeniería del Software (SE)*, *Tecnología de la Información (IT)*, *Sistemas de Información (IS)* y *Ciencia de la Computación (CS)*. El título de Grado en Ingeniería Informática de la Universidad de Granada (aprobado oficialmente en 2010), incluye las especialidades de *Ingeniería de Computadores*, *Ingeniería del Software*, *Tecnologías de la Información*, *Sistemas de Información*, y *Computación y Sistemas Inteligentes*. Como se puede ver, salvo por el uso del plural en el perfil de *Tecnología de la Información* y por el añadido de *Sistemas Inteligentes* y el uso de *Computación* en lugar de *Ciencia de la Computación*, las cinco especialidades del Grado en Ingeniería en Informática de la Universidad de Granada coinciden con los perfiles de la ACM/IEEE. A continuación se describe brevemente el ámbito de cada uno de estos perfiles, de los que puede encontrarse una información más amplia en [3].

La *Ingeniería de Computadores* abarca el diseño y fabricación de computadores y sistemas basados en computador, e implica el estudio del software, el hardware, las comunicaciones y su interacción. En [3] también se hace referencia explícita a que el desarrollo de sistemas embebidos en dispositivos como teléfonos móviles, cámaras,

lectores de DVD, sistemas de alarma, instrumental médico, etc. integra elementos hardware y software y forma parte del ámbito de la ingeniería de computadores.

Los *Sistemas de Información* se centran en la integración de las soluciones proporcionadas por las tecnologías de la información en los procesos empresariales, para la consecución eficiente de sus objetivos. Desde este perfil, se hace énfasis en la información y se contempla la tecnología como un instrumento para generar, procesar, y distribuir información. Por tanto, un ingeniero informático con este perfil se encargaría de la determinación de los requisitos de los sistemas de información de una organización y de su especificación, diseño e implementación.

La *Tecnología de la Información* se centra en los aspectos específicos de la implementación de los sistemas de información de las empresas, como son su funcionamiento correcto y seguro, su mantenimiento, y su actualización. Surge como complemento al perfil de Sistemas de Información, para centrarse más en los aspectos de la tecnología que en los relativos a información. Los especialistas en Tecnologías de la Información son los encargados de la selección de hardware y del software adecuado para su empresa u organización, de integrarlo, adaptarlo y mantenerlo. Como ejemplos de actividades incluidas en este perfil, en [3] se citan la instalación de redes y componentes de comunicación, el diseño de páginas web, el desarrollo de recursos multimedia, y la planificación y gestión del ciclo de vida de la tecnología utilizada.

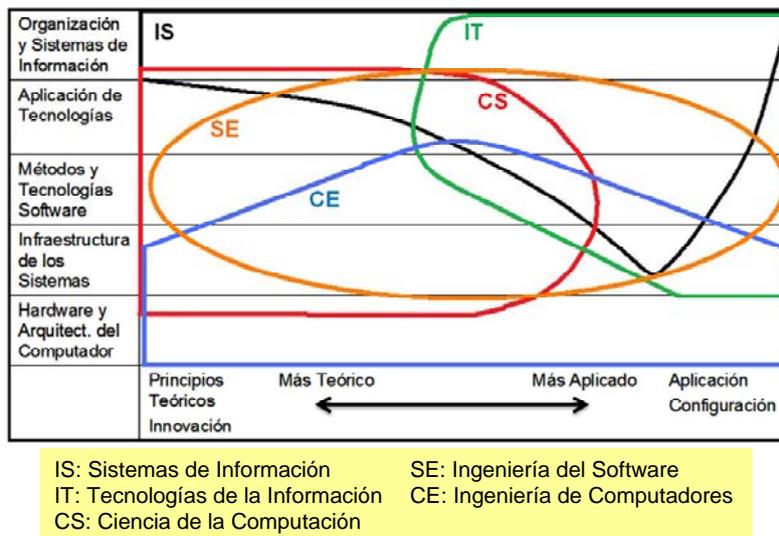


Figura 2. Aproximación gráfica del ámbito de los distintos perfiles (adaptada de [3]).

La *Ingeniería del Software* se encarga del desarrollo y mantenimiento del software, asegurando su funcionamiento ajustado a las especificaciones, fiable, eficiente, y fácil de mantener. Usualmente deben tenerse en cuenta factores como el tamaño, el coste, y el comportamiento seguro del software en aplicaciones críticas.

La *Ciencia de la Computación* abarca desde los fundamentos teóricos y algorítmicos hasta los avances en robótica, visión por computador, sistemas

inteligentes o bioinformática. Este perfil incluye facetas que van desde el diseño e implementación de software desde nuevas aproximaciones, hasta la búsqueda de nuevas formas de utilizar los computadores y de resolver eficientemente problemas de computación como la forma de almacenar información en las bases de datos, de enviar información a través de las redes, etc. La base teórica que se supone en esta especialidad les permitiría encontrar las aproximaciones que proporcionan mejores prestaciones, y adaptarse a nuevas ideas y tecnologías.

La Figura 2, realizada a partir de información proporcionada en [3], ilustra los aspectos comunes y diferenciales de cada uno de los perfiles. En el eje vertical se indican los distintos niveles desde los que se puede contemplar el computador: el hardware y la arquitectura; la infraestructura de los sistemas; las tecnologías y métodos del software; las aplicaciones; y los aspectos organizativos y de sistemas de información. El eje horizontal pone de manifiesto la existencia de actividades más relacionadas con los fundamentos y las bases teóricas frente a las más aplicadas.

Según el punto de vista que se refleja en la Figura 2, el perfil de Ingeniería de Computadores es el que abarca de forma más profunda y completa el estudio del hardware y la arquitectura del computador y la de la infraestructura de los sistemas. Según [3], el interés en el software y en las aplicaciones de este perfil se concentra en los aspectos más directamente relacionados con el desarrollo de dispositivos integrados. El perfil de Ciencias de la Computación se concentra en los aspectos teóricos (generan capacidades pero no gestionan su uso) y solo abarca una pequeña parte de los niveles relativos a sistemas de información y al hardware y la arquitectura. El perfil de Sistemas de Información abarca los aspectos de organización e información en toda su amplitud y baja hasta el nivel de infraestructura de los sistemas en sus aspectos más relacionados con la aplicación y puesta en marcha de los mismos. Por ejemplo, a menudo los especialistas en sistemas de información configuran bases de datos o desarrollan aplicaciones basadas en productos disponibles para satisfacer las necesidades de su empresa. Los especialistas en Sistemas de Información se solapan bastante con los especialistas en Tecnologías de Información, aunque estos se concentran más en los aspectos relacionados con la configuración y mantenimiento de la tecnología informática de que dispone una empresa u organización. La Ingeniería del Software debe abarcar todos los aspectos relacionados con los métodos y las tecnologías software, pero en su objetivo de proporcionar software eficiente y al estar involucrada en el desarrollo de grandes proyectos software también debe abarcar áreas muy amplias de las aplicaciones y de la infraestructura de los sistemas.

Según esta descripción extraída de [3], los perfiles descritos abarcan aspectos relacionados con las plataformas de cómputo, ya sea desde un punto de vista teórico o más bien desde una perspectiva aplicada, aunque solo en el nivel de infraestructura del sistema (únicamente el perfil de Ciencia de la Computación toca aspectos relacionados con los fundamentos del hardware y la arquitectura). Desde nuestro punto de vista, eso no significa que en esos perfiles no se deban incluir contenidos relacionados con el hardware y la arquitectura del computador. Así, la sección siguiente proporciona más detalles de los elementos propios de la Estructura y la Arquitectura del Computador que deben abordarse en los distintos perfiles.

3 La estructura y arquitectura en Ingeniería Informática

En la Tabla 3.1 que se muestra en [3], se proporcionan los pesos que, en cada perfil deben dedicarse a un total de 40 tópicos que incluye la Informática. Sobre un peso máximo de 5, a la Estructura y Arquitectura del Computador deben dedicarse pesos entre 1 y 2 en los perfiles de Tecnologías de la Información y Sistemas de información, y entre 2 y 4 en los de Ciencia de la Computación e Ingeniería del Software. A continuación se indican alguno de los aspectos que consideramos que atañen al estudio de la Estructura y Arquitectura del computador en cada uno de los perfiles descritos en [3]:

Ciencia de la Computación. Una de las facetas del trabajo del especialista en este ámbito consiste en la búsqueda de la mejor forma de almacenar información en bases de datos, o de enviar datos a través de redes. Cualquier referencia a las prestaciones de una tarea supone tener en cuenta la forma en que el computador la implementa, y por tanto requiere utilizar ciertos conceptos del hardware y la arquitectura de los computadores. Así, hay que tener nociones acerca de la forma de almacenar y acceder a la información en discos, de las alternativas para realizar las E/S en el computador, de la interfaz de red a través de la que se llevan a cabo las comunicaciones, etc.

Sistemas de Información. Puesto que este perfil contempla la tecnología como un instrumento para procesar y distribuir la información, el conocimiento de las oportunidades que ofrecen las plataformas de cómputo y las tendencias en la evolución de las mismas es esencial para este perfil. Planteamientos como la consolidación de servidores a través de técnicas de virtualización o las posibilidades que abre el “cloud computing” sin duda conciernen a los sistemas de información.

Tecnologías de la Información. Los especialistas en este perfil son los encargados de configurar, mantener, actualizar, y garantizar el funcionamiento seguro de las plataformas de cómputo en las empresas. Por tanto, deben tener conocimientos, fundamentalmente prácticos, de la Estructura y la Arquitectura de los computadores, principalmente de servidores. Tópicos como los consolidación de servidores a través de técnicas de virtualización, o las posibilidades que abre el “cloud computing” también conciernen a los especialistas en tecnologías de la información.

Ingeniería del Software. La evaluación de la eficiencia del software implica ser consciente de la forma en que los programas utilizan los recursos del computador. En el caso de aplicaciones críticas, donde se tienen requisitos de seguridad o de tiempo real, es imprescindible el conocimiento de la Estructura y la Arquitectura del computador.

Para concretar más la necesidad de estudiar las plataformas de cómputo en ámbitos distintos al de Ingeniería de Computadores, en la Tabla 1 proporcionamos preguntas que deberían ser capaces de contestar los egresados de los perfiles contemplados en el Grado de Ingeniería Informática en la Universidad de Granada. Los estudiantes podrán responderlas gracias a los contenidos de las asignaturas de Estructura y Arquitectura de Computadores. Definir un conjunto de preguntas pertinentes es esencial para el aprendizaje y la modificación de los modelos mentales erróneos con que los estudiantes se enfrentan a una asignatura. De hecho, muchos especialistas en cognición consideran que no se puede aprender hasta que no se han formulado las preguntas adecuadas debido a que dichas preguntas permiten indexar la información que tenemos en memoria cuando buscamos la correspondiente respuesta [2].

Algunas de las preguntas incluidas en la Tabla 1 se refieren a predicciones acerca de la situación futura de la tecnología. Para un ingeniero es importante disponer de un modelo del cambio plausible. Conocer los paradigmas de su disciplina. Éstos definen lo comúnmente aceptado como posible y lo que se puede esperar en un futuro. El resultado de cualquier proyecto de ingeniería debe competir en un mercado futuro y, por tanto, se necesitan estimaciones del porvenir. Muchas de las preguntas que deben ser capaces de responder los estudiantes están relacionadas con esta situación. ¿Cuántos Teraflops proporcionarán los microprocesadores dentro de cinco años?. ¿Qué ancho de banda de comunicación proporcionarán las redes?. ¿Qué barreras hay que superar para alcanzar estos objetivos?. ¿Qué arquitecturas serán las dominantes?. ¿Existirán herramientas eficientes para generar códigos optimizados en ese tipo de máquinas?. Pero no sólo es importante conocer los entresijos de la propia especialidad. Es importante mantener el contacto con la realidad externa porque hay que prever las necesidades que generarán demandas de aparatos significativas y definirán las “killer applications” y las arquitecturas de cómputo más eficientes. En la mesa redonda de empresas celebrada en la Jornada de Coordinación Docente y de Empresas del Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores de 2010 todos los representantes de las empresas participantes coincidieron en que los perfiles de ingenieros más solicitados debían incluir los elementos que caracterizan una inteligencia emocional que facilite el trabajo en equipo, y actitudes positivas en cuanto a la resolución de problemas. También pusieron de manifiesto la necesidad de conectar con lo que demandan los mercados.

Tabla 1. Algunas preguntas relacionadas con el hardware, la arquitectura y los sistemas que, aparte de al perfil de CE, conciernen a otros perfiles

Preguntas	Perfiles
¿Cuánto cuesta una hora de CPU? ¿Es mejor comprar un equipo o alquilar su uso?	IT IS
¿Es posible ejecutar una aplicación dada dentro de los límites de tiempo prefijados? ¿Dónde están los cuellos de botella? ¿Es posible conseguir los requisitos establecidos mejorando el software o hay que pensar en otra plataforma?	SE IT CS
¿Qué capacidad de disco es necesaria para las bases de datos de una empresa dada? ¿Qué previsiones de crecimiento de necesidades existen para el futuro? ¿Qué sistemas de ficheros y organización de E/S pueden satisfacer los requisitos de tiempo de acceso y ancho de banda?. ¿Qué anchos de banda se esperan en cinco años?. ¿Qué tiempos mínimos de lectura de datos de disco son usuales actualmente?. ¿Cuáles se podrán alcanzar en cinco años?	IS IT
¿Qué arquitecturas de procesadores podrán aprovechar las mejoras tecnológicas futuras? ¿Qué características de las arquitecturas paralelas se pueden aprovechar en nuevos paradigmas de cómputo?. ¿Qué nuevos paradigmas serán más convenientes para programar las nuevas arquitecturas?	CS
¿Es capaz el compilador disponible de aprovechar las características de la arquitectura del procesador para conseguir un código eficiente en una aplicación determinada?	CS SE
¿Es capaz la interfaz de red utilizada por el sistema operativo de aprovechar el ancho de banda de red que interconecta los equipos de la empresa? ¿Dónde están los cuellos de botella que limitan las prestaciones de comunicación de mi sistema?	SE IT

A continuación, en la Sección 4 ofrecemos algunos argumentos para motivar la elección de la especialidad de Ingeniería de Computadores para los estudiantes del Grado en Ingeniería Informática.

4 Motivos para estudiar Ingeniería de Computadores

La evolución tecnológica y de la arquitectura nos ha llevado hacia microprocesadores con varios núcleos de procesamiento. La necesidad de mantener cuota de mercado doblando las prestaciones cada dos años para seguir con lo prefijado con la ley de Moore, y las dificultades para mantener ese ritmo aprovechando el paralelismo entre instrucciones en un núcleo han determinado que el incremento en el número de transistores en los circuitos integrados se aproveche más para aumentar el número de núcleos de procesamiento en el microprocesador que para diseñar núcleos de procesamiento más complejos que permitan terminar más instrucciones por ciclo. Por un lado, es difícil diseñar microarquitecturas que puedan doblar el número de instrucciones finalizadas por ciclo cada dos años. Esto es debido a las limitaciones en la potencia que pueden consumir y la relación entre frecuencia a la que funcionan los transistores y retardo mínimo entre módulos que actúan consecutivamente. Aparte de las limitaciones en la frecuencia a la que pueden funcionar los procesadores para mantener unos consumos razonables, a medida que se utilizan transistores capaces de conmutar a mayores frecuencias, el número de ciclos de retardo entre etapas consecutivas aumentaría en microarquitecturas complejas, donde los retardos no disminuyen al mismo ritmo que las dimensiones de los transistores. El intento de resolver estos problemas transfiriendo al compilador la responsabilidad de extraer el paralelismo entre instrucciones para evitar la complejidad del hardware asociado a la planificación dinámica de instrucciones de los superescalares no parece que haya sido totalmente efectiva para mantener el ritmo de mejora de prestaciones en los microprocesadores.

No obstante, aunque con los microprocesadores con arquitecturas multinúcleo mantener el ritmo de mejora de las prestaciones que fija la ley de Moore ha pasado a ser un problema tecnológico (mientras se mantenga el ritmo adecuado en el incremento de transistores por circuito integrado, se podrá mantener el incremento de núcleos de procesamiento por microprocesador y con ello el incremento de prestaciones) en realidad estamos hablando de las prestaciones máximas que se pueden alcanzar. Otra cosa es conseguir que las aplicaciones puedan aprovechar las posibilidades de los microprocesadores multinúcleo, que además caminan hacia arquitecturas heterogéneas con núcleos de propósito específico como las GPU (“Graphic Processing Units”) o los NP (“Network Processors”). Este es, precisamente, un reto al que nos enfrentamos ahora, constituye un tópico importante dentro de la Ingeniería de Computadores, y determinará una parte importante del trabajo en Informática.

Además de la exigencia de que una aplicación aproveche el paralelismo del microprocesador multinúcleo en el que se ejecuta, el uso eficiente de los recursos hardware se contempla como algo crucial dentro de una economía sostenible. Internet y las tecnologías de virtualización que permiten distribuir los recursos de una plataforma entre distintas aplicaciones clientes también son cruciales y han generado una línea de negocio muy prometedora. Se trata del “cloud computing”. La posibilidad de acceder a través de Internet a los recursos de cómputo y almacenamiento que se necesitan en cada momento, definiendo un entorno virtual dinámico que aprovecha servidores remotos compartidos con otros usuarios es atractiva, tanto desde el punto de vista del coste, como del respeto con el medio

ambiente, dado que compartir ordenadores podría conseguir una reducción del 70% en el gasto energético mundial de las TIC. Todas las actividades relacionadas con la implantación eficiente del “cloud computing”, entre las que es crucial la seguridad de acceso y mantenimiento de la información, también definirán gran parte del negocio informático. Existen previsiones de crecimientos del 28% para el mercado del “cloud computing” a nivel mundial, hasta alcanzar volúmenes de 126000 millones de dólares en 2012 (IBM), y niveles del mercado español en torno a los 1000 millones de euros en 2014 (IDC). Todas estas cuestiones también se abordan en el perfil de Ingeniería de Computadores.

Muchas aplicaciones tienen unos requisitos de movilidad, tamaño, consumo, prestaciones, y precio, tan exigentes, que precisan arquitecturas de cómputo específicas. Por ejemplo, los teléfonos móviles de cuarta generación necesitarían una capacidad de cómputo superior a los Tops (10^{12} operaciones por segundo) con un consumo de menos de 1 vatio. En [4] se muestra cómo una arquitectura programable embebida podría aproximarse a estos niveles. Las mejoras en las tecnologías de circuitos integrados, incluyendo los circuitos reconfigurables, y la disponibilidad de potentes y asequibles herramientas de diseño han cambiado el panorama en el ámbito de la Ingeniería de Computadores, permitiendo el diseño y desarrollo de sistemas embebidos en dispositivos muy diversos. El diseño de sistemas de cómputo en este ámbito puede escapar del dominio de las grandes empresas de hardware, de forma que pequeñas y medianas empresas más cercanas, y en algunos casos más estrechamente relacionadas con la aplicación demandada, puedan aprovechar su capacidad de innovación. Por tanto, el trabajo en el diseño y la implementación de arquitecturas de cómputo y comunicación que se aborda en el perfil de Ingeniería de Computadores, también podría generar riqueza en nuestro contexto socio-económico.

Tabla 2. Correlación entre perfiles según competencias
(descritas en la Tabla 3.3 de [3])

Correlación	CE	CS	IS	IT	SE
CE	1.00	0.05	-0.68	-0.57	0.09
CS	0.05	1.00	-0.18	-0.27	0.75
IS	-0.68	-0.18	1.00	0.87	-0.11
IT	-0.57	-0.27	0.87	1.00	-0.20
SE	0.09	0.75	-0.11	-0.20	1.00

Para terminar, en [3] se proporciona una tabla (la Tabla 3.3. concretamente) en la que se relacionan las capacidades relativas de los graduados con los diferentes perfiles descritos en la Sección 2, asignando un peso que va desde 0 a 5 a un total de 59 competencias agrupadas en 11 áreas que van desde los algoritmos, a las bases de datos, pasando por el hardware y los dispositivos, la interfaz humano-computador, los sistemas inteligentes, las redes y las comunicaciones, etc. Entre todos los perfiles, el de Ingeniería de Computadores es el que tiene ceros en menos competencias. Concretamente, solo lo tiene en la de “diseño de planes corporativos de información”. Además, si se determina la correlación entre los distintos perfiles en cuanto a competencias, se puede construir la Tabla 2, donde se puede comprobar que el perfil de Ingeniería de Computadores es el que menos correlacionado está con cualquier otro perfil. Se observa que existen mayores correlaciones entre los perfiles de

Ingeniería del Software y Ciencia de la Computación, y entre los de Sistemas de Información y Tecnologías de la Información.

5 Conclusión

Desde el punto de vista profesional, el perfil de la Ingeniería de Computadores es actualmente uno de los mejor definidos y más claramente identificado a nivel académico. En Europa, y sobre todo en EE.UU. se tiene una idea bastante clara de qué Universidades tienen un programa de formación de Ingenieros de Computadores [3]. Como se puede observar en la Figura 2, es el único perfil que abarca totalmente el ámbito del hardware y la arquitectura del computador (el perfil de ciencia de la computación sólo incluye algunos aspectos de este ámbito). Esta circunstancia es una ventaja que debería incentivar la demanda de este perfil. Sin embargo, puede parecer que, actualmente, el tejido económico que define nuestro contexto no parece que sea capaz de crear un número considerable de puestos de trabajo con este perfil. Esto no significa que no existan posibilidades de negocio e innovación para los titulados con este perfil en nuestro entorno socio-económico. La economía global en que nos encontramos y la accesibilidad a herramientas hacen posible el desarrollo de nuevas actividades empresariales que pueden contribuir al desarrollo de nuestra tierra. Este es uno de los perfiles que pueden resultar más atractivos para los estudiantes emprendedores que quieren desempeñar una actividad profesional basada en el desarrollo y la explotación de dispositivos de cómputo (y de sus aplicaciones). En el artículo “Profesiones para la próxima década” (Manuel Ángel Méndez, El País, 2/1/2011) [5] se citan una serie de perfiles profesionales para los que se prevén demandas significativas a medio y largo plazo (entre estos está precisamente el de desarrollador de interfaces robóticas). En su mayor parte requieren una formación que integre conocimientos de nichos diversos y currículos personalizados. El estudio de la interacción entre tecnología, aplicaciones, hardware, organización y arquitectura del computador, continuamente presente en la formación del Ingeniero de Computadores, participa de ese paradigma.

Referencias

1. Ortega, J.; Anguita, M.; Prieto, A.: “Arquitectura de Computadores”. Thomson-Paraninfo, 2005.
2. Bain, K.: “Lo que hacen los mejores profesores universitarios”. Publicacions Universitat de València, 2006.
3. ACM/AIS/IEEE-CS (The Joint Task Force for Computing Curricula 2005): “Computing Curricula 2005. The Overview Report”. Septiembre de 2005. (<http://www.acm.org/education/curricula-recommendations>)
4. Woh, M.; Mudge, T.; Chakrabarti, C.: “Mobile Supercomputers for the Next-Generation Cell Phone”. IEEE Computer, pp.81-85. Enero, 2010.
5. http://www.elpais.com/diario/negocios/index.html?d_date=20110102