

El Futuro de la Educación en Ingeniería de Cómputo

Dr. Miguel Lindig Bos
Director del CIDETEC-IPN

En el nacimiento de la era de la información, las disciplinas académicas consideradas como básicas son las Ciencias de la Computación, la Ingeniería de Cómputo y los Sistemas de Información. La Ingeniería de Cómputo aporta las innovaciones de "hardware". Además de los fundamentos teóricos de la computación, el científico de la computación aporta a las innovaciones de "hardware" los elementos de "software" que permiten su mejor aprovechamiento, y contribuye a establecer un ambiente viable para el usuario. El conjunto de estos elementos constituye las herramientas de los sistemas modernos de información. Dada la creciente complejidad de estos sistemas, aparece un elemento de enlace entre estas disciplinas tradicionales: el ingeniero de sistemas de información, que capta las necesidades informáticas de la organización, para diseñar y desarrollar sistemas que incluyan los aspectos de hardware, software y ambiente de usuario [1].

Los avances tecnológicos recientes en materia de computación y telecomunicaciones han tenido efectos importantes en los métodos de enseñanza en general, y brindan nuevas oportunidades en áreas tales como la educación a distancia. Pero el uso de las técnicas y herramientas proporcionadas por la computación no constituye, por sí solo, una solución

para las nuevas demandas que genera la sociedad de la información a la educación. Si esto es cierto en lo general, es particularmente aplicable a la enseñanza de la computación, como formación para un mercado de trabajo en constante evolución y creciente sofisticación. En este sentido, dos desarrollos tecnológicos en particular, la Internet, por una parte, y los nuevos procesadores de paralelismo explícito, por otra, ya afectan al mercado de trabajo y constituyen elementos a ser tomados en cuenta en la planeación de los programas de estudio del futuro.

CUESTIONAMIENTOS RECIENTES

En un número relativamente reciente de la revista *Computer* de la *IEEE* (noviembre de 1997) se aborda el tema de la educación superior en general, y el de la computación, en particular. Algunas de las aportaciones expresadas en esta revista se resumen a continuación:

1.- Los elementos de una *Ciencia de la Computación* efectiva [2]. El autor defiende la necesidad de conservar un fuerte núcleo de ciencias de la computación, pero combinado con una visión que enfatice el interactuar con otras disciplinas. Esto es, la búsqueda de problemas que proporcionen una experiencia educativa en la cual la Ciencia de la Computación cons-

tituya un elemento efectivo en un contexto mayor, preferiblemente el mundo real.

2.- El caso para habilidades de cómputo más relevantes [3]. El autor cuestiona la eficacia del desarrollo de sistemas de aplicación que apoyen procesos en empresas, y atribuye la poca eficacia a la falta de habilidades suficientes de los participantes en el desarrollo. En particular, subraya la limitada capacidad de comprender el proceso, para poder ubicar los problemas y las necesidades de mejora. También cuestiona la capacidad de pensamiento sistémico, de cómo interactúan los procesos.

3.- Haciendo la estructura más flexible [4]. El autor sostiene que la educación en cómputo no debe adecuarse solamente a los rápidos cambios de la tecnología de la información, sino también a la forma en que operan los negocios. A manera de ejemplo, sugiere la enseñanza de la interacción en equipos interdisciplinarios. Como medidas concretas, el autor sugiere una mayor interacción con la industria, menores tiempos de adaptación curricular, un mayor énfasis en educación continua y en aspectos pedagógicos de la enseñanza.

Un campo que merece especial interés es el de la Ingeniería de Software. En otro artículo de la revista

citada [5], los autores consideran que la mayoría de los programas de estudio vigentes se concentran en "resolver los problemas de hoy con las tecnologías actuales", y discuten un proyecto curricular basado en tres componentes fundamentales: la parte central o formativa, la parte aplicada (el desarrollo de sistemas prácticos) y materias de especialización. En síntesis, el proyecto busca mayores niveles de generalización y menor dependencia tecnológica, por medio del uso de modelos formales y, en general, de niveles de abstracción mayores.

Una mayor capacidad de resolver problemas, una menor profundidad en conceptos básicos a cambio de una visión más sistémica, una gran capacidad de comunicación y de trabajo en grupo, un enfoque más interdisciplinario y con mayor orientación a las aplicaciones y, finalmente, una mejor capacidad autodidacta, parecen ser los elementos comunes que encuentran los autores arriba citados y otros, para un mejor diseño curricular. Este tema se retoma por la misma revista en enero de 1998, bajo el título de "Engineering an Education for the Future" [6].

LOS CAMBIOS TECNOLÓGICOS

En dicho artículo, los autores sostienen que la ingeniería de cómputo ha sufrido una serie de cambios de enfoque, como consecuencia de ciertos desarrollos tecnológicos. Como ejemplos mencionan la transición de circuitos discretos a circuitos integrados, y más recientemente, de lógica digital discreta a lógica programable. En un contexto más amplio, puede citarse la transición de la electrónica analógica a la digital, en muchas áreas. Estas transiciones afectan al conocimiento fundamental requerido, a las habilidades necesarias para diseñar

sistemas y, de hecho, a la naturaleza misma de estos sistemas. En términos de una educación para la ingeniería, el cambio tecnológico conduce entonces a varias interrogantes: ¿Qué conocimiento sigue siendo necesario y fundamental? ¿Qué habilidades concretas deben enseñarse? ¿Cuáles son las características de los sistemas por desarrollar?, y ¿Cómo se reflejarán estas características en el currículum?

Además de los cambios tecnológicos reflejados en las transiciones de una tecnología a otra, ejemplificadas anteriormente, un segundo elemento a considerar es el incremento en capacidad, o rendimiento, de la tecnología como función del tiempo. Un ejemplo citado frecuentemente es el incremento en capacidad de cómputo, a costos constantes, de los sistemas durante el pasado reciente. El incremento en capacidad y calidad de la tecnología tiende a reducir las limitaciones en el desempeño de un sistema, para imponer, como nueva limitante, nuestra comprensión incompleta de cómo construir la aplicación. Esto es, factibilidad y costo adquieren una importancia menor, comparados con nuestra limitada capacidad de diseñar sistemas cada vez más complejos.

UBICACIÓN ACADÉMICA

Siguiendo el modelo del artículo [6], y desde una perspectiva histórica, la computación puede considerarse como fundamentada en tres pilares académicos:

- 1.- Ingeniería Eléctrica (teoría de circuitos, circuitos conmutados, dispositivos electrónicos, optoelectrónica, tecnología de procesos, etc.)
- 2.- Sistemas Electrónicos de Información (sistemas de información, co-

municaciones, teoría de colas, procesamiento de señales, etc.)

- 3.- Ciencias de la Computación (complejidad, autómatas, algoritmos, lenguajes, compiladores, bases de datos, etc.)

De la superposición o traslape de las disciplinas anteriores resultan entonces nuevas opciones curriculares. Así, un traslape entre los sistemas electrónicos de información, por una parte, y ciencias de la información, por otra, genera las opciones de multimedia, robótica, visión artificial, sistemas en tiempo real, software concurrente, simulación, redes, etc. Evidentemente, estas opciones son, en gran medida, responsables de la dinámica actual de la computación. Sin embargo, nuestros programas de estudio parecen poco adecuados a las necesidades que generan estas nuevas opciones. Por ejemplo, el estudio de eventos que ocurren de manera irregular en el tiempo generalmente no forma parte de programas tradicionales. Por otra parte, es cuestionable que semejante nivel de profundización en la teoría de sistemas sea viable en el marco de una licenciatura. La cuestión relativa a qué conocimiento sigue siendo necesario y fundamental, no puede contestarse simplemente con base en una apreciación de la cercanía relativa a una u otra de las disciplinas tradicionales.

FORMACIÓN Y PERTINENCIA

Entre los elementos más discutidos de cualquier currículum se encuentran, sin duda, los relativos a la importancia del proceso formativo del estudiante, y la pertinencia de la educación en términos del mercado de trabajo. El eterno conflicto entre las materias formativas y las de aplicación, no admite la solución fácil de incrementar el tiempo de estudio.

Como ya se señaló, la necesidad de una formación básica cada vez más profunda parece ser una de las consecuencias del cambio tecnológico. Claramente, no existe una solución sencilla en términos de una educación tradicional.

Una de las fortalezas de la Ingeniería Eléctrica, pero también de las Ciencias de la Computación, es el modelado formal de sistemas. Pero un modelo constituye un determinado nivel de abstracción; por ejemplo, considérese el diseño de sistemas digitales, en los cuales un circuito se modela como una función booleana. Existen lenguajes de alto nivel para el diseño asistido por computadora de sistemas digitales, basados en este modelo. Así, el diseño de un circuito se convierte en un problema de programación. Los conocimientos de electrónica digital son, de hecho, irrelevantes para diseñar sistemas digitales complejos a ese nivel de abstracción.

De manera similar, la mayoría del software de aplicación se desarrolla hoy en día con base en lenguajes de alto nivel y herramientas, cada vez más poderosas, de desarrollo de software. La complejidad de las aplicaciones simplemente no admite su desarrollo a nivel de lenguaje de máquina. En consecuencia, se usan niveles mayores de abstracción, aunque con ello se sacrifica, posiblemente, eficiencia y velocidad de ejecución.

De lo anterior se desprenden las consideraciones básicas para una posible solución entre las demandas conflictivas de formación y pertinencia. Si se concibe al posgrado como la oportunidad de profundizar en la técnica, en la teoría, y en los conocimientos formales, podemos distinguir entre los niveles de "diseñador" (licenciatura) y "experto" (posgrado). Aquí, el diseñador posee la capacidad de proyectar y desarrollar sistemas

con un alto nivel de abstracción, con base en habilidades de diseño de sistemas y conocimientos interdisciplinarios de aplicación de los mismos. Mayores niveles de complejidad, o de eficiencia de estos sistemas, podrán requerir el concurso del "experto".

Un corolario de lo anterior es que el conocimiento básico, formativo, adquiere una dimensión distinta. Por una parte, al reducirse el tiempo efectivo dedicado a este conocimiento, los aspectos didácticos adquieren una importancia mayor. Esto es, factores tales como la edad del educando deberán ser tomados en cuenta, privilegiando a aquellas bases formales que, a una edad posterior, resultan de difícil asimilación. Por otra, las materias formativas deberán conducir a mayores habilidades de autoestudio, y establecer el vínculo con estudios a nivel posgrado.

RETOS ADICIONALES

Entre los cambios tecnológicos recientes sobresalen dos que, posiblemente, constituyan retos adicionales para el diseño curricular. Uno de ellos es la red, esa tecnología de comunicación mundial cuyo potencial, en este momento, apenas se vislumbra. Pero está claro que será un elemento de vinculación entre las telecomunicaciones y la computación, vistas como disciplinas académicas. Además de conferir nuevos niveles de importancia a la telemática y otras disciplinas, es de suponerse que generará nuevas oportunidades en muchos campos de aplicación y, en consecuencia, de planes y programas de estudio. Estrechamente vinculado con lo anterior se encuentran los nuevos desarrollos en materia de arquitectura de procesadores. Las máquinas de paralelismo explícito, esto es, los procesadores que corresponden al modelo computacional SIMD (una instrucción,

múltiples datos) se encuentran ya comercialmente disponibles. Existen pocas herramientas de software para estos procesadores, cuyo potencial de aplicación en campos como la multimedia es, sin embargo, inmenso. Por otra parte, estos procesadores permiten la construcción de multiprocesadores, de máquinas paralelas con varios niveles de paralelismo simultáneos, para las cuales los actuales paradigmas de programación son, simplemente, insuficientes en términos de una explotación efectiva. Se requieren nuevos desarrollos en software, cuyo impacto en los planes y programas de estudio es, en este momento, tema de especulación.

CONCLUSIONES

En materia de Ingeniería de Cómputo, los cambios vertiginosos de la tecnología han generado nuevas oportunidades, pero también nuevos retos para el diseño curricular. La complejidad creciente de las aplicaciones de la computación tiene el efecto de, por una parte, fragmentar el campo en un número creciente de especialidades y, por otra, incrementar el nivel educativo requerido para un desempeño profesional exitoso. Diferentes autores coinciden en que parte de la respuesta a esta problemática se encuentra en grupos de trabajo interdisciplinarios, y resaltan la necesidad de desarrollar habilidades de comunicación y de trabajo en grupo. Un segundo elemento para una posible respuesta consiste en la aplicación de niveles de abstracción cada vez mayores en el modelado de los sistemas, y un mayor énfasis en el diseño e implementación de los mismos. De acuerdo con esta visión, el posgrado constituye la oportunidad de profundizar en el conocimiento que, a nivel licenciatura, posee un enfoque más orientado a la solución de problemas prácticos. En esencia, se plantea una

solución basada en el estudio de lo general como punto de partida, para llegar a lo particular en el posgrado. En este sentido, el aspecto formativo adquiere un significado e importancia distintos. Además de una mayor amplitud temática con menor profundidad sobre dichos temas, debe constituir el puente hacia el posgrado y obedecer a modelos pedagógicos que incluyan la edad, entre otros factores.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gordon E. Stokes: *"Rethinking the current formula"*, Computer, Vol.30, No.11, pp. 48-49, noviembre de 1997.
- [2] Peter A. Freeman: *"Elements of effective computer science"*, Computer, Vol.30, No. 11, pp. 47-48, noviembre de 1997.
- [3] Jimmie E. Haines: *"The case for more relevant computing skills"*, Computer, Vol.30, No.11, pp. 55-56, noviembre de 1997.
- [4] Joe Turner: *"Making the structure more flexible"*, Computer, Vol.30, No.11, pp. 56-57, noviembre de 1997.
- [5] David Garlan, David P. Gluch, James E. Tomaryko: *"Agents of Change: Educating Software Engineering Leaders"*, Computer, Vol.30, No.11, pp. 59-65, noviembre de 1997.
- [6] Edward A. Lee, David G. Messerschmitt: *"Engineering an Education for the Future"*, Computer, Vol.31, No.1, pp. 77-85, enero de 1998.