

CENFOTEC: EDUCACIÓN DE CALIDAD PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE

(CR.1.365)

Autor

Ignacio Trejos Zelaya

itrejos@cenfotec.com

Centro de Formación en Tecnologías de Información
(CENFOTEC)

Resumen

Gracias a su éxito en los mercados internacionales, la industria de software costarricense ha estado creciendo rápidamente en los últimos cinco años. La sostenibilidad de esta industria radicará en la calidad de sus productos y no en su costo. La calidad del software depende fundamentalmente del recurso humano y de los sistemas de trabajo (procesos) que se establezcan en las empresas. El cambio vertiginoso en la tecnología de software y el aumento en la demanda de aplicaciones informáticas – particularmente para Internet – exige innovaciones en la forma de educar especialistas en desarrollo de software preparados para producir aplicaciones y componentes de software de calidad mundial. CENFOTEC ha surgido como una iniciativa empresarial enfocada en atender prestamente la formación y actualización de profesionales especializados en ingeniería de software. La propuesta educativa combina estos factores: pertinencia (lo enseñado es esencial y realista), oportunidad (se optimiza el tiempo), integración de conocimiento y experiencia (coordinación de la enseñanza, ejecución de proyectos), desarrollo humano (comunicación empresarial, trabajo en equipo, sistemas de valores), proceso (disciplina individual y grupal, manejo de proyectos), calidad y exigencia. Empresas de software líderes dan dirección y sentido al trabajo de CENFOTEC. Este artículo presenta las características sobresalientes del sistema educativo de CENFOTEC.

Área y bloque temático

Área 4: Estrategias locales y regionales de innovación tecnológica

Bloque 4.9: Cooperación universidad empresa y acuerdos interinstitucionales

Palabras clave: Costa Rica/Ingeniería/software/calidad/relación universidad-industria/internet/educación/especialización

CENFOTEC: EDUCACIÓN DE CALIDAD PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE

Introducción

Las computadoras digitales, inventadas durante la Segunda Guerra Mundial para aplicaciones militares, han sido utilizadas en actividades civiles desde la década de 1950. Hacia 1960 las computadoras se aplicaban crecientemente en actividades comerciales, financieras e industriales. Hacia 1966 se comenzó a hablar de una “crisis del software” que llevó a la OTAN a convocar a las primeras conferencias de Ingeniería de Software en 1968 y 1969 (Buxton, 1975) – el término “ingeniería de software” fue usado de manera provocativa para desafiar a los informáticos a emular el profesionalismo de las ingenierías cuyo fundamento se encuentra en las ciencias físicas.

En la década de 1970 los circuitos integrados permitieron la aparición de computadoras de menor costo, “minicomputadoras”, que hicieron asequible el poder computacional a empresas medianas y a países en vías de desarrollo. El microprocesador y la integración a gran escala llevaron a la aparición de las microcomputadoras y de las computadoras personales desde 1975 a esta parte, poniendo a disposición de pequeñas empresas, profesionales y hogares las capacidades de procesamiento de datos. La disponibilidad de hardware supuso un incremento en la demanda de aplicaciones – software – que no vino aparejado por una evolución profesional tan acelerada. El software se construye hoy de manera muy variada pero generalmente artesanal. Son excepcionales las organizaciones capaces de certificar sus procesos de producción de acuerdo con los más altos estándares mundiales (SEI, 2000), por lo que se dice que tenemos aún una crisis de software (Gibbs, 1994). La disciplina ha hecho avances notables (McDermid, 1991) que permiten garantizar las características de los sistemas de software (Woodcock, 1996).

En la década de 1990, en Norteamérica, Europa Occidental y Japón se inició un crecimiento sustancial en la demanda de productos y servicios basados en tecnología de información. Varios elementos influyeron en esto:

- la computadora personal hizo posible un aumento en el uso doméstico, educativo y empresarial de la tecnología de información;
- se han desarrollado multitud de dispositivos, procesos y aplicaciones que utilizan microprocesadores, microcontroladores y memorias programables;

- hubo que dedicar importantes recursos a resolver mundialmente el problema del manejo de fechas para superar el año 2000, lo que motivó la modificación y(o) sustitución masiva de aplicaciones y dispositivos informáticos;
- apareció la Internet comercial seguida por un vertiginoso aumento del comercio electrónico.

Esta demanda ha superado el crecimiento de la oferta de personal profesional y técnico, lo cual ha provocado una carencia de personal preparado para diseñar, construir, mantener, enseñar y vender productos y servicios basados en tecnología de información. La escasez de personal, estimada para 1997 en alrededor de 165,000 personas en Norteamérica, supera hoy el millón de personas en los países de la OCDE.

En Costa Rica no hemos experimentado situaciones de tal escala, pero estamos enfrentando problemas relacionados con la disponibilidad de profesionales y técnicos bien formados, en suficientes cantidades, y con los diversos perfiles que requieren las empresas que aspiran a producir o aplicar software de clase mundial.

La escena costarricense

Consecuencia del abaratamiento del hardware (microcomputadoras) y de las reducciones de impuestos [1], hacia 1986 comenzaron a aparecer en Costa Rica empresas dedicadas a la producción de sistemas de software. Varias de estas empresas fueron fundadas por profesores universitarios y profesionales en informática para aprovechar la demanda autóctona de sistemas de información. Desde los primeros años de la década de 1990, varias empresas costarricenses de software incursionaron en mercados internacionales con éxito. Hoy día, Costa Rica es el país con mayor número de desarrolladores de software per cápita en América Latina y las empresas costarricenses líderes exportan, en conjunto, en el orden de US\$100 millones al año. Las tasas de crecimiento en ventas de las mayores empresas oscilan entre el 40% y el 500% anual, con incrementos en personal del orden del 40% al 60% anual. Empresas costarricenses hoy día tienen el liderazgo mundial o latinoamericano en algunos nichos tecnológicos.

El desarrollo de la industria de software costarricense no es casualidad. El desarrollo costarricense se ha cimentado en la apertura de oportunidades para la población en un ambiente de paz social. La inversión pública en educación, en todos sus niveles, ha sido notable. Hacia 1980, Costa Rica ya contaba con buenos programas de informática en las universidades públicas. En Costa Rica se abrió, en 1987, el primer programa de maestría

en computación de la región centroamericana. Costa Rica cuenta con uno de los índices de “alfabetización informática” más elevados del continente gracias, en parte, a los programas de Informática Educativa impulsados por el Ministerio de Educación Pública y la Fundación Omar Dengo desde 1987. Hoy día, las carreras relacionadas con la informática son las que tienen mayor demanda entre los graduados de la enseñanza secundaria [2].

Las universidades públicas costarricenses son las que cuentan con mejor reputación en el medio [3], pero enfrentan algunas limitaciones importantes:

- El número de cupos (puestos) ofrecidos es limitado. Se acepta apenas entre el 8% y el 10% de los solicitantes.
- Las tasas de deserción y de “mortalidad” son altas entre los estudiantes admitidos. Es raro que un estudiante complete su carrera en el período nominal (cuatro años). Quienes terminan típicamente duran entre 5.5 y 6.5 años [4].
- Los programas de estudios no privilegian la ingeniería de software como subdisciplina de la informática y fueron diseñados antes del despegue de Internet, y antes de que se hiciera patente la necesidad de actualizar paradigmas en la producción de software, para incorporar la tecnología de objetos y componentes, los procesos rigurosos y flexibles de producción, y los esquemas internacionales de gestión de la calidad.
- Hasta hace poco tiempo (inicios del 2001), las universidades costarricenses no mantenían, en general, relaciones cercanas ni sistemáticas con las empresas de software.
- A pesar de que cuentan con profesores formados en niveles de postgrado, en las universidades públicas se hace relativamente poca investigación asociada a *programas o centros de investigación*. Existe gran potencial intelectual, pero escasas opciones de financiamiento para investigación y para que estudiantes de postgrado puedan dedicarse a sus estudios a tiempo completo. Costa Rica ofrece pobres opciones para el financiamiento de investigación en las universidades. Las investigaciones no responden sistemáticamente a necesidades planteadas por empresas de software u otros actores del sector productivo.
- Ha habido algunas experiencias en generación de empresas a partir de ideas de negocios gestadas por estudiantes avanzados de Ingeniería en Computación (en el Instituto Tecnológico de Costa Rica).
- Las universidades costarricenses no ofrecen programas sistemáticos de actualización profesional para ingenieros informáticos en ejercicio.

Previendo una carencia local de personal calificado para desarrollar software de clase mundial, varias empresas de software (ArtInSoft, Codisa, Exactus, TecApro) e inversionistas costarricenses decidieron fundar CENFOTEC, entidad especializada en ofrecer programas de formación y actualización profesional en tecnologías de información, con particular atención a la ingeniería de software.

Necesidades

La industria de software es fundamentalmente dependiente de la calidad del recurso humano y de los procesos que éste sigue. Por otro lado, el *tiempo* es una dimensión importante en materia de tecnología de información en la era de Internet.

Aunque CENFOTEC inició lecciones en septiembre del 2000, desde 1999 se venía trabajando en el diseño de planes de estudio para atender las necesidades de las empresas costarricenses líderes en exportación de software, asimilar las principales tendencias mundiales en producción de software de alta calidad, entender las implicaciones de hacer software sobre Internet y prever la evolución futura de los graduados al desarrollar sus carreras profesionales.

Las empresas e inversionistas que respaldan a CENFOTEC permitieron al equipo académico consultar las necesidades de empresas productoras de software y de organizaciones que usan críticamente la tecnología de información. Al inicio del estudio, un cuestionario aplicado a las empresas afiliadas al Club de Investigación Tecnológica, reveló necesidades como las siguientes [5]:

5. Califique la necesidad de contar en su empresa con personal que conozca las siguientes áreas temáticas. Califique con Muy Necesaria=MN, Necesaria=N, Poco Necesaria=PN, No necesita=NN.				
	Muy Nec	Nec	Poco Nec	No nec
Aplicaciones en la WWW (Web)	62%	23%	15%	0%
Aseguramiento de la calidad	46%	54%	0%	0%
Bases de datos orientados a objetos	46%	31%	8%	15%
Bases de datos relacionales	85%	15%	0%	0%
Capacidad de trabajo en equipo	100%	0%	0%	0%
Diseño de interfaces de usuario	54%	46%	0%	0%
Habilidades comunicativas	92%	8%	0%	0%
Habilidades matemáticas	15%	62%	23%	0%
Lenguajes orientados a objetos	46%	54%	0%	0%
Lenguajes visuales para desarrollo rápido de aplicaciones	69%	31%	0%	0%
Modelaje de sistemas	54%	46%	0%	0%
Redacción técnica	31%	62%	8%	0%
Redes y Telemática	54%	38%	0%	8%
Sistemas Distribuidos	23%	69%	8%	0%

Es interesante observar que los gerentes valoran altamente temas “no técnicos” como trabajo en equipo y habilidades comunicativas.

Entre enero y marzo del 2000, el equipo académico de CENFOTEC entrevistó a directores de proyectos, empresarios y profesionales dedicados al desarrollo de software (cerca de 30 personas). El ejercicio de entendimiento de necesidades se intercaló con aproximaciones a diseños curriculares, que nos llevó a preparar 7 diseños curriculares preliminares. Esos diseños curriculares fueron validados por la Junta Consultiva Académica de CENFOTEC antes de ofrecer al mercado los primeros programas de estudio. Es interesante observar que en la misma época en que se definió el actual diseño curricular (mayo del 2000), se publicaron artículos en IEEE Computer Magazine que enuncian requerimientos semejantes a los que responden los diseños curriculares de CENFOTEC (Pour, 2000), (Lethbridge, 2000).

El reto principal consiste en ofrecer un programa de estudios de buena calidad, que atienda a necesidades técnicas y sociales como las apuntadas arriba y que lo haga sin desperdiciar tiempo. En Cenfotec se pone especial atención al balance entre calidad y oportunidad.

Competencias desarrolladas

Los graduados de los programas de formación de CENFOTEC [6] tendrán, en general, capacidad para realizar estas labores:

- Especificar requerimientos de sistemas de información en dominios de aplicación de negocios.
- Participar en el diseño conceptual de sistemas de información.
- Diseñar y evaluar el modelo de datos de un sistema de información.
- Diseñar, construir y validar una aplicación de software de complejidad mediana, en una arquitectura de múltiples capas, con componentes tanto locales como orientados a la Web.
- Participar en un equipo de desarrollo de sistemas de información orientados tanto a ambientes locales como a la Web.
- Diseñar, construir, validar e integrar componentes de software reutilizables expresados en lenguajes de programación orientados a objetos.
- Aplicar, ensamblar e integrar componentes en el desarrollo de aplicaciones.
- Diseñar y aplicar esquemas de aseguramiento de la calidad del software.
- Documentar y controlar rigurosamente los productos del proceso de desarrollo.
- Justificar razonadamente sus decisiones de diseño y construcción

- Emplear buenas prácticas de ingeniería de software en su trabajo.

Los elementos técnicos sobresalientes consisten del desarrollo de destrezas y conocimientos en:

- Modelaje de objetos (se emplea el lenguaje unificado de modelaje UML).
- Procesos sistemáticos, incrementales e iterativos de desarrollo de software (semejantes al Rational Unified Process y aplicando estándares inspirados en los del IEEE para el desarrollo de software).
- Lenguajes y programación orientados a objetos (Java, Visual Basic, C++).
- Modelaje de datos y construcción de bases de datos relacionales.
- Modelos de componentes (COM+, Enterprise Java Beans).
- Arquitecturas de múltiples capas.
- Programación para la Web (HTML, ASP, JSP, servlets, Javascript, VBscript).

Además de los conocimientos y destrezas técnicos, nuestros graduados desarrollan estas cualidades:

- Dominio de técnicas y principios de comunicación verbal y escrita, para trabajar fluidamente en ambientes empresariales.
- Habilidades de relación interpersonal que les permitan trabajar bien en equipos.
- Dominio intermedio-avanzado del inglés, particularmente en sus aplicaciones en negocios y tecnología de información.
- Experiencia en disciplinas de trabajo sistemáticas, orientadas al cumplimiento de compromisos y metas de calidad, al control del proceso y sus productos derivados, y a administrar el uso del tiempo.
- Discernimiento respecto de las opciones de diseño y la evaluación crítica de los artefactos de un proceso de producción.
- Sistemas de valores orientados al trabajo con seriedad, responsabilidad, honorabilidad, puntualidad y cumplimiento, entre otros.
- Adaptabilidad. La tecnología y el ambiente económico están en permanente cambio: cada graduado debe aprender cómo él o ella aprende de la manera más eficaz y eficiente posible.
- Conocimiento del contexto de aplicación de la tecnología, en sus dimensiones empresarial e ingenieril.

Características del diseño

¿Cómo lograr un proceso educativo de alta calidad que, a la vez, permita graduar estudiantes en corto tiempo? Todo estudiante de los programas de formación pasa por un proceso de selección antes de ser admitido [7]. La carga de trabajo exige una dedicación de entre 60 y 70 horas semanales por parte del estudiante. El diseño curricular busca que el conocimiento se adquiera de una manera integrada. Se estudia aquello que es esencial en una disciplina informática y lo necesario para la ejecución profesional en proyectos realistas. Combinamos esencia con pertinencia.

Primero, sacrificamos la generalidad en aras de la especialidad. CENFOTEC no pretende ofrecer una carrera universitaria convencional, sino un programa de estudios cohesivo e integrado que permita al graduado incorporarse al mercado laboral para realizar desarrollo de software de alta calidad. Los programas se especializan en los conocimientos técnicos más probablemente necesarios para desarrollar software de aplicación y componentes de software, haciendo énfasis en métodos y procesos modernos de ingeniería de software, inculcando buenos principios profesionales y desarrollando las competencias humanas y de comunicación más pertinentes en la industria de software. A pesar de su reconocida importancia, no forman parte del programa temas teóricos de Ciencias de la Computación, materias especializadas de sistemas computacionales (e.g. arquitectura de computadoras, sistemas operativos, compiladores), conocimientos matemáticos y de humanidades.

Segundo, trabajamos intensamente. Los estudiantes asisten, en promedio, a 26 horas de lecciones semanales. Los trabajos extra-clase (proyectos, asignaciones, laboratorios y talleres) exigen una dedicación de tiempo completo y consumen alrededor de 35 a 45 horas adicionales por semana.

Tercero, se aprende y practica lo que es pertinente. Los conocimientos que se presentan en los cursos y proyectos están fuertemente integrados. Además de la presentación magistral, se planea con cuidado la adquisición de conocimiento fuera de clases y se programa la aplicación de los conocimientos a la resolución de problemas típicos del desarrollo de software. Se ha dado particular énfasis a la preparación de ejemplos y arquetipos explicados, los cuales permiten a los estudiantes asimilar técnicas de análisis, diseño, construcción y validación de software en relativamente poco tiempo.

Cuarto, se mantiene un contacto cercano y frecuente entre estudiantes y el equipo de profesores y facilitadores. Se ofrecen horarios de consulta a los estudiantes, talleres de

práctica frecuentes, visitas programadas a los equipos de trabajo y sesiones de discusión. Aún hacemos un uso poco sistemático de las facilidades que ofrecen los sistemas de mensajería, pero esperamos implementar sistemas colaborativos para ampliar las oportunidades de cooperación entre estudiantes, profesores y asistentes.

Los planes de estudios combinan cursos y proyectos. En los cursos se trabaja alrededor de núcleos de conocimiento que se imparten de manera magistral y se reafirman mediante laboratorios, talleres y asignaciones. En los proyectos, equipos de estudiantes desarrollan soluciones a problemas de creciente complejidad. Los equipos se conforman de manera que se logre un balance entre las fortalezas, aptitudes, habilidades, conocimientos y experiencia de los estudiantes.

En los proyectos se aprende, entre otros: a trabajar como equipo; a usar procesos sistemáticos de desarrollo y aseguramiento de la calidad del software; a comunicarse eficazmente; a aplicar diversos lenguajes y herramientas; a administrar eficazmente el trabajo individual y del equipo; a evaluar críticamente los artefactos del proceso. El estudiante participa en un proyecto en cada período lectivo. Se ofrecen 6 lecciones semanales sobre temas técnicos (lenguajes, modelaje, herramientas, técnicas), de proceso de desarrollo de software, administración de proyectos, comunicación empresarial y desarrollo humano (inteligencia emocional, trabajo en equipo). Los estudiantes tienen acceso, con horario reservado, a una sala de trabajo durante 8 horas semanales. La administración del tiempo es responsabilidad de los estudiantes, pero se les enseñan técnicas básicas para esto.

Los períodos lectivos son de 15 semanas (“cuatrimestres”) cada uno. Al final de cada período se invita a profesionales externos a evaluar los productos elaborados por los estudiantes en sus proyectos. Esta experiencia ha sido sumamente enriquecedora y presenta un desafío importante para estudiantes y profesores. A pesar de no haber cumplido aún el primer año de operaciones, CENFOTEC ya cuenta con un reconocimiento importante en el medio empresarial y profesional informático costarricense.

Presentamos a continuación un resumen del diseño del programa de Especialista en Tecnología de Software (ETS), que dura 16 meses. El primer cuatrimestre es de fundamentación de conceptos, actitudes y destrezas.

<p>Primer cuatrimestre</p> <p>Programación 1 Solución sistemática de problemas. Abstracción. Programación imperativa usando Java. Buenas prácticas de programación y control de calidad.</p> <p>Introducción a la TI Conceptos sobre tecnologías de información, principios de computación y comunicaciones, principios de ingeniería de software.</p> <p>Procesos empresariales Contexto sobre estructura y funcionamiento de una empresa. Organización y operación de empresas productoras de software. La industria del software.</p> <p>Proyecto 1 El proceso de desarrollo de proyectos informáticos. Tecnologías y herramientas para el desarrollo de una aplicación en la Web (páginas activas de servidor en una arquitectura de varias capas). Actividades de análisis, diseño, construcción y validación de software. Técnicas de control de la calidad. Control básico de proyectos. Organización del trabajo individual y grupal. Principios de comunicación empresarial oral y escrita.</p> <p>Inglés 1 Vocabulario técnico. Hablar y escribir sobre el uso de las computadoras. Formular instrucciones, sugerencias, advertencias y recomendaciones acerca del uso de equipo y de software.</p>

El segundo cuatrimestre profundiza en los conocimientos y habilidades requeridos para el diseño y construcción de software. El énfasis se da en el modelaje (de datos, objetos y procesos), la reutilización y el diseño de aplicaciones y abstracciones de programación.

<p>Segundo cuatrimestre</p> <p>Programación 2 Programación orientada a objetos con Java. Programación con objetos para problemas de mediana complejidad. Diseño detallado, programación y pruebas de unidades. Buenos principios de estructuración de programas.</p> <p>Estructura de datos Análisis y diseño de las estructuras de datos y algoritmos que usualmente se utilizan en la construcción de programas de cierta complejidad. Enfoque basado en tipos abstractos de datos.</p> <p>Bases de datos Modelaje de datos. El modelo relacional de bases de datos. Programación en SQL. Aplicaciones con bases de datos.</p> <p>Proyecto 2 Desarrollo de una aplicación de arquitectura multicapas con componentes locales y en la Web. Casos de uso, modelo de análisis, diseño de la base de datos, diseño de la interfaz, programación de la aplicación en un ambiente integrado de desarrollo. Principios de gestión de la configuración. Planeación de proyectos. Profundización en comunicación empresarial y relaciones humanas.</p> <p>Inglés 2 Describir el uso de software de oficina, bases de datos y herramientas graficadoras y de multimedios. Hablar y escribir sobre tecnología informática avanzada.</p>
--

El tercer cuatrimestre consolida aspectos de diseño, programación e ingeniería de software.

<p>Tercer cuatrimestre</p> <p>Diseño conceptual de software Conceptos de diseño conceptual de software. Requerimientos y modelos de sistemas administrativos arquetípicos. Evaluación crítica de diseños.</p> <p>Ingeniería de software Concepción integral e ingenieril del proceso de desarrollo de software. Principales técnicas y herramientas utilizadas al hacer la ingeniería de un producto de software.</p> <p>Diseño y construcción de componentes Diseño y especificación de componentes. Estándares para componentes. Uso apropiado de herencia, composición y genericidad. Patrones de diseño. Arquitecturas de componentes. Componentes distribuidos en Internet.</p> <p>Proyecto 3 Construir una aplicación en la Web que involucre todo el ciclo de desarrollo. Diseño de artefactos de software. Atención de requerimientos no funcionales. Interacción negocio a negocio. Evaluación de sistemas de software. Gestión integrada del proyecto y los procesos de ingeniería de software.</p> <p>Inglés 3 (optativo) Comprensión y discusión de textos acerca de tecnología de computación. Comprensión de manuales y especificaciones técnicas de equipo. Comunicación técnica y empresarial en inglés.</p>
--

El cuarto cuatrimestre consiste principalmente de una práctica en un ambiente empresarial real, con supervisión por parte de un profesor de CENFOTEC y de un profesional de la empresa que recibe al practicante. El estudiante realiza un proyecto de desarrollo de software para beneficio de la empresa. Además, el estudiante debe llevar dos cursos electivos que le permitirán profundizar o ampliar conocimientos sobre tecnología de información. Entre los cursos electivos, se planea ofrecer durante el 2001 estos temas: desarrollo de sistemas con multimedios, desarrollo de sistemas colaborativos, lenguajes de programación – principios y paradigmas – , implementación de lenguajes de programación, administración de proyectos informáticos.

Realismo, actualización y mejoramiento continuo

La misión de CENFOTEC reza “*Desarrollar y difundir el conocimiento y la invención de las ciencias y las tecnologías asociadas con la información, para apoyar con excelencia, ética y liderazgo el desarrollo de una industria de Tecnología de Información*”. Nuestro compromiso es mejorar continuamente para anticipar las oportunidades y responder a las necesidades de una industria de software que requiere madurar aceleradamente y aumentar su competitividad internacional.

En el diseño curricular hemos participado profesionales en Informática, Ingeniería Industrial, Administración, Psicología y Comunicación. El diseño es revisado y validado por representantes de empresas de software y por profesores de informática. En la evaluación de los proyectos estudiantiles participan profesionales y representantes de empresas de software. La Junta Directiva y una Junta Consultiva Académica plantean

nuevos requerimientos y validan la pertinencia de las propuestas de formación y actualización profesional que se gestan en Cenfotec.

Nuestros profesores son exitosos desarrolladores de software y profesionales de otras disciplinas que están comprometidos con mejorar la enseñanza de la ingeniería de software en Costa Rica. Hemos integrado un equipo de trabajo de excelencia que ha logrado llevar a la práctica una visión curricular innovadora. La ejecución de los diseños curriculares es compleja, por lo que el modelo operativo académico está evolucionando constantemente, con miras a mejorar el apoyo al aprendizaje de los estudiantes y a crear las bases para sistematizar las experiencias educativas exitosas, corregir las deficiencias del proceso y prevenir su reaparición futura. Los canales de comunicación con los estudiantes son amplios y esto nos ha permitido introducir mejoras en aspectos docentes, en el ambiente de trabajo y en los servicios estudiantiles.

Cenfotec mantiene contacto frecuente con la Cámara Costarricense de Empresas de Desarrollo de Software (Caprosoft), con el Colegio de Profesionales en Informática y Computación de Costa Rica y con el Club de Investigación Tecnológica. Además, CENFOTEC cuenta con un representante en el Consejo Consultivo de Ciencia y Tecnología de Costa Rica y en la Comisión Asesora en Alta Tecnología de Costa Rica. Estas relaciones permiten conocer más ampliamente las necesidades de los profesionales en informática, de las empresas que desarrollan y aplican software, y dan lugar a participar en foros que están definiendo estrategias nacionales y políticas públicas en materia de formación de recursos humanos en tecnología de información.

En la actualidad, CENFOTEC ofrece dos programas de actualización profesional: el Programa de Especialización en Gerencia de Proyectos Informáticos (en alianza con la Universidad Nacional de Costa Rica) y el Programa de Desarrollo de Software Orientado a Objetos. Además de estos, se están diseñando otros cursos de actualización profesional y programas de formación dirigidos a satisfacer necesidades que presenta el mercado laboral costarricense y oportunidades mundiales que exigen incorporar conocimientos tecnológicos y metodológicos innovadores en el medio costarricense.

Estructuralmente, CENFOTEC está habilitado para responder rápidamente a las necesidades que plantee la industria costarricense de software. Pero esto no es suficiente, el grupo académico de CENFOTEC y la Junta Consultiva Académica se encuentran permanentemente estudiando las tendencias en las mejores prácticas de la ingeniería de

software (Abran, 2001), (Pressman, 1998) para orientar mejor la manera en que se formulan y ejecutan los diseños curriculares de los programas de formación y actualización profesional.

Como parte de los servicios al sector productivo, se está estructurando una bolsa de colocación de graduados y practicantes. Complementariamente, se están formulando alianzas institucionales para crear, entre el 2001 y el 2002, un programa de formación de nuevos empresarios en el sector de software, ofreciéndoles servicios de capacitación y asistencia técnica que les permitan incubar empresas innovadoras en el sector.

Conclusiones

El constante cambio de la tecnología de software y la creciente competencia entre empresas y países exige el planteamiento de nuevos enfoques en la preparación de recursos humanos en tecnología de información. Para poder responder a las oportunidades que se presentan en la escena mundial, deben ofrecerse programas educativos que permitan a los graduados incorporarse rápidamente al mercado laboral. Por otro lado, debe ponerse especial atención a la formación en materia de ingeniería de software y no caer en el error de brindar únicamente conocimiento superficial que responde a las modas tecnológicas.

La corta experiencia de CENFOTEC ha demostrado que es posible trasladar al ámbito educativo el empuje y la visión innovadora característicos de las empresas de desarrollo de software. CENFOTEC ha roto varios paradigmas fuertemente acendrados en la educación informática costarricense y mundial. En apenas 10 meses se tiene evidencia de que un curriculum fuertemente integrado y ejecutado con excelencia puede dar, a estudiantes aptos y motivados, los conocimientos requeridos para hacer aplicaciones de software de buena calidad, siguiendo algunas de las mejores prácticas de ingeniería de software y aplicando tecnologías vigentes en el mercado.

Un equipo de trabajo fuertemente comprometido y el respaldo de los socios han sido críticos para llevar a la realidad una visión educativa sincronizada con las necesidades de los productores de software, que ofrece perspectivas de empleo bien remuneradas a los graduados de los programas de estudio.

Referencias

- [1] En noviembre de 1985, los impuestos sobre las microcomputadoras en Costa Rica eran del 133% sobre el valor. Una iniciativa de las universidades públicas, líderes profesionales, distribuidores de hardware y algunos diputados logró que se eliminaran todos los impuestos a excepción del de ventas (semejante al IVA), por lo que comprador final vio reducido a menos de la mitad el precio que debía pagar por una microcomputadora.
- [2] Según estudios realizados por la Oficina de Planificación de la Educación Superior, cerca del 12.6% de los graduados de la enseñanza secundaria afirman tener interés en estudiar una carrera relacionada con informática.
- [3] Encuestas realizadas por la Cámara de Productores de Software de Costa Rica y por CENFOTEC revelan que los empleadores sitúan al Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) en primer lugar, a la Universidad de Costa Rica en el segundo y a la Universidad Nacional en el tercero.
- [4] Del ITCR se gradúa aproximadamente la tercera parte de los estudiantes que ingresan a las carreras, según información publicada en el periódico *La Nación* en junio del 2001.
- [5] El cuestionario se aplicó a representantes de las organizaciones afiliadas al Club de Investigación Tecnológica, el cual reúne a unas 60 empresas e instituciones interesadas en mejorar la gestión de la tecnología de información. El cuestionario se aplicó en diciembre de 1999 y fue contestado principalmente por gerentes de tecnología y directores de proyectos.
- [6] En la actualidad los programas de formación son: *Especialista en tecnología de software* (un programa técnico especializado de 16 meses de duración con dedicación de tiempo completo, dirigido a graduados de la educación secundaria) y *Especialista en ingeniería de software* (un programa de postgrado de 24 meses de duración con lecciones nocturnas y en fines de semana, dirigido a profesionales de disciplinas no informáticas).
- [7] Se aplica una prueba estandarizada de aptitudes para informática y se realiza una entrevista conductual.

BIBLIOGRAFÍA

Abran, Alain; Moore, James; Bourque, Pierre; Dupuis, Robert. *A guide to the software engineering body of knowledge (trial version 0.95)*. Software Engineering Coordinating Committee, IEEE Computer Society. Montréal, Canadá: mayo 2001.

Buxton, J.N.; Naur, Peter; Randell, Brian (eds.). *Software Engineering*. Petrocelli, 1975. (Informes sobre las conferencias de la OTAN llevadas a cabo en Garmisch [oct. 1968] y en Roma [oct. 1969])

Gibbs. Software's chronic crisis. 1994. *Scientific American*, sep.

Lethbridge, Timothy. 2000. What knowledge is important to a software professional? *IEEE Computer*, may.

McDermid (ed.). *Software engineer's reference book*. Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann, 1991, 1993.

Pour, Gilda; Griss, Martín; Lutz, Michael. 2000. The push to make Software Engineering respectable. *IEEE Computer*, may.

Pressman, Roger. 1998. Can Internet software be engineered? *IEEE Software*, sep.-oct. SEI. *Process Maturity Profile of the Software Community 1999 Year End Update*. Pittsburgh, Estados Unidos: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2000.

Woodcock, Jim; Davies, Jim. *Using Z: specification, refinement and proof*. Hemel Hempstead, Reino Unido: Prentice-Hall, 1996.