

Aprender haciendo, colaborativamente

DOI: 10.29236/sistemas.n158a2



¿Cómo reimaginar la formación de las nuevas generaciones de profesionales en Informática?

Ignacio Trejos Zelaya

Desde el año 2000, Cenfotec ofrece carreras informáticas con una secuencia progresiva de proyectos integradores, en los cuales los estudiantes aprenden a trabajar colaborativamente en equipos, con roles y procesos definidos. El desarrollo de competencias socioemocionales está integrado al proceso formativo.

Viajemos unas décadas al pasado. La industria costarricense de *soft-*

ware comenzó a gestarse a mediados de 1980. Una década antes habían iniciado las carreras universitarias de Informática en Costa Rica. En noviembre de 1985 se eliminaron muchos tributos que gravaban las computadoras —entonces 133% de impuestos sobre el valor— fueron reducidos al 10% del impuesto sobre las ventas. La disponibilidad de microcomputadoras a costos asequibles encendió el espíritu emprendedor de jóvenes pro-

fesores y estudiantes universitarios. Hacia 1992 ya varias empresas exportaban sus productos hacia algunos países latinoamericanos.

Entre 1994 y 1998, las empresas de software crecían en personal, entre un 40% y 60% anualmente. A partir de la instalación de una planta de ensamble y pruebas de Intel en 1997, varias empresas multinacionales establecieron centros de servicios intensivos en tecnologías de información y comunicación.

La demanda de profesionales en Informática iba en franco crecimiento, mas no así la oferta de titulados universitarios. Los empresarios tendían a reclutar preferiblemente a los graduados de las carreras informáticas del Instituto Tecnológico de Costa Rica y de la Universidad de Costa Rica. La sostenibilidad de la industria estaba en juego.

Antes de la explosión de la 'burbuja de las .com' y del ataque a las Torres Gemelas en Nueva York, *Computer World* estimaba un déficit de unos dos millones de informáticos en Norteamérica y Europa Occidental. A la demanda exterior se sumaba la local, lo que provocaba incrementos salariales y erosionaba la competitividad.

Poco antes de la llegada del nuevo siglo experimentábamos un cambio vertiginoso en las tecnologías de *software* y aumentos en la de-

manda de aplicaciones informáticas, particularmente, por la adopción comercial de Internet y la necesidad de remozar o sustituir estos sistemas para enfrentar el riesgo en el manejo de fechas.

El entorno costarricense exigía innovaciones en la forma de educar especialistas en desarrollo de *software* preparados para producir aplicaciones y componentes de calidad mundial. Cenfotec fue fundado en el año 2000 como una iniciativa privada enfocada en complementar la oferta universitaria en Informática, para atender prestamente la formación y la actualización de profesionales especializados en Ingeniería del *software*.

Su calidad depende fundamentalmente del talento humano y de los procesos que se establezcan en las empresas.

Dada la escasez, era imperativo que la formación de los talentos fuera sólida en ingeniería y tecnología de *software*, mediante carreras intensas de corta duración, que complementasen a los graduados universitarios de Informática.

Diseño

La propuesta educativa original de Cenfotec fue planteada como una combinación de estos factores: *pertinencia* (lo aprendido es esencial y realista), *oportunidad* (a tiempo), *integrado* (conocimiento y experiencia adquiridos mediante el desarrollo de proyectos), *desarrollo*

humano (comunicación empresarial, trabajo en equipo, principios y valores), *proceso* (disciplina individual y grupal, manejo de proyectos), *calidad y exigencia*.

La capacidad de diseño, la creatividad y la sistematicidad son vitales en el trabajo de los ingenieros. La complejidad del trabajo tecnológico y la internacionalización de los mercados y proyectos llaman a desarrollar competencias para interactuar con personas de diversas culturas y profesiones.

Típicamente, la educación de ingenieros inicia con cursos de matemática, física y ciencias de la Ingeniería. El estudiante desarrolla capacidades de análisis y comprensión de los fenómenos naturales que restringirán la factibilidad técnica de sus diseños. Es común que el último tercio de la carrera proporcione más atención al diseño y estudio de modelos para el análisis y la solución de problemas arquetípicos en su disciplina. Por lo general, hay un proyecto de 'final de carrera' en el cual se integran conocimientos técnicos aprendidos previamente. Aunque valioso, esto tiene limitaciones:

- ofrece relativamente poco espacio y oportunidad para desarrollar un artefacto complejo.
- requiere que los estudiantes trabajen en grupos, aunque no hayan tenido preparación específica para asegurar su eficacia y eficiencia.

El reconocimiento de tales limitaciones animó el diseño de un currículum que privilegia el desarrollo de proyectos por equipos de estudiantes, desde el inicio de una carrera informática. En cada proyecto, los estudiantes aprenden varias cosas en forma simultánea:

- un proceso sistemático que define las actividades por realizar, los papeles de responsabilidad de cada miembro del equipo, los artefactos por elaborar, los estándares y notaciones requeridos para crear o evaluar los artefactos, la forma de validar e integrar los productos, los flujos de trabajo de las actividades y el 'ciclo de vida' en que estos se organizan;
- una disciplina de proyectos: el estudiante aprende que el trabajo se puede planificar, organizar, distribuir, evaluar y controlar; el esfuerzo se estima, se valoran los riesgos, se define cómo se evaluará la calidad y controlarán los cambios, se administran los alcances y se ajusta el trabajo al rendimiento obtenido y a la evolución del entorno del proyecto;
- técnicas de análisis, diseño, construcción, evaluación e integración de *software*, así como las tecnologías, lenguajes y notaciones para realizar eso;
- desarrollan competencias humanas para el trabajo en equipo y la integración laboral (inteligencia emocional, valores orientados al

ejercicio ético y responsable, relaciones interpersonales, administración del tiempo, comunicación oral y escrita, dar y recibir crítica, interacción eficaz en reuniones, negociación, relación con clientes y superiores, redacción de hojas de vida, entrevista laboral, entre otras).

Entre el 2000 y el 2004, Cenfotec ofreció carreras de dos años de duración relacionadas con desarrollo de *software*. En el 2005, en convenio con la Universidad Latina de Costa Rica, Cenfotec comenzó a ofrecer la carrera de Ingeniería del *Software*. A partir del 2008, el repertorio de carreras incluyó subdisciplinas informáticas relacionadas con la integración de infraestructuras de tecnologías de información y las redes informáticas. En el año 2012 fue inaugurada la Universidad Cenfotec con tres carreras: Ingeniería del Software, Ingeniería de Tecnologías de Información y Comunicación, y Maestría en Tecnología de Bases de Datos. A partir del 2014 se ofrece la Maestría en Ciberseguridad y del 2021 la Maestría en Ingeniería del *Software*.

En Cenfotec, las carreras de pregrado ('Diplomado') y las de grado ('Bachilleratos universitarios') están *articuladas*. Las primeras tienen seis cuatrimestres de duración y permiten una salida con calificaciones alineadas con perfiles laborales validados por la industria.

Los estudiantes pueden continuar estudios mientras trabajan, para

concluir una carrera universitaria en tres cuatrimestres más.

Cada una de las carreras de grado (y su pregrado) tiene una 'columna vertebral' constituida por *proyectos integradores*. En ellos, los estudiantes trabajan en equipos con roles definidos y siguiendo diversos procesos (uno distinto por cada proyecto, según el nivel dentro del plan de estudios), en que se siguen actividades y prácticas de ingeniería e informática afines al campo de estudio especializado dentro de las tecnologías digitales.

En los proyectos, equipos de estudiantes desarrollan soluciones a problemas de creciente complejidad, a lo largo de los planes de estudios. Tales grupos se conforman de manera para lograr 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 ingeniería en la especialidad tecnológica pertinente; a comunicarse eficazmente; a aplicar diversas tecnologías; a administrar eficazmente el trabajo individual y del equipo; a evaluar críticamente los artefactos del proceso. El estudiante participa en, por lo menos, cuatro cursos de proyecto en un plan de estudios de bachillerato universitario, aunque múltiples cursos desarrollan proyectos menores alrededor de áreas temáticas enfocadas. Las sesiones semanales cubren temas técnicos,

proceso de ingeniería, administración de proyectos, comunicación empresarial y desarrollo humano (inteligencia emocional, trabajo en equipo); la administración del tiempo es responsabilidad de los estudiantes, pero los profesores guían ese aprendizaje.

Los profesores imparten lecciones, laboratorios y talleres; además, ofrecen facilitación a los equipos para que avancen fluidamente en sus procesos en cursos y proyectos.

El enfoque **centrado en el estudiante, de aprender-haciendo colaborativamente**, de la Universidad Cenfotec se inspira en el **Construccionismo** de Seymour Papert, en un contexto de educación superior dirigida a adultos jóvenes, donde tienen lugar **aprendizajes significativos**.

Estrategias y principios educativos

Los planes de estudios consideran principios y estrategias metodológicas específicas para el desarrollo de habilidades, actitudes y valores.

En resumen, los siguientes son los principales aspectos que contribuyen a ello:

- *Pragmático y aplicado*. Los estudiantes aplican sus conocimientos a la resolución de problemas trabajando individualmente o en equipo. La mayoría de los cursos tienen componentes prácticos o de laboratorio, en los que se resuelven pro-

blemas de manera focalizada (aprendizaje basado en problemas). En las carreras se desarrollan *proyectos*, en los cuales los estudiantes trabajan en equipos que integran diversas áreas de conocimiento y de competencia. El desarrollo de los valores y actitudes se da principalmente en los proyectos, pues ahí los estudiantes deben integrarse, acoplarse y trabajar en forma conjunta para construir un producto de *software* gracias a su trabajo colaborativo.

- *Trabajo en equipo*. Los proyectos son desarrollados colaborativamente por equipos de estudiantes, en los que cada miembro asume un conjunto de responsabilidades ('rol'). Se siguen procesos que definen: actividades por realizar, productos de las actividades, estándares para elaborar esos productos, estándares para evaluar esos productos, papeles ('roles') para los miembros del equipo, estándares para hacer presentaciones públicas de los trabajos. Se desarrollan, vía práctica y retroalimentación, valores como: compromiso, solidaridad, respeto, confianza en el otro, responsabilidad, empatía, puntualidad, cumplimiento, apertura a la crítica, integridad, orientación a la calidad, veracidad, tolerancia, interdependencia y conciencia de calidad.

- *Multidisciplinario y multifacético*. En cada proyecto se desarrollan las capacidades para proveer un servicio o elaborar un producto o siste-

ma tecnológico, desde los requerimientos hasta la construcción y validación del servicio, producto o sistema, con alta calidad y excelencia tecnológica. En clases se desarrollan cuatro facetas:

- Desarrollo humano: generación de actitudes y valores propicios para el trabajo en equipo en ambientes empresariales de desarrollo de sistemas o de servicios tecnológicos. Los medios para lograrlo son talleres, dinámicas, evaluaciones de situación, entre otros. Las sesiones prácticas son complementadas con seguimiento a los equipos de trabajo.

- Comunicación empresarial: desarrollo de competencias para una comunicación eficaz en la empresa: comunicación oral, comunicación escrita, manejo de reuniones, negociación de acuerdos, relación con clientes y usuarios, capacitación de usuarios, 'venta' de ideas, presentaciones formales, etiqueta empresarial, currículum vitae, entrevista de trabajo.

- Proceso técnico: principios, métodos, técnicas y herramientas para el análisis, el diseño, la construcción y la validación de productos o de servicios tecnológicos con buenas características de calidad.

- Proceso administrativo: principios, métodos, técnicas y herramientas para la planificación, organización, coordinación y seguimiento del trabajo del equipo.

• *Integrador*. En los cursos de Proyecto se *integran* conocimientos, tecnologías y métodos para resolver problemas de creciente complejidad. Los estudiantes van aprendiendo a relacionar los conceptos y técnicas que provienen de distintas fuentes y se evita el aislamiento del conocimiento en compartimentos separados.

La práctica de la Ingeniería requiere de la integración de conceptos para resolver problemas de manera apropiada, en cuanto a sus restricciones técnicas, financieras y cronológicas, en procura de la satisfacción del cliente o el cumplimiento de un propósito.

• *Evaluado*. En cada Proyecto se da seguimiento al comportamiento de los equipos y de sus miembros. Todo equipo practica la autoevaluación y la coevaluación, cada miembro evalúa a sus compañeros y a sí mismo. Cada miembro del equipo es evaluado por los profesores a cargo del proyecto. Los estudiantes aprenden a dar crítica constructiva y a recibirla con comprensión.

• *Vivencial*. Los procesos y los métodos *se viven en la experiencia de su aplicación* al construir artefactos digitales útiles. Los procesos adquieren *sentido* al conducir al desarrollo de proyectos exitosos; no son objeto de una exposición teórica y memorística: las actividades, los roles, las prácticas, los estándares, los métodos y las herra-

mientas conducen al desarrollo de productos útiles y de alta calidad.

- *Progresivo*. El desarrollo de competencias se logra de manera integrada e *incremental*. Eso opera en varias dimensiones:

- Autonomía y responsabilidad creciente. En el primer proyecto los estudiantes trabajan de una manera muy guiada y prescriptiva. A medida que progresan en el plan de estudios, los estudiantes deben asumir mayores responsabilidades respecto del trabajo por realizar: planificar las tareas de un hito al siguiente, tomar decisiones de diseño, valorar riesgos y definir su atención, integrar tareas, etc. La intención es que los estudiantes desarrollen su capacidad de tomar decisiones *autónomamente*, con conciencia de la *interdependencia* con sus compañeros de equipo y del *efecto* que su trabajo tiene sobre clientes o usuarios.

- Aprendizaje inductivo. Presumimos que los humanos aprendemos *inductivamente*, a partir de experiencias *concretas* que, al relacionarlas unas con otras y a lo largo del tiempo, gracias a nuestras capacidades cognitivas, nos dan la base para elaborar conceptos *abstractos*. En cursos y proyectos avanzados de cada carrera se estimula el pensamiento abstracto y la meta-cognición.

- Complejidad y dificultad crecientes. La *complejidad* de los ele-

mentos estudiados crece a medida que se avanza en los estudios. Esto comprende los *problemas* por tratar y la *tecnología* por aplicar. La *dificultad* de los problemas que enfrentan los estudiantes sube según se avance en la carrera.

- Heterogeneidad y diversidad crecientes. La *diversidad* de los elementos tecnológicos que los estudiantes deben considerar para resolver problemas y hacer diseño va creciendo a lo largo del plan de estudios. En algunas asignaturas se plantea la necesidad de integrar elementos tecnológicos *heterogéneos*, lo que exige procesos de planificación, experimentación y diseño concienzudos de parte de los estudiantes.

- Del individuo a la colectividad. El componente de desarrollo humano se enfoca primero en el desarrollo socioemocional individual (autoconocimiento, autoevaluación, autorregulación, administración del tiempo, autocontrol, motivación), para pasar al plano grupal y de equipo (empatía, influencia, comunicación, manejo de conflictos, liderazgo, colaboración), hasta llegar al plano del servicio a usuarios y clientes y las relaciones en ambientes de trabajo (orientación hacia el servicio, negociación, servicio al cliente, gestión del cambio, relación con los superiores).

- Realismo creciente. El primer proyecto considera las necesidades de *clientes* 'internos', simula-

dos por funcionarios de la universidad. El segundo proyecto atiende necesidades realistas, en un contexto simplificado. El tercer proyecto aborda los requerimientos de una organización real, externa a la universidad. En el cuarto proyecto los estudiantes crean un producto o servicio innovador en un contexto real.

Dada la articulación de las carreras de grado ('Diplomado') con las de grado ('Bachillerato universitario'), la mayoría de los estudiantes consiguen trabajo antes de terminar el grado. Desde el año 2005, los estudiantes del cuarto proyecto han empleado tecnologías colaborativas muy diversas y logran entregar productos de alta calidad.

Como parte de su estrategia de desarrollo, en el año 2013 la Universidad Cenfotec inició un programa de capacitación de profesores para desarrollar la educación virtual o semipresencial con apoyo tecnológico. Desde el año 2015 se han impartido carreras de pregrado, de grado y de postgrado en modalidades remota o presencial, asistidas por tecnologías digitales, con actividades síncronas y asíncronas. Al sobrevenir la pandemia de la COVID-19, un 26% de los cursos se ofrecían en modalidad 100% virtual. La universidad no interrumpió sus actividades y pasó a impartir todos los cursos en modo virtual. El enfoque educativo, la organización y el apoyo tecnológico estuvieron a punto de manera oportuna, lo que

permitió una transición rápida y sin mayores trastornos.

Referencias

- (Trejos, 1997). Ignacio Trejos-Zelaya. ¿Software centroamericano de clase mundial? San José: *Computer World América Central*. 1997.
- (Bate, 1999). Peter Bate. Costa Rica y su nuevo "café" para el siglo XXI. *BID América*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo. 1999.
- (UNCTAD, 2002). United Nations Conference on Trade and Development. *Changing Dynamics of Global Computer Software and Services Industry: Implications for Developing Countries*. UNCTAD/ITE/TEB/12. Nueva York y Ginebra: Naciones Unidas. 2002.
- (Mata & Jofré, 2001). Francisco Mata, Arturo Jofré. *Estudio de oferta y demanda del recurso humano en la industria de software*. Costa Rica: Pro-Software (Banco Interamericano de Desarrollo, Caprosoft, Procomer, FunCenat). 2001.
- (Monge & Céspedes, 2002). Costa Rica hacia la economía basada en el conocimiento. San José: Fundación Comisión Asesora en Alta Tecnología de Costa Rica (CAATEC). 2002.
- (Trejos, 2001). Cenfotec: educación de calidad para la industria de software. *ALTEC 2001, IX Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica. Innovación Tecnológica en la Economía del Conocimiento*. Latinoamérica: Asociación

Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica. 2001.

(IDA, 2001) IDA Ireland. *Achieve European competitive advantage in software*. Irlanda: IDA Ireland. 2001.

(Humphrey, 2008). *The Software Quality Challenge. CROSSTALK - The Journal of Defense Software Engineering*. Washington: U.S. Air Force STSC & Lumin Publishing.

(Trejos et al., 2016). Ignacio Trejos Zelaya, Álvaro Cordero, José Álvaro Romero & María Eugenia Ucrós. *Proyectos integradores en la Universidad Cenfotec. I Simposio Internacional sobre Innovaciones Curriculares*. San José: Universidad de Costa Rica, Programa de Posgrado en Planificación Curricular. 2016.

(Trejos & Cordero, 2017). Ignacio Trejos Zelaya & Álvaro Cordero. *Learn-by-doing-collaboratively across the curriculum: Integrative projects at UCenfotec. IEEE World Engineering Education Conference*

– *EDUNINE2017*. Portugal, Nueva York: Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2017.

(ACM, AIS & IEEE, 2021). Association for Computing Machinery, Association for Information Systems, Institute of Electrical and Electronics Engineers/Computer Society. *Curricula Recommendations*. <https://www.acm.org/education/curricula-recommendations>

(SFIA, 2018). *SFIA 7 - The complete reference guide*. Reino Unido: SFIA Foundation. 2018. <https://sfia-online.org/en>

(O*NET, 2021). *O*NET Resource Center*. <https://www.onetcenter.org/>

(Trejos & Murillo, 2019). *Diseño de carreras informáticas con marcos disciplinares y de competencias. XLV Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI2019), XXVII Simposio Iberoamericano de Educación Superior en Computación (SIESC2019)*. Panamá: CLEI. 2019. 🌐

Ignacio Trejos Zelaya. Ingeniero en Computación (TEC, Costa Rica), con maestrías y candidatura doctoral en Computación (Oxford, Reino Unido). Desde 1984 es Profesor de las carreras informáticas del Tecnológico de Costa Rica (TEC). Es cofundador y profesor de la Universidad Cenfotec, de la que fue su Rector hasta junio del 2017. Investigador en Lenguajes de programación e Ingeniería del Software. Colabora con el Club de Investigación y el Consejo Hispanoamericano de Pruebas de software (HASTQB). Ha sido dedicado de graduaciones en el TEC y Cenfotec, becario del British Council y premiado por el Colegio de Profesionales en Informática y Computación (Costa Rica) y la Cámara Costarricense de Tecnologías de Información y Comunicación. Cuenta con certificaciones profesionales en Ingeniería de calidad del software (ASQ) y en Pruebas de software (ISTQB).

JORNADA DE SEGURIDAD INFORMÁTICA



XXI Jornada Internacional de Seguridad Informática

Resiliencia Digital

Del 26 al 29 de julio de 2021
5:00pm a 7:00 pm



Las Jornadas Internacionales de Seguridad Informática cumplen 21 años de existencia. El reto de un ejercicio prolongado es mantener el interés y los retos vigentes frente a una temática que evoluciona y cambia de formas inesperadas, reinventando paradigmas y formas de ver la realidad digital. Por tanto, la vigésima primera versión de las jornadas estará dedicada a reflexionar sobre la capacidad que tienen las organizaciones y nosotros mismos para mantener, cambiar o recuperar nuestra capacidad operativa dependiendo de los avances y cambios tecnológicos.

Coordinadores Académicos:
Andrés Ricardo Almanza Junco, M.Sc.
Jeimy José Cano Martínez, Ph.D

Más información 