

# La Enseñanza y Aprendizaje de la Formulación y Evaluación de Proyectos Tecnológicos en Carreras de Ingeniería Informática: Una Experiencia Práctica

Juan Cockbaine y José Álvarez

Departamento de Ingeniería Informática, Universidad de Santiago de Chile  
Avda. Ecuador 3659, Estación Central, 9170124  
Santiago, Chile

## RESUMEN

La aplicación de las Tecnologías de Información para brindar soporte a la diversidad de procesos organizacionales, debe ser traducida en proyectos informáticos evaluados con el objeto de decidir su ejecución. La aplicación exitosa de conocimientos obtenidos en una carrera de Ingeniería Informática no es inmediata, cuando es necesario formular y evaluar proyectos tecnológicos en el mundo laboral. Es por esta situación, que ha surgido la necesidad de acercar al estudiante al mundo laboral antes de que se titule. Tal necesidad ha sido canalizada vía la dictación de una asignatura denominada *Proyecto de Ingeniería Informática*. Esta asignatura ha permitido que estudiantes cercanos a titularse, maduren y apliquen lo aprendido durante su carrera, al planteamiento de proyectos informáticos innovadores y evaluados desde las perspectivas financiera, administrativo - legal, de mercado y de la ingeniería requerida. En este artículo presentamos nuestra experiencia, después de dictar en la actual modalidad, por más de cuatro años, la asignatura mencionada en el Departamento de Ingeniería Informática de la Universidad de Santiago de Chile.

**Palabras Claves:** Evaluación de Proyectos, Enseñanza, Aprendizaje, Ingeniería Informática, TI.

## INTRODUCCIÓN

La formación de ingenieros informáticos, en Chile, abarca aspectos formales y científicos contenidos en planes de estudios que combinan asignaturas propias de ciencias de la computación, ciencias básicas tradicionales como matemáticas, física y química, con otras tales como ingeniería de la informática, ciencias económicas, administración, gestión, idiomas entre otras.

En la Universidad de Santiago de Chile (USACH), el Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Civil Informática es de seis años (doce semestres) y, en su primer año, los estudiantes cursan asignaturas anuales

de matemáticas y física y las restantes, en forma semestral.

De acuerdo al perfil establecido, nuestros estudiantes serán ingenieros informáticos responsables de formular, evaluar, planificar, controlar, administrar y gestionar proyectos tecnológicos con el objeto de atender situaciones reales de un mercado laboral. Para ello, el Plan de Estudios de la carrera contempla la asignatura *Proyecto de Ingeniería Informática* (PIINFO) en la que se debe aplicar el aprendizaje logrado en asignaturas previamente cursadas. Tal aplicación se traduce en desarrollar, al menos, la formulación de proyectos informáticos innovadores y necesarios para un mercado objetivo.

Esperamos, con esta labor, contribuir a la formación de nuestros estudiantes con un perfil que responda a las necesidades de un mercado laboral diverso y competitivo en el que se desempeñarán.

La tarea planteada en esta asignatura no es trivial para el estudiante. Algunas complejidades que hemos detectado durante su desarrollo se resumen en: 1) Aplicar lo aprendido y a veces olvidado, por el estudiante, a un proyecto de ingeniería que atiende una necesidad real, 2) Cumplir, en forma rigurosa, con plazos para entrega de informes según formatos y presentaciones efectivas, 3) Distribuir las tareas de manera efectiva, organizada y lograr compromiso tempranamente por parte de cada integrante de los grupos de trabajo, 4) Plantear perfiles de proyectos de ingeniería informática que atiendan necesidades reales de un mercado objetivo, 5) Lograr concluir y defender la factibilidad económica del proyecto, entre otros aspectos.

Estamos convencidos que la dictación de asignaturas de este tipo acercan realmente al estudiante, al mundo laboral que les tocará vivir. Es por ello que, en este artículo, exponemos resumidamente y esperamos compartir, la orientación del programa de la asignatura, la experiencia en su dictación y las principales conclusiones.

## LA ASIGNATURA PROYECTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

En el proceso de diseño del actual Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Civil Informática del Departamento de Ingeniería Informática (DIINF), se acogió el requerimiento de incorporar una asignatura que afrontara los desafíos de integración y aplicación de diversos contenidos de la carrera. Esta es la asignatura PIINFO, en que el estudiante debe plantear la formación y operación de una organización independiente (empresa) que provee, a un mercado específico, productos tecnológicos informáticos y servicios asociados.

En el contexto de ese proyecto-empresa, no solo la especificación, diseño, evaluación de productos y servicios tecnológicos innovadores y su correspondiente proceso productivo, es necesaria, sino que además, deben ser diseñados y evaluados los procesos logísticos, comerciales, administrativos, etc. que se requieren para sustentar a los procesos productivos.

PIINFO se encuentra ubicada en el antepenúltimo semestre de la carrera (Nivel 10). El Plan de Estudios de la carrera tiene 12 niveles con 4 o 5 asignaturas por nivel, excepto el último que solo tiene una asignatura de Titulación. Los niveles contienen los siguientes grupos de asignaturas: Nivel 1 (Ciencias Básicas), Nivel 2 (Ciencias Básicas y Ciencias de la Computación), Nivel 3 y subsiguientes (diversas asignaturas de Tecnología de la Información, Economía, Finanzas, Administración, etc.), Nivel 10 (PIINFO y asignaturas electivas), Nivel 11 (Asignaturas electivas y de Gestión) y Nivel 12 (Trabajo de Titulación).

Los objetivos y/o competencias a desarrollar por el programa de la asignatura son: 1) Preparar, formular, evaluar y presentar un proyecto en el ámbito de la Ingeniería Informática, utilizando los elementos teóricos y prácticos adquiridos durante la carrera, 2) Presentar y defender propuestas tecnológicas que resuelvan necesidades relevantes de personas, grupos sociales u organizaciones y, cuya ejecución, pueda constituirse como una actividad empresarial de negocio, económicamente sustentable y 3) Evaluar los proyectos bajo un enfoque de emprendimiento conducente a la generación de productos y servicios informáticos que satisfagan demandas determinadas, en lo posible, no tradicionales.

Se persigue que los alumnos puedan establecer adecuadamente los aspectos técnicos, económicos,

operacionales, administrativos, legales, de mercado y sus interrelaciones en un proyecto empresa.

Para estos efectos, la asignatura se divide en cinco unidades temáticas en que profesores (dos profesores con experiencia docente y del mundo laboral), ayudantes (generalmente 2) y estudiantes (en promedio 20 por semestre) se reúnen semanalmente para tratar los aspectos técnicos y estratégicos de cada proyecto y evaluar exposiciones grupales (generalmente tres alumnos por grupo). La asignatura no considera la enseñanza de nuevas materias, solo la exposición de lineamientos técnicos y estratégicos por parte de los profesores donde cada grupo debe evaluar y decidir su aplicación.

Las unidades temáticas se estructuran de la siguiente forma:

- 1) Introducción: Presentación detallada del Programa de la Asignatura, proyectos, sus factores y fases, formulación de un perfil de proyecto del producto tecnológico y servicios asociados.
- 2) Mercado: Necesidades y estudio de mercado en proyectos, bienes y servicios del ámbito informático, elementos de análisis como FODA, PORTER, 4P, etc.
- 3) Ingeniería de desarrollo y producción: Determinación de paradigmas, uso de estándares, aplicación de técnicas, determinación y análisis de requerimientos, diseño arquitectónico, diseño detallado, transferencia, producción y logística, operación y mantenimiento.
- 4) Aspectos legales y de organización: Organización y administración, procesos internos y externos del proyecto, funciones administrativas y logísticas, esquemas de autoridad y responsabilidad, contratación, marco legal, determinación de riesgos.
- 5) Evaluación económica y financiera: Evaluación de escenarios, flujos de caja, indicadores Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Período de Recuperación de la Inversión (PRI), Relación Costo-Beneficio, y sensibilización entre otros.

Durante la ejecución de estas unidades temáticas, los grupos efectúan presentaciones expositivas de sus proyectos, acompañadas por los respectivos informes de avance. Al término de la asignatura, los grupos realizan una presentación final que considera recomendaciones, requerimientos, revisiones y observaciones efectuadas durante las presentaciones parciales (retroalimentación) y decisiones sobre el proyecto.

## APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES

Un aspecto clave que se persigue es el desarrollo de competencias, lo mas cercana posible a la realidad profesional. El modelo educativo institucional de la USACH [1] busca favorecer, además de las competencias profesionales propias de cada carrera, el desarrollo de competencias transversales y de emprendimiento. En la carrera Ingeniería Civil Informática, esto se trata de lograr mediante dos formas de trabajo práctico: 1) Laboratorios, los cuales abarcan la aplicación de los conocimientos de una asignatura pero en un alcance micro como tareas y ejercicios de corta duración y 2) Proyectos para obtener resultados mas complejos que requieren de mayores plazos de elaboración (caso PIINFO).

En la asignatura, los grupos de trabajo deben formular en sus diversas fases y grados de especificación, un proyecto de producción y comercialización de uno o más productos y servicios informáticos, mediante métodos sistemáticos de resolución de problemas en ingeniería informática y de otras ramas de la ingeniería y las ciencias.

El proyecto de la asignatura plasma el trabajo de los grupos de estudiantes apoyado por un lineamiento de conceptos teóricos y prácticos por parte de los profesores, con el objetivo de precisar y fortalecer la tarea por realizar.

El desarrollo del proyecto empresa (trabajo de los alumnos) queda materializado en los siguientes entregables: 1) un conjunto de informes parciales (generalmente siete), 2) un informe de proyecto final, 3) un prototipo computacional de la solución informática documentado y orientado al mercado objetivo que lo requiere y 4) un prototipo ingenieril, a nivel de diseño arquitectónico, documentado y orientado a evaluadores técnicos (ingenieros experimentados).

Todo entregable es expuesto oralmente por cada grupo frente a profesores, ayudantes y los otros grupos. Los contenidos específicos de las presentaciones e informes se encuentran definidos en pautas que se entregan con antelación. En estas presentaciones, el rol de profesores y ayudantes es aportar con preguntas específicas, cuestionamientos, exigencias técnicas, exigencias de claridad en los supuestos y en los calificativos utilizados, enfoques de presentación y sobre todo sugerencias para el perfeccionamiento continuo de cada proyecto.

Un resumen de observaciones a las presentaciones es publicado en la plataforma Moodle de la asignatura [2,

3]. Al finalizar la presentación, cada grupo obtiene una calificación consensuada entre profesores y ayudantes.

Los promedios finales de calificaciones (en escala 1 a 7) obtenidas por los grupos de estudiantes se muestran en la Tabla 1. Generalmente, un grupo cada semestre debe realizar la asignatura nuevamente.

Semestre	Nota Promedio Curso
1°/2006	4,6
2°/2006	3,5
1°/2007	5,3
2°/2007	4,5
1°/2008	4,9
2°/2008	3,9
1°/2009	5,5
2°/2009	4,9

Tabla 1: Promedio de calificaciones finales por semestre.

Los criterios generales considerados para obtener la calificación del grupo son: calidad y relevancia de los productos y servicios generados, calidad del proyecto como producto y calidad del proceso de desarrollo del proyecto.

## PROYECTOS Y ENFOQUES DE SOLUCIÓN

En esta sección, caracterizamos la lista de proyectos que fueron tratados durante el año 2009. En el anexo que se adjunta a este artículo, se indica la identificación del proyecto, una breve descripción y algunos aspectos ilustrativos respecto de como se enfocó la solución.

Para estos proyectos, el análisis del mercado se efectuó utilizando técnicas tradicionales como análisis FODA, 4P, Porter, entrevistas, visitas en terreno. Estas actividades permitieron construir una base para la determinación del nicho de mercado, proyección de la oferta y la demanda por los productos y servicios a cargo del proyecto empresa.

Respecto de la ingeniería informática y tecnología fueron considerados los siguientes aspectos: 1) Captura y especificación de requerimientos o necesidades del mercado objetivo sobre el cual se enfoca el proyecto. Diversas técnicas de la ingeniería computacional fueron utilizadas en esta etapa como el uso de estándares para la especificación, encuestas, casos de uso, entrevistas sobre una muestra del mercado objetivo, desarrollo de mapas conceptuales, etc., 2) Análisis de los requerimientos capturados utilizando técnicas como diagramas de flujos de información, diagramas de clases, modelamiento Entidad - Relación,

etc., y 3) Diseño arquitectural de la solución tecnológica utilizando patrones modulares y por capas, diseño relacional de bases de datos, diagramas de componentes, de estado, de paquetes, etc. Complementariamente, se especificaron procesos productivos y de apoyo utilizando BPMN.

La adecuada utilización de estas técnicas y otras, tuvieron como objetivo lograr una buena especificación de ingeniería del producto y servicios asociados, factibles de costear. La etapa de ingeniería concluye con un prototipo técnico, que es presentado y defendido ante los profesores y ayudantes del curso y eventualmente frente a ingenieros especializados.

Desde la perspectiva de la evaluación económica de los proyectos se consideró: un horizonte de evaluación de, a lo más 5 años, determinación de costos de desarrollo, costos fijos y variables de producción de productos y servicios, determinación de ingresos por venta de productos y servicios, determinación de ingresos y gastos no operacionales, aplicación de impuestos, análisis de estrategias de financiamiento al corto, mediano y largo plazo, depreciación, manejo del Impuesto al Valor Agregado (IVA), sensibilización, análisis de VAN, TIR, PRI, Relación Costo Beneficio entre los principales aspectos.

Las fuentes de información para la determinación de costos de los proyectos consideraron cotizaciones de proveedores (para gastos menores, infraestructura, compañías aseguradoras, servicios de consumo básico, tecnología computacional, etc.), estudios de mercados y remuneraciones, datos estadísticos de organizaciones estatales como el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la Corporación del Fomento (CORFO), el Servicio de Impuesto Internos (SII), Aduanas y organizaciones gremiales como la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA), el sector de Pequeñas y Medianas Empresas en Chile (PYME), diversas entidades bancarias (para tasas de interés y condiciones crediticias adecuadas a emprendedores), normativas legales, etc. También los estudiantes son retroalimentados con la experticia de sus profesores, expertos externos y ayudantes en proceso de titulación.

Respecto a los aspectos legales y de administración, se desarrollaron: Procedimientos y pasos para la constitución de sociedades anónima, limitada u otras, responsabilidades tributarias y de impuestos, normativa de contratación de personal, estrategias y contratos con clientes y proveedores, protección de la producción de la tecnología, seguros, normativas internas, organización, cargos y perfiles, organigramas y sus modificaciones durante el periodo de evaluación, análisis de riesgos y su representación en el flujo de caja, etc.

Las dimensiones de análisis consideradas (mercado, administrativo - legal y de ingeniería) facilitaron la estimación de los recursos necesarios, cronogramas, costos tecnológicos, determinación de riesgos y su control, necesidades de provisión, etc. De esta manera, el detalle del flujo de caja obtenido y su sensibilización económica en los diversos escenarios de estimación, constituye un real aporte para la toma de decisiones al momento de evaluar la factibilidad económica. Sobre la base de tal análisis, los grupos de trabajo en su presentación final recomiendan, con argumentos sólidos, dar curso o no al proyecto planteado.

En definitiva, para enfrentar el mercado, cada grupo se define como una empresa de tecnología que debe administrar, producir y comercializar productos tecnológicos y servicios de una manera creativa, innovadora, eficiente y efectiva.

## CONCLUSIONES

De la experiencia en la dictación de esta asignatura podemos indicar las siguientes conclusiones:

1. Los proyectos, por su extensión y alcance, tienen la posibilidad de ser considerados como base para el planteamiento de futuros temas de memorias de título.
2. Dado que el proyecto considera un estudio de pre factibilidad económica, es posible que algún estudiante profundice en el análisis y decida su ejecución, fomentando de esta manera su independencia laboral.
3. Para el estudiante, es dificultosa la aplicación de la teoría económica y de evaluación de proyectos, en la confección y evaluación de proyectos informáticos. Por una parte, los temas de macro y micro economía se dictan tempranamente en la carrera y por otra, mas tardíamente, la asignatura de Evaluación de Proyectos es de carácter genérico, con escasa relación hacia proyectos tecnológicos – informáticos.
4. La dictación colegiada de la asignatura que conlleva aplicabilidad de diversos criterios, puntos de vista, multidisciplinaria ha contribuido con un mayor aporte hacia los estudiantes y por tanto en la calidad de los proyectos obtenidos.
5. Se estima necesario que el estudiante invierta más tiempo en terreno, para observar y sentir las necesidades y restricciones que caracterizan los procesos productivos del mercado objetivo al que se apoyará con tecnología. Por otra parte,

nuestros estudiantes, por su especialidad (informáticos) tienden a optimizar su tiempo utilizando Internet como principal fuente de información para sus trabajos, lo que es claramente insuficiente. Esto representa un desafío para el futuro mejoramiento docente.

6. Estimamos que los proyectos resultantes pueden ser entrada a una tarea de incubación de empresas incentivada por la Universidad y/o desarrollo de productos tecnológicos a introducir en un mercado potencial.
7. Un aspecto en curso de mejoramiento es la necesaria retroalimentación hacia los profesores de la asignatura, por ejemplo, mediante encuestas de opinión acerca del impacto y utilidad para el desempeño laboral de los estudiantes que han cursado PIINFO. Las primeras evidencias indican que la asignatura es evaluada positivamente (8.6 en escala 1 a 10 para el segundo semestre del 2009), pero se debe recolectar y formalizar un volumen de datos más significativo al respecto.

Agradecemos el aporte financiero otorgado por el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICYT) y el Departamento de Ingeniería Informática de la Universidad de Santiago de Chile, USACH, para la materialización de este trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] Modelo Educativo Institucional USACH. [http://www.vra.usach.cl/VRA/documentos/Modelo\\_Educativo\\_USACH\\_2007.pdf](http://www.vra.usach.cl/VRA/documentos/Modelo_Educativo_USACH_2007.pdf)
- [2] Sitio Moodle Asignatura Proyecto de Ingeniería Informática 2-2009. <http://uvirtual.usach.cl/course/view.php?id=550>
- [3] Sitio Moodle Asignatura Proyecto de Ingeniería Informática 1-2010. <http://uvirtual.usach.cl/course/view.php?id=1877>

## ANEXO - PROYECTOS TRATADOS DURANTE EL AÑO 2009 –

Proyectos 2009	Descripción del producto y servicios asociados
I-Dress	Software y dispositivos para realizar pruebas virtuales de vestuarios de personas en tiendas. Apoyo a la venta on-line. Almacenamiento y procesamiento para comparar imágenes con volumen.
T-Educa	Software y dispositivos para apoyar a la enseñanza de niños con necesidades educativas especiales (discapacitados). Especificación de procesos administrativos y productivos usando BPMN. Uso de pizarras interactivas, notebooks y webcams.
TIRestoBar	Software, instalación y mantención de dispositivos de captura de pedidos en Pubs. Encuestas, muestreo estadístico y estimación de demanda. Modelamiento del proceso productivo con BPMN. Uso de técnicas de minería de datos para detectar preferencias de clientes en pubs.
Ruta del Sabor	Sitio Web para entregar Información de localización y evaluación de restaurantes y software de geolocalización de restaurantes a ser ejecutados en celulares Smartphone. Encuestas, muestreo estadístico y modelo viral para estimación de demanda.
Pelotea	Información en sitio Web para la organización y realización de campeonatos de fútbol aficionado. Orientación al fútbol universitario. Estudio de la oferta de espacios publicitarios en Internet y personas interesadas en fútbol. Uso de herramientas libres y estándares de desarrollo.
Colabora Soft	Venta, instalación y soporte de software de soporte colaborativo al entrenamiento en habilidades cognitivas y realización de tareas escolares de Matemáticas y Lenguaje, en colegios de enseñanza básica y media. Evaluación detallada de costos de desarrollo y operación. Rol de la colaboración en el aprendizaje es un tópico difícil poco consensuado.
Video Interactivo	Videos informativos e interactivos, en línea, acerca de emprendimiento en Chile (creación de empresas y marco legal). Uso de UML en la especificación del software del sitio Web. Uso de servidor de streaming Flash sobre Mac OS X Leopard.
JoKo Deporte	Sitio Web con información de oferta y demanda como ayuda a la organización y desarrollo de actividades deportivas. Uso de modelo de marketing viral. Proceso de desarrollo según SCRUM.
Alcosens	Información y sistema computacional para

	controlar el manejo de vehículos motorizados, bajo influencia del alcohol. Desarrollo de hardware mediante integración de dispositivos de detección y procesamiento digital de datos. Estimación de oferta y demanda de producto sin historia, mediante regresión cuadrática utilizando mínimos cuadrados sobre productos sustitutos. Uso de tecnología Java en implementación y pruebas.
Virtual Eyes	Sitio Web que despliega Información visual espacial 3D y dinámica acerca de unidades habitacionales. Visión 3D y en 360° de las habitaciones de una casa o departamento generada a partir de fotografías.
Ficha Móvil	Software y dispositivos móviles para ingresar y desplegar datos de fichas de pacientes UTI y UCI en hospitales y clínicas. Uso de estándar en proceso de desarrollo y mantención. Dimensionamiento de servidores y bases de datos para la mantención de los datos de las fichas.
Arakwur	Software, servicios y dispositivos RFID (Identificación por radio frecuencia) para captura de productos a ser vendidos en puntos de ventas de pequeños supermercados. Uso de la tecnología RFID digital para capturar datos como alternativa al código de barras y de manera inalámbrica.
InfoDisc	Sitio Web con información a discapacitados y sus familias como las entidades comerciales a que les proveen productos y servicios. Uso de

Deporte en Casa	Equipamiento y software para realizar clases deportivas remotas via Web, desde gimnasios, a personas en sus hogares. Uso de cámaras IP y alta capacidad de almacenamiento.
Smarththink	Software, dispositivos, insumos y servicios de instalación, mantención y capacitación para la realización y control de riego tecnificado a cultivos de paltas. Estudio de demanda considera índices de confianza de los clientes en el producto y un crecimiento anual.
Siwa Abydos	Ayuda automatizada y personalizada a la investigación vocacional de candidatos a la educación superior. Aborda una herramienta de solución al problema de deserción universitaria debido a situaciones vocacionales. Incorpora características de sistema experto para analizar características y preferencias y recomendar o acotar los espacios de elección de carreras.