

Concepción de un proyecto de teleformación para una asignatura universitaria*

M. BERMEJO, J.M. BLANCO and A.R. SÁNCHEZ
Department of Computer Languages and Systems
University of Basque Country
Facultad de Informática
Pº M. Lardizabal 1, 20018 Donostia (Gipuzkoa), SPAIN

This paper introduces a model for the feasibility study of the adaptation of a classroom-based university course to a virtual environment in order to have an idea of the amount of work required including estimates on the effort and cost. It has been created so that it can be adjusted to the development of one Final Project of a Computing Engineering degree (CEFP). The model establishes the need of a preliminary diagnostic that forecasts the success of the CEFP and the fulfilment of the goals of its two main stakeholders: the student performing the CEFP and the teacher-customer that supplies the content. Such fulfilment needs the satisfaction of some basic, previous requirements, and adjusting the expectations of both stakeholders.

The CEFP will produce three deliverables: (1) a Project Goals Document for the adaptation of a classroom-based complete course, including the planning, timings, costs, resourcing, intermediate deliverables, etc.; (2) a prototype of the result, composed of a content unit of the target course or subject; (3) an increase of the knowledge that the teacher-customer has about concepts, techniques, tools etc. concerning the adaptation of such kind of courses. The CEFP produces these deliverables in five phases: analysis and design of the prototype; development of the prototype; deployment and testing of the prototype; evaluation of the testing; design of the adaptation of the classroom-based complete course.

We also show the results of three CEFPs that have been developed using this model in the Computer Engineering School of the University of the Basque Country. It is possible to obtain some generic conclusions from these real experiences. As a sample, we can say that 10 to 20% of the total work-hours of the global project are done by the teacher-customer or that in the three cases the cost calculated for one work-hour is similar.

TOPICS + KEYWORDS: e-Learning, on the teachers' side: authoring tools, University, Virtual campus.

1 Introducción

Al margen de discusiones sobre las potencialidades pedagógicas de las nuevas tecnologías, partimos de una base elemental: no hay ventajas claras de la enseñanza soportada en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC) frente a la enseñanza presencial de calidad [BBS 03]. Esto no impide reconocer las posibilidades de las NTIC para aportar soluciones a problemas tanto de organización

* Agradecimientos

Agradecemos a los profesores Rosa Arruabarrena, Kike Intxausti, Arantza Irastorza, Iñaki Mújika y José Ángel Vadillo su colaboración en este trabajo, como clientes de los PFC en que se basa este informe. Igualmente nuestro reconocimiento a Goiatz Bedialauneta, Maialen Múgica, Alberto Tablado y Daniel Pérez, autores de los diferentes PFC's.

Este proyecto ha sido subvencionado por la Diputación Foral de Gipuzkoa (proyecto Inter.-Aula) y por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, con una ayuda del Programa de Estudios y Análisis, convocatoria 2001 (EA 70-96).

como de acceso a la enseñanza y que son, en este momento, motivo de amplio acuerdo [Bat 01, LL02].

En este trabajo se presenta un modelo de estudio de viabilidad para el desarrollo de iniciativas de creación de software educativo on-line en el entorno universitario. Este modelo se articula de forma que pueda adaptarse a la realización de un Proyecto de Fin de Carrera (PFC) de Ingeniería Informática siendo su objetivo llevar a cabo estudios, tanto de coste, como de esfuerzo, previos al desarrollo de iniciativas del tipo señalado.

Existen varias razones que justifican la necesidad de concretar una serie de pautas para orientar el desarrollo de estos proyectos [Mou 03], entre ellas pueden señalarse las siguientes:

- El estudiante difícilmente ha tenido experiencias significativas en este ámbito anteriormente, lo cual dificulta sobremanera la Definición de Objetivos del Proyecto que incluye, entre otros aspectos, especificar el alcance, planificar o identificar los riesgos del proyecto.
- Al tratarse de proyectos donde existe un cliente real es imprescindible enmarcar razonablemente el resultado final que se obtendrá, pues la posible frustración de unas expectativas demasiado ambiciosas podría poner en grave riesgo el éxito del proyecto.
- El campo de desarrollo de software educativo on-line permite manejar diferentes modelos de formación, de interacción entre profesor y estudiantes o de integración de tecnologías (vídeo, audio, animaciones,...). De no limitarse las actividades de estudio de alternativas, una gran parte del proyecto acabaría siendo una elucubración para la cual, a priori, el estudiante podría no estar especialmente preparado.

Además hay una cuestión clave que fundamenta desde una perspectiva práctica la existencia de una base común para el desarrollo de PFC: la necesidad de comparar y buscar enfoques y soluciones rentables tanto económicamente como en cantidad de trabajo. Desde este punto de vista, es muy importante poder acotar y ajustar los costes de desarrollo, identificando las alternativas y valorándolas no exclusivamente desde la perspectiva de la conveniencia pedagógica sino, también, desde el punto de vista de la relación coste-beneficio.

Los PFC en cuyo desarrollo nos centraremos se enmarcarán en el contexto universitario, siendo el objetivo el desarrollo de productos informáticos que faciliten al estudiante el aprendizaje autónomo de contenidos que hasta el momento tenían únicamente como vía de transmisión los medios asociados a la docencia presencial. Además, gracias al software desarrollado, el profesor deberá poder hacer un seguimiento de los niveles de conocimiento y desempeño de los estudiantes.

En la primera parte de este documento se introducen algunos aspectos relacionados con los Proyectos de Fin de Carrera dentro de la ingeniería informática. La propuesta que se presenta en la segunda parte define un modelo de PFC orientado a que el estudiante lo desarrolle con éxito siguiendo una serie de fases y definiendo unos objetivos claros. Por supuesto, también se trata de conseguir la satisfacción del otro agente clave del proyecto: el profesor-cliente. Por esta razón se incluyen entre los objetivos explícitos del proyecto el aumento del conocimiento del profesor sobre cuestiones relacionadas

con el desarrollo de software educativo on-line y la obtención de entregables que le resulten de utilidad a medio y largo plazo. Finalmente, se documentan tres experiencias de Proyectos de Fin de Carrera reales que han seguido el modelo aquí propuesto.

2 Elementos clave de los Proyectos de Fin de Carrera en la Ingeniería Informática

El PFC dentro del marco que nos interesa, es un proyecto relacionado con la Ingeniería Informática y cuya característica principal es que la desarrolla el alumno individualmente. Los recursos son principalmente el tiempo que el alumno dedique al proyecto, que viene dado por los créditos que tenga la asignatura y aquellos recursos técnicos, que en la medida de lo posible, la universidad pondrá a disposición del alumno.

Objetivos de un PFC

Los objetivos de un PFC son similares a los de un proyecto general: los productos y/o servicios que se deben realizar en dicho proyecto.

Labor del estudiante de PFC

Algunas labores del estudiante relacionadas directamente con el PFC son las siguientes:

- Alcanzar los objetivos globales del proyecto
- Realizar los entregables definidos en el Diagrama de Descomposición de Trabajo del proyecto

Labor del director / tutor

La labor del director / tutor relacionada con el PFC se limita a resolver cuestiones técnicas relacionadas con el desarrollo del producto y/o servicio sobre todo en casos especialmente complejos. Dado que es tarea del alumno dirigir y gestionar su propio PFC, la labor del tutor es más una labor de consultoría dentro del ámbito de la gestión de proyectos.

El cliente en un PFC

Como todos los profesionales informáticos saben las relaciones con el cliente son muy complejas, en particular cuando ha de obtenerse un resultado en plazo y ajustado a un presupuesto. Desde una cierta perspectiva puede ir viéndose una evolución desde una figura de cliente cautivo que, por ausencia de alternativas, estaba prisionero de sus suministradores a un cliente mucho más exigente. Esta evolución ha conllevado también la necesidad de gestionar, si no científicamente, sí al menos con rigor las relaciones con el cliente en todas las fases de desarrollo del proyecto.

Aunque en el contexto universitario sea más excepción que norma, un proyecto tiene, normalmente, un cliente. Este puede ser una empresa o institución pero, en cualquier caso, acaba estando representado por una o varias personas. Así, existen diferentes tipos de proyectos en función del tipo de cliente y del papel que juega en el propio proceso de desarrollo del proyecto. Desde el caso extremo en que el cliente participa únicamente en la descripción de objetivos, que se convierten en la especificación de un producto que debe ser entregado en un plazo, hasta proyectos en que el cliente participa en todas las

fases de desarrollo en el marco de una colaboración pactada y que le compromete de cara a la obtención de los resultados buscados.

Cuando el PFC se realiza en colaboración con una empresa, muchas veces es la propia empresa la que actúa como cliente ya que normalmente el producto o servicio creado va dirigido a resolver un problema o necesidad concreta de la empresa. Y finalmente, en otras ocasiones, existe un cliente de la empresa que a su vez es cliente del proyecto. En estos casos, la gestión de este cliente (sus expectativas y necesidades cambiantes) se convierte en uno de los riesgos más importantes del proyecto.

Algunas labores del cliente son:

- Dar el visto bueno al Documento de Objetivos de Proyecto (DOP)
- Participar en el control de cambios. Aprobar los cambios que se den en el proyecto.
- Verificar el producto final

3 Planteamiento y definición del modelo de Proyecto de Fin de Carrera

Con el objeto de ir definiendo un modelo de trabajo, durante el año 2001 fue desarrollada una primera experiencia [Tab 01]. En ella se plantearon como objetivos la selección de una herramienta para la creación de cursos para la formación virtual y la obtención de un módulo formativo en el área de “gestión de calidad”, generado con la herramienta elegida. Se pretendía lograr por un lado, un análisis comparativo de herramientas de autor existentes en el mercado y por otro, una primera aproximación a un modelo de desarrollo de este tipo de cursos.

Del análisis comparativo de las herramientas se concluyó que, aunque técnicamente puede haber diferencias entre ellas, casi todas ofrecen la posibilidad de producir una serie de elementos básicos tales como bloques teóricos, actividades, foros, chats etc. Respecto a la estructura de los cursos, la evaluación suele plantearse a continuación del aprendizaje como un apartado diferente. La gestión de los cursos fue otro de los puntos analizados. El tipo de información que los sistemas de gestión registran son básicamente tiempos de conexión, número de intentos de test, actividades realizadas y estadísticas de participación en foros y chats.

El desarrollo del módulo formativo permitió obtener algunas conclusiones sobre el modo en que se crean estos materiales. La primera de ellas muestra que la mayoría del tiempo invertido se dedicó a la creación de las actividades (en torno al 75%). Hay que tener en cuenta que el material ya estaba previamente en soporte informático. Otra de las conclusiones obtenidas es que las herramientas permiten lograr una serie de actividades estándar pero que en cuanto nos salimos de ellas el tiempo necesario para crearlas se dispara y además no es posible utilizar opciones como la corrección automática de actividades. En estas circunstancias la selección de la herramienta de autor se convierte en un factor determinante, dependiendo del tipo de módulo que se desee obtener.

Por último el factor crítico de éxito identificado tuvo que ver con la relación establecida durante el desarrollo con los profesores proveedores de contenidos. En particular, la inexistente experiencia de estos docentes en proyectos de estas características conllevaba que sus expectativas fueran irreales en cuanto a resultados a obtener y también en cuanto a su propia dedicación al proyecto. Todo ello nos llevó a concluir que era necesaria una clara y concreta definición del trabajo a realizar previa al propio desarrollo técnico.

Con el modelo que presentamos aquí se pretende que antes de empezar propiamente el PFC el estudiante encuentre acotado el ámbito de su trabajo y se hayan limitado los riesgos. Para ello existe una fase de análisis previo que pretende garantizar la viabilidad del proyecto, identificando una asignatura y un profesor que haga de cliente y proveedor de contenidos. Una vez se ha escogido una asignatura universitaria, el estudiante debe proceder a realizar un breve análisis integral en el que analice los contenidos de la asignatura, las limitaciones de los diferentes implicados y los plazos del proyecto. Como conclusión obtendrá la primera versión del Documento de Objetivos del Proyecto, objetivos que deben responder a una estructura que forma también parte del modelo que estamos presentando.

Desde el primer momento limitaremos el área de actuación a la docencia universitaria (primer, segundo y tercer ciclo) en una universidad presencial, en que el estudiante tiene una serie de derechos en términos de atención convencional (clases, tutorías y evaluación). En ese sentido, el ámbito está acotado al desarrollo de actividades complementarias o alternativas a las que se desarrollan de manera habitual, no a la creación de cursos en el marco de un proyecto de formación no presencial.

El material a desarrollar estará concebido bien para facilitar el aprendizaje (enfoque al estudiante) como para facilitar el proceso formación-evaluación (enfoque al profesor). Idealmente se buscarán puntos de convergencia en que el resultado proporcione ventajas tanto a estudiante como a profesor.

El objetivo de la fase de análisis es realizar un diagnóstico que permita augurar el éxito del PFC y la razonable satisfacción de los dos agentes principales implicados: el estudiante responsable del proyecto y el profesor-cliente¹ proveedor de los contenidos (al que va destinado el resultado del proyecto). Para lograr ambos objetivos es necesario asegurar el cumplimiento de unos requisitos previos y ajustar las expectativas de los participantes, de forma que se defina un contrato que enmarque el desarrollo del proyecto.

Requisitos a cumplir por el profesor-cliente:

- Experiencia contrastada en la impartición de la asignatura objeto del proyecto.
- Disponibilidad previa de materiales convencionales (textos, ejercicios, descripción de actividades, exámenes,...) en soporte informático.
- Disponibilidad de un plan de curso que permita estimar con exactitud las fechas en que el material debe estar disponible para su uso por los estudiantes.

¹ El concepto de profesor-cliente puede abarcar a un grupo de profesores, pero en este caso siempre se presupondrá la existencia de un interlocutor claro que represente al conjunto en los aspectos operativos del proyecto.

- Posicionamiento personal positivo respecto a las posibilidades de uso de la informática para la formación. Flexibilidad para adaptarse a los imprevistos propios de los proyectos reales.
- Conocimiento y manejo de las herramientas ofimáticas elementales.

Requisitos a cumplir por el autor responsable del proyecto:

- Conocimiento y manejo de las herramientas convencionales de ofimática.
- Experiencia en el uso de entornos informáticos de desarrollo y productividad personal.
- Capacidad para la planificación y auto evaluación.
- Buena capacidad de interacción con las personas.
- Capacidad para manejar información técnica en inglés.

Requisitos a cumplir en la relación entre el estudiante y el profesor-cliente:

- Sintonía personal y deseo de colaboración mutua.
- Posibilidad de mantener al menos una reunión presencial cada tres semanas.
- La materia objeto del proyecto debe ser, siquiera superficialmente, comprensible por el estudiante.

El proceso de ajuste de expectativas se realiza con la intervención de, por un lado, el profesor proveedor de contenidos y, por el otro, del autor del proyecto de fin de carrera. En este proceso se analizará cuál puede ser el alcance general del proyecto, haciendo hincapié, entre otros, en los siguientes aspectos:

- Orientación al profesor, orientación al estudiante o mixta.
- Tipología y número de los estudiantes usuarios del software.
- Fundamentos pedagógicos del software a desarrollar (metodologías activas, evaluación continua, *coaching*,...).
- Clases de actividades a soportar a través del software.
- Herramientas informáticas a utilizar y plataforma de explotación de los resultados del proyecto.

Tras esta fase debe quedar especificado el marco general del PFC. Marco que va a formar parte del Documento de Objetivos del Proyecto como parte de los antecedentes y que (salvo razón de fuerza mayor) no será susceptible de modificación durante el desarrollo del PFC.

3.1 Objetivos generales del proyecto

Un PFC es un trabajo suficientemente amplio como para que el tipo de objetivos –aun enmarcándose en un área concreta- puedan variar mucho. Así, dentro del área de desarrollo de software educativo on-line, puede haber, por ejemplo, proyectos de desarrollo de software de edición de contenidos, proyectos donde se realicen análisis comparativos de las herramientas de desarrollo, o proyectos donde el énfasis se haga en el análisis y mejora del entorno on-line de aprendizaje. Por ello la propuesta de un modelo de PFC debe, necesariamente, limitar el tipo de objetivos a lograr.

La definición de los objetivos generales del PFC de nuestro modelo está orientada por unos principios generales que se detallan a continuación:

- El modelo tiene una vocación de proyectarse en el tiempo, por lo que no debe estar sujeto a cambios en función de la previsible aparición de innovaciones en la disponibilidad y funcionalidades de las herramientas informáticas.
- Los objetivos deben ser razonablemente alcanzables, pero no limitar la inquietud y capacidad de trabajo del estudiante. Específicamente, el PFC puede tener sus riesgos, pero estos podrán ser gestionados por el propio estudiante basándose en su formación previa sobre la relación con el cliente y el control de cambios durante el ciclo de vida del proyecto.
- El modelo PFC pretende garantizar que el profesor-cliente obtenga una rentabilidad al tiempo que invierte, partiendo de la base de que no se contará con profesores-clientes formados a priori, sino de profesores que participan en el proyecto buscando un acercamiento al área de las NTIC aplicadas a la enseñanza sobre todo en su campo de docencia. Por ejemplo, un conocimiento concreto del tipo de actividades que se podrían desarrollar para su asignatura.

El PFC busca conseguir tres objetivos:

1. (O1): Un prototipo o proyecto piloto instalado y probado que abarca una unidad de contenido de las que forman parte la asignatura. Además, se llevará a cabo una evaluación del prototipo.
2. (O2): El Documento de Objetivos de Proyecto correspondiente a un proyecto que aborda el diseño y desarrollo de una herramienta de formación on-line para una o varias asignaturas completas. El documento incluye estimaciones de tiempo y plazos, estimación de costes, definición del alcance y sus correspondientes entregables, etc.
3. (O3): Un aumento de conocimiento (es un proyecto de formación) en el cliente del proyecto, que incluye ajuste de expectativas y formación en aspectos conceptuales e instrumentales del desarrollo de software on-line. Forma parte del PFC la evaluación del proceso de formación del cliente.

3.2 Planificación del Proyecto Fin de Carrera

La planificación del PFC es responsabilidad del estudiante que va a desarrollarlo. Éste se encarga de distribuir una serie de recursos (entre los que se encuentra su propio tiempo y el de las personas de las que depende o con las que colabora) con el fin de lograr unos objetivos concretos en un plazo dado.

La planificación del PFC, según se conciba, puede convertirse en una actividad crítica para la propia definición de parte de los objetivos del PFC, en la medida que los límites temporales que enmarcan la terminación y defensa del PFC son entradas relevantes que determinen cuál es la unidad de contenido más adecuada para ser objeto del *proyecto piloto*.

En todo caso, la planificación recogida en el DOP incluirá las siguiente fases:

1. Análisis y Diseño del proyecto piloto
2. Desarrollo del proyecto piloto
3. Implantación y prueba del proyecto piloto

4. Evaluación de prueba del proyecto piloto
5. Diseño de proyecto global

Antes de entrar a detallar los objetivos y actividades específicas de las cinco fases introduciremos brevemente el alcance de cada una de ellas. Posteriormente se profundizará en cada una de las etapas, estableciendo la relación entre su desarrollo y la consecución de los objetivos del PFC.

Fase de Análisis y Diseño del proyecto piloto

El objetivo de la fase de análisis es seleccionar la unidad que va a ser objeto del proyecto piloto, y los contenidos y usuarios del software a desarrollar. Puede estar nítidamente separada del diseño o entremezclarse con la misma, dado que algunas consideraciones propias del diseño pueden llevar a replantear las conclusiones previas del análisis. El diseño incluirá la definición de las interfaces, conexión con fuentes y bancos de datos y la lógica subyacente a la herramienta informática a desarrollar. Se obtendrán dos documentos (el de análisis y el de diseño), pactados con el profesor-cliente.

Fase de Desarrollo del Proyecto Piloto

El objetivo de esta fase es producir el software definido en la fase de diseño, realizar las pruebas que permitan realizar la evaluación del mismo con usuarios reales con razonables garantías de éxito y generar la documentación de soporte del prototipo.

Fase de implantación y prueba del proyecto piloto

El software desarrollado se debe implantar en un entorno que permita el acceso a los usuarios del mismo. Además, éstos deben ser provistos de los manuales necesarios que les permitan el uso previsto. La prueba del proyecto piloto por parte de los usuarios debe estar convenientemente soportada (atención técnica, dudas,...) y deben realizarse los ajustes y correcciones necesarias en el caso de aparición de problemas.

Fase de Evaluación de la prueba piloto

La evaluación de la prueba piloto tendrá como resultado un documento acordado con el profesor-cliente, en el cual se recogerán las conclusiones extraídas tras el desarrollo de las fases anteriores. Para obtener dichas conclusiones deberán ser consideradas las opiniones de los estudiantes-usuarios, opiniones que serán recogidas a través de encuestas o entrevistas.

Diseño de proyecto global

Las fases anteriores permitirán producir un Documento de Objetivos de Proyecto correspondiente a un proyecto global cuyo objetivo sea la adaptación de la asignatura escogida al completo. Este Documento de Objetivos del Proyecto debe necesariamente incluir una estimación presupuestaria del coste económico de ejecución del proyecto global definido.

3.2.1 Fase de Análisis y Diseño del proyecto piloto

El objetivo de la fase de análisis es seleccionar la unidad que va a ser objeto del proyecto piloto. En este proceso se concilian dos tipos de condiciones: las provenientes de las restricciones temporales asociadas a la planificación del PFC, y las correspondientes a la asignatura y el profesor con el que se va a trabajar como cliente. Por un lado, se trata de buscar unos contenidos que puedan transformarse en software de apoyo al desarrollo de la asignatura en unos plazos que permitan la adecuada realización de diseño, desarrollo, implantación y pruebas. Por otro lado se trata de escoger una unidad que tenga un grado suficiente de adecuación, riqueza y soporte documental previo.

El objetivo específico de la fase de *análisis* es la identificación de los contenidos (ver tabla 1) y alcance del proyecto piloto. El resultado operativo de esta fase se recogerá en un documento en que se definen tanto las unidades, secciones o temas con que se va a trabajar como el tipo de material que va a ser desarrollado (pruebas o test en línea, animaciones, hipertextos, ejercicios resueltos, recorridos guiados,...).

Estructura de la unidad (subunidades), objetivos, metodología, orientación práctica, módulos específicos de apoyo (vídeo, sonido, animaciones,...), sistema de evaluación
Concreción del contenido del curso, concreción de documentación adicional y material de apoyo, concreción de las actividades complementarias
Creación del plan de trabajo, definición de hitos en el calendario del curso, cálculo de esfuerzo durante el desarrollo del curso (tanto para el profesor como para los alumnos)

Tabla 1: Identificación de contenidos del proyecto piloto

En la fase de *diseño* se especificarán las características del material a desarrollar. Entre estas características deberán incluirse las siguientes:

- Definición de las interfaces para los distintos tipos de usuarios
- Diseño general de los diferentes componentes del proyecto piloto e interrelaciones entre ellos
- Conexión con fuentes de datos (datos sobre los estudiantes, baterías de tests,...)
- Mapa de uso o navegación
- Resultados a capturar (evaluaciones, uso por parte de los estudiantes,...)
- Características de seguridad y tipos de usuario
- Características (hardware y software) del entorno de implantación
- Condiciones ambientales de uso (individual, apoyo al desarrollo de laboratorios, evaluaciones continuadas,...)

Al igual que en la fase de análisis, tras la fase de diseño se obtendrá un documento recogiendo los aspectos mencionados anteriormente, así como aquellos otros que parezca conveniente aclarar con carácter previo a la fase de desarrollo. Ambos documentos deben contar con la aceptación explícita del profesor-cliente tras su presentación en una reunión que tendrá como fin expreso garantizar el acuerdo cliente-proveedor.

(O1)	El trabajo desarrollado y los documentos generados forman parte del proyecto piloto.
(O2)	Al afrontar por primera vez los procesos de análisis y diseño en un entorno reducido, el estudiante adquiere una experiencia imprescindible para abordar el contenido del conjunto de la asignatura. El esquema propuesto, una vez contrastado con el desarrollo del prototipo, puede ser enriquecido y servir de referencia posterior
(O3)	El profesor-cliente ha intervenido, en un proceso liderado por el estudiante, en la definición del proyecto piloto. La consecuencia directa es que ha tenido que dar respuesta de una manera ordenada a una serie de cuestiones previas. En consecuencia habrá que contrastar hasta que punto este proceso ha contribuido a ajustar sus expectativas y conocimiento.

Tabla 2: Resultados relativos a los objetivos del PFC después de la fase de análisis y diseño del proyecto piloto

3.2.2 Fase de Desarrollo del Proyecto Piloto

En esta fase se trata de desarrollar el software o los contenidos definidos en la fase de análisis conforme a los requisitos identificados y siguiendo las pautas de diseño previamente marcadas. No es descartable que durante el desarrollo se identifiquen problemas o posibilidades que quedaron ocultas inicialmente y que hagan aconsejable reconsiderar algunas decisiones ya tomadas y pactadas con el profesor cliente. De darse estas circunstancias, el estudiante podrá proponer los cambios que considere adecuados. Estos cambios serán siempre propuestos por escrito y argumentados. Las contrapropuestas o aceptaciones del profesor-cliente deberán ser siempre documentadas por el estudiante y se incorporarán a la documentación de seguimiento del proyecto en su apartado de gestión de cambios.

En ningún caso el objetivo de esta fase es la evaluación de entornos de desarrollo disponible, ya que el proyecto se desarrollará con las herramientas descritas en el DOP del proyecto.

El resultado operativo de esta fase consistirá en una herramienta piloto operativa y razonablemente probada por el estudiante responsable del PFC. Igualmente se generarán las versiones previas de los manuales de usuario que fueran necesarios. El prototipo acompañado de su documentación será puesto a disposición del profesor-cliente para su validación. De sugerirse cambios, se procederá como se ha dicho previamente.

(O1)	El resultado obtenido y los documentos generados forman parte del proyecto piloto.
(O2)	Al afrontar por primera vez un desarrollo y la gestión de cambios, el estudiante adquiere una experiencia necesaria para poder planificar el coste asociados a los procesos de desarrollo y pruebas del proyecto global. Sin esta experiencia previa cualquier consideración sería elucubrativa.
(O3)	El profesor-cliente ha establecido una conexión directa entre las expectativas, plasmadas en el análisis y diseño, y una primera versión del prototipo. Por otro lado habrá empezado a estimar el coste de su necesaria implicación en el proyecto.

Tabla 3: Resultados relativos a los objetivos del PFC después de la fase de desarrollo del prototipo

3.2.3 Fase de implantación y prueba del proyecto piloto

En la fase de *diseño* se habrá especificado el entorno de implantación. Este entorno está asociado a unas condiciones ambientales de uso del prototipo desarrollado. Según el contexto, el material podrá ser accedido a través de internet, de una red local o, incluso, exclusivamente en modo local. El modo de acceso es compatible con diferentes situaciones de aprendizaje, que pueden ir desde el trabajo utilizando el equipamiento informático propio, al uso del aula abierta a disposición del estudiante o del laboratorio cerrado en que se desarrollan unos determinados guiones ya sea sincronizadamente o en ritmos independientes, con la tutorización presencial del profesor.

Según las restricciones especificadas, en la fase de implantación se pondrá el material que constituye el prototipo de forma directamente accesible y utilizable por los estudiantes y el profesor del grupo de prueba. Esto incluye la distribución del material y los manuales previstos.

La prueba del proyecto piloto se realizará conforme se haya planificado en el DOP, preferentemente con estudiantes reales que estén cursando la asignatura de referencia. Para la finalización con éxito de esta fase son necesarias, tanto una cuidadosa planificación, como la implicación del profesor-cliente de cara a motivar a los estudiantes del grupo de prueba. El objetivo de la fase de prueba no es comprobar que el prototipo funciona conforme a su especificación, sino validar hasta qué punto se logran los fines pedagógicos pretendidos. Una condición necesaria para realizar esta validación es el compromiso durante esta fase del profesor-cliente en el seguimiento de los resultados obtenidos en el grupo de prueba. La otra condición elemental es el adecuado soporte por parte del estudiante responsable del PFC, resolviendo todas las dudas y problemas técnicos que se presenten.

Durante la prueba es importante que el responsable del PFC monitorice las interacciones de los diferentes elementos que intervienen en el sistema y acumule una información necesaria para la posterior evaluación.

(O1)	La disponibilidad operativa del prototipo y su uso en contexto real es el resultado necesario de las fases anteriores.
(O2)	Al afrontar por primera vez los procesos de implantación y prueba, el estudiante adquiere una experiencia necesaria para poder planificar estas fases en el proyecto global.
(O3)	El profesor-cliente ha contrastado sus expectativas respecto al prototipo con la experiencia real de su uso con el grupo de prueba. Si la prueba ha sido razonablemente exitosa no sólo habrá aumentado la motivación, sino que habrá concebido ideas de gran utilidad para afrontar con criterio un proyecto más ambicioso.

Tabla 4: Resultados relativos a los objetivos del PFC después de la fase de implantación y prueba del proyecto piloto

3.2.4 Fase de Evaluación de la prueba piloto

El objetivo de la fase de evaluación es extraer conclusiones cualitativas sobre el resultado de la experiencia de uso del prototipo con el grupo de prueba. El resultado de

esta fase es un documento, que recopila la información relevante obtenida durante el seguimiento y monitorización de la fase de prueba, información a la que pueden añadirse valoraciones de los usuarios, obtenidas a través de encuestas o entrevistas individuales o en grupo. Tomando como referencia esa información y la obtenida directamente del profesor-cliente, el responsable del PFC debe seleccionar los puntos fuertes y débiles del prototipo desarrollado y seleccionar un conjunto de propuestas que puedan orientar la concepción del proyecto global para el conjunto de la asignatura.

Nuevamente, el entregable de esta fase consiste en un documento recogiendo los aspectos más significativos de la evaluación realizada, documento que tendrá los anexos que registran las fuentes de información utilizadas en la valoración. Este documento deber ser conocido por el profesor-cliente y contar con su aprobación total o parcial. En caso de producirse discrepancias entre el responsable del PFC y el profesor-cliente éstas quedarán recogidas en la documentación de seguimiento del proyecto.

(O1)	La información generada completa la documentación existente del proyecto.
(O2)	La experiencia obtenida en esta fase permitirá la realización de un análisis más fundamentado, así como establecer las necesarias conexiones entre las decisiones de diseño y su efecto para los usuarios finales (profesores y estudiantes) de los materiales desarrollados.

Tabla 5: Resultados relativos a los objetivos del PFC después de la fase de evaluación del proyecto piloto

3.2.5 Diseño de proyecto global

El ciclo se cierra donde ha comenzado: el responsable del PFC tiene que volver a concebir un nuevo Documento de Objetivos de Proyecto, pero con un alcance ampliado al conjunto de la asignatura. A diferencia del DOP del propio PFC, el que debe concebirse en este momento debe llegar al nivel de detalle que, hipotéticamente, permita la contratación de un servicio en el marco de un presupuesto establecido.

En la concepción del DOP del proyecto global primará la *viabilidad*. No se trata, en consecuencia, de definir el mejor proyecto imaginable, sino uno que pueda ser desarrollado con un presupuesto limitado, en un plazo acotado, y con una dedicación concreta al proyecto por parte del contratante del proyecto. Para acotar a priori las limitaciones señaladas se tomarán las siguientes indicaciones:

- Presupuesto: Debe existir una proporcionalidad clara entre el presupuesto del proyecto y el número de usuarios finales del mismo. Los costes de actualización y mantenimiento deben acotarse para intentar buscar el máximo aprovechamiento del material de enseñanza y el posibles aprovechamiento de los retornos económicos.
- Plazo: El proyecto debe concebirse para que sus resultados, caso de ser desarrollado, puedan estar disponibles en el próximo curso académico
- Dedicación del contratante: El tiempo del profesor implicado en el proyecto debe estar definido y ser proporcional al coste global del proyecto. A los efectos de computar el coste global de proyecto se imputará un coste fijo por hora de dedicación del profesor a las distintas fases del proyecto.

4 Casos de estudio

En este apartado se muestran tres experiencias reales [Bed 02, Mug 02, Per 02] realizadas en la Facultad de Informática de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea durante el curso académico 2001-02. Se comienza presentando las asignaturas escogidas para su adaptación. A continuación se realiza una descripción más detallada de cada uno de los proyectos y finalmente se comparan los resultados y se obtienen algunas conclusiones.

La elección de las asignaturas se basó principalmente en los siguientes criterios:

1. El interés del profesor proveedor de contenidos en la utilización de las nuevas tecnologías en la educación, de forma que se pudiera garantizar el resultado positivo del análisis preliminar.
2. Características de las asignaturas tales como número de créditos y alumnado.
3. Posibilidad de acceso a materiales en formato electrónico.

Cabe mencionar que los alumnos que desarrollaron los proyectos, sin ser expertos en las diferentes materias, sí habían cursado satisfactoriamente las asignaturas lo que facilitaba la comunicación con el profesor-cliente y el conocimiento del contexto.

ASIGNATURA	CREDITOS PRESENCIALES	OBLIGATORIA / OPTATIVA	CICLO	CURSO	Nº ALUMNOS
Herramientas Avanzadas de Software (HAS)	9	Optativa	Primero	Indiferente	72
Modelos Abstractos de Cómputo II (MAC II)	6	Obligatoria	Segundo	Tercero	120
Estructuras de Datos y Algoritmos II (EDA II)	6	Obligatoria	Segundo	Tercero	130

Tabla 6: Características principales de las asignaturas escogidas

Los proyectos se llevaron a cabo durante el curso académico 2001/2002 y sus títulos fueron los siguientes:

- “Elaboración de un módulo de software educativo y concepción de un proyecto de tele-formación para una asignatura universitaria” [Per 02].
- “Análisis y planificación de un proyecto que adapte la asignatura Modelos Abstractos de Cómputo II para su impartición virtual” [Bed 02].
- “Análisis y planificación de un proyecto que adapte la asignatura Estructuras de Datos y Algoritmos II para su impartición virtual” [Mug 02].

Todos ellos tenían los objetivos planteados en el método:

- La elaboración de un prototipo que abarcaba una unidad de contenido de cada una de las asignaturas.
- La elaboración de un Documento de Objetivos de Proyecto correspondiente a un proyecto que aborde el análisis, diseño e implementación de una herramienta de formación on-line para la asignatura completa.
- La evaluación del proceso de formación del profesor-cliente.

En los tres casos, después de algunas reuniones con el profesor-cliente se realizó un análisis previo que permitía definir el marco del proyecto: tipología de alumnos, modo de evaluación, tipos de actividades, etc. Teniendo en cuenta también que el prototipo tenía que probarse con alumnos de las asignaturas, se eligieron las unidades de contenido para realizar los prototipos. “Acceso a bases de datos desde Visual Basic” para el caso de HAS, “Preliminares” e “Índices de funciones” para MAC II y “Recorrido sobre grafos” para EDA II. Una vez realizadas las pruebas, se presentaron los DOP correspondientes a proyectos de adaptación de cada una de las asignaturas completas, incluyendo estimaciones de costes y esfuerzo basadas en los datos obtenidos en los desarrollos de los diferentes prototipos.

A continuación se presentan detalles de cada uno de los proyectos.

4.1 Herramientas Avanzadas de Software

El módulo elegido en este caso se explicaba habitualmente en una sesión presencial y se realizaba una práctica en el laboratorio para trabajar su contenido. En este proyecto se deseaba sustituir la clase presencial por una sesión en un aula informática en la que los alumnos estudiaran la unidad y la practicasen utilizando el prototipo.

Se comenzó realizando un análisis en el que se concretaba qué información debía aparecer en el curso y su estructura. El módulo estaría dividido en unidades, capítulos y secciones. Por cada una de las secciones se realizaría un conjunto de preguntas dependiendo del grado de información que tuvieran así como de la facilidad que proporcionara cada una de ellas para diseñar preguntas adecuadas. Además, el prototipo contendría un supuesto práctico relacionado con una de las actividades programadas para una sesión de laboratorio de la asignatura.

Se decidió que la plataforma de desarrollo a utilizar sería SITEA. Durante el diseño se definieron la arquitectura del sistema, las pantallas, el modo de acceso de los usuarios, etc. El prototipo se implantó en una sala de ordenadores de la Facultad de Informática de San Sebastián (FISS). Se instaló la plataforma de teleformación en una máquina que era capaz de prestar servicios web y los alumnos accedían al curso desde internet.

La prueba se realizó en el mes de mayo incluyendo un cuestionario para conocer la opinión de los estudiantes. El 47% de los alumnos opinaron que la experiencia había sido muy positiva, el 44% la calificaron de positiva, el 6% de interesante y el 3% de regular. Otros datos de interés obtenidos en dicha encuesta son que el 87% de los alumnos tuvo tiempo de completar el tema (un porcentaje alto respecto a la finalización de otros temas utilizando el método tradicional) y que el 78% de los alumnos repetiría la experiencia. También se recogió la opinión del profesor-cliente respecto a diferentes aspectos de la experiencia (diseño y adaptación del prototipo, prueba de los alumnos, experiencia personal). Entre las respuestas obtenidas, cabe remarcar que el profesor repetiría la experiencia y que como valoración global, la consideraba muy positiva.

4.2 Modelos Abstractos de Cómputo II

A diferencia del proyecto anterior, los contenidos se habían explicado en una clase presencial y se utilizó una sesión de laboratorio como refuerzo o repaso del tema.

Tras el análisis, el módulo quedó dividido en dos temas: “Preliminares” e “Índices de Funciones”. Estos a su vez se dividen en subtemas (con un total de 11 y 9 respectivamente) y se completaron con preguntas a modo de test y un examen. Se añadió un “Test de repaso de conceptos fundamentales” compuesto de 50 preguntas, cuyo objetivo era ofrecer al estudiante una prueba de evaluación de conceptos previos a los tratados en los temas del módulo.

La plataforma de desarrollo escogida fue ToolBook II Instructor. Aunque la casa Click2learn ofrece un sistema de gestión de los cursos creados con ToolBook, éste no se adaptaba a las necesidades de la asignatura. Se querían gestionar por un lado los comentarios de los alumnos y por otro las puntuaciones obtenidas en el test. Además, era necesario controlar el acceso al curso ya que a priori únicamente los alumnos de la asignatura tenían permiso para ello. Como consecuencia, también se desarrolló el sistema de gestión del módulo.

El sistema se implantó en una de las aulas informáticas del centro. La aplicación y la base de datos necesaria para la gestión se instalaron en un servidor de la facultad. La herramienta utilizada para desarrollar el curso necesita tener instalado un “plug-in” en cada uno de los ordenadores de los usuarios. Una vez hecho esto, los alumnos accedieron al curso a través de la red interna de la facultad.

La prueba con los alumnos se realizó en mayo. En este caso, los alumnos completaron un test previo a la utilización del módulo cuyo objetivo era medir los conocimientos que de esos temas tenían. Después de pasar el curso, completaron otro test también dirigido a medir los conocimientos de los temas. La comparación entre ambos tests daba una idea de si efectivamente los alumnos habían aprendido algo al utilizar el prototipo. Además, rellenaron una tercera encuesta dando su opinión sobre el software creado. Respecto al aumento de conocimiento de los alumnos del tema tratado, los resultados no dejaban dudas: frente a un 20% de respuestas correctas antes de hacer el curso, el número de respuestas correctas subía a un 80% después de pasar el prototipo. Las opiniones sobre el software fueron positivas. Las preguntas iban dirigidas a conocer la opinión de los alumnos sobre diseño de la interfaz, facilidad de uso, contenidos claros, actividades adecuadas etc.

El tercer objetivo del proyecto de fin de carrera se obtuvo mediante dos encuestas al profesor-cliente: una previa al proyecto y otra al final. Básicamente, lo único que a priori el profesor-cliente conocía sobre este tipo de formación era que existían cursos que se impartían mediante las nuevas tecnologías. Una vez finalizado el proyecto, el profesor-cliente conocía algunas de las posibilidades que las herramientas de autor ofrecen y tenía una idea clara de lo que puede ser un curso virtual. Por otro lado, su actitud hacia este tipo de cursos era de desconfianza. Esta actitud cambió al comprobar que aunque la creación de este tipo de cursos no es sencilla, con ellos se pueden obtener buenos resultados formativos.

4.3 Estructuras de Datos y Algoritmos II

Igual que en el segundo de los proyectos que se presentan, los contenidos se explicaron también en una clase presencia, pero en este caso previamente se utilizó una sesión de laboratorio con el prototipo. La realización del análisis del prototipo a desarrollar permitió tomar las siguientes decisiones: el tema se dividiría en dos subtemas cada uno de los cuales tendría un test previo y otro posterior para conocer el grado de aprendizaje del alumno. Además de la parte de teoría, cada uno de los subtemas tendría ejercicios de tipo test. Al igual que en la asignatura anterior, la herramienta escogida fue ToolBook II Instructor. En este caso tampoco la solución de gestión ofrecida por Click2learn se adaptaba a las necesidades identificadas por lo que se desarrolló un sistema específico para el módulo.

La implantación del prototipo para su prueba se realizó en uno de los laboratorios de la FISS. Debido a que la plataforma de desarrollo es la misma que en la asignatura anterior, las condiciones técnicas de instalación fueron las mismas. Es decir, la aplicación se accedía mediante la red interna de la facultad desde ordenadores de uno de los laboratorios en los cuales previamente se le había instalado el “plug-in” correspondiente. La prueba con los alumnos se realizó en mayo. En este caso se utilizó la misma fórmula que en la asignatura anterior para medir el aumento de conocimientos de los alumnos (tests previos y posteriores a la utilización del prototipo) y también rellenaron una encuesta en la que daban su opinión sobre el curso. Los resultados volvieron a ser positivos tanto respecto al aprovechamiento del prototipo como a la opinión de los alumnos sobre su utilización. La mayoría repetiría la experiencia y lo consideraban útil para aprender.

El tercer objetivo del proyecto de fin de carrera se obtuvo igual que en el caso anterior mediante dos encuestas al profesor-cliente. Este conocía algunos aspectos relacionados con la formación on-line, sobre todo cuestiones de evaluación. Al finalizar el PFC su aumento de conocimiento había sido fundamentalmente en tecnología (herramientas de autor etc.).

4.4 Resumen comparativo entre los casos de estudio

En la Tabla 7 se muestran algunos datos obtenidos de los análisis realizados para la adaptación de las tres asignaturas: presupuesto, número de usuarios finales, plazo de desarrollo, esfuerzo total en horas, dedicación del profesor-cliente, herramienta con la que se ha desarrollado el prototipo. Además podemos conocer el coste por usuario final, el coste por hora de trabajo y el ratio hora de trabajo / hora de clase presencial. Veamos algunas conclusiones relacionadas con el contenido de la tabla.

	PRESUP. (€)	Nº USU	PLAZO (meses)	ESF. TOTAL (h)	DEDIC. PROF. (h)	PRESUP/Nº USUARIOS (€/usu)	PRESUP/ Nº HOR. DES. (€/h)	H. DES./ H. PRES.
HAS	62.300	72	6	1.660	249 (15%)	865	37,5	21,4
MAC II	37.794	120	4	1.162	130 (11,2%)	315	32,5	26
EDA II	35.468	130	4	844	185 (22%)	273	42	19

Tabla 7: Resumen comparativo entre los casos de estudio

Para crear el contenido equivalente a una hora de formación presencial se necesitaron entre 19 y 26 horas de trabajo. Es decir, para conocer el número de horas de trabajo necesarias para adaptar una asignatura necesitamos multiplicar sus horas presenciales por 20 ó 30. Lo que refleja un coste de desarrollo alto. Además, si tenemos en cuenta que estas estimaciones corresponden a asignaturas seleccionadas en las que aunque no todos pero sí la mayoría de los contenidos están en formato informático, los costes de desarrollo obtenidos suponen una cota inferior.

Respecto a la dedicación del profesor-cliente, según los valores obtenidos en los distintos casos, entre un 10% y un 20% de las horas de trabajo totales corresponde a la labor realizada por el profesor-cliente. Teniendo en cuenta este dato, podemos decir que la implicación del profesor-cliente debe ser alta y se transforma en uno de los pilares fundamentales para el correcto desarrollo del proyecto.

Otro de los aspectos a destacar es el coste final del proyecto frente al número de posibles usuarios del mismo. Hemos de tener en cuenta que para las tres asignaturas el coste por hora de trabajo calculado es similar: el presupuesto calculado dividido por el número de horas de trabajo estimadas nos da valores entre 32 y 42 €/por hora. En el caso de asignaturas con un número elevado de posibles alumnos (entre 120 y 130) obtenemos que por cada usuario es necesario gastar unos 300 € y en el caso en que el número de posibles alumnos desciende a 72, unos 865 €. En este último caso el coste se multiplica casi por tres. Podemos decir que el número final de usuarios potenciales es un factor crítico a la hora de decidir la viabilidad económica del proyecto de adaptación.

Como cabía esperar, la relación más delicada entre los diferentes agentes de los proyectos (tutor, alumno responsable del desarrollo y profesor-cliente) ha sido entre estos dos últimos. El método de trabajo escogido ha sido igual en los tres casos: se han fijado reuniones periódicas con el fin de ir supervisando el trabajo. En vista de las actas de estas reuniones podemos deducir que un factor crítico de éxito ha sido la implicación o liderazgo del profesor-cliente. En un ambiente universitario sin infraestructura institucional como el que presentamos, no es suficiente que el profesor limite su tarea a la provisión de conocimientos y materiales. En la práctica se transforma en el elemento impulsor del proyecto frente al equipo de desarrollo. La explicación de esto la podemos obtener considerando las circunstancias en las que se plantea el trabajo: el alumno no tiene normalmente conocimientos previos como los que pudiera tener un desarrollador profesional y por otro lado, uno de los objetivos explícitos del PFC es el acercamiento del profesor a la utilización de las NTIC en su área de enseñanza lo que implica un compromiso mayor por su parte. Probablemente, en un proyecto “real” con un equipo multidisciplinar encargado de su desarrollo, el papel impulsor del profesor proveedor de contenidos no sería tan fundamental.

5 Conclusiones

Se ha presentado un modelo para la realización de un estudio de viabilidad para proyectos de creación de asignaturas universitarias on-line asimilándolo al desarrollo de un proyecto de fin de carrera en la Ingeniería Informática. La particularidad de este planteamiento exige la necesidad de un estudio previo para ajustar expectativas de los diferentes agentes implicados, de forma que pueda asegurarse la realización del

proyecto fin de carrera en los términos técnicos y temporales necesarios. Tras esta fase previa se siguen otras cinco fases de trabajo divididas en dos grupos: el desarrollo de un prototipo con parte de los contenidos de la asignatura y el diseño del curso completo.

Este planteamiento de estudiar la viabilidad de un proyecto mediante el análisis y la experiencia desarrollada en un PFC permite aprovechar sinergias obteniendo beneficios para todos los implicados. En primer lugar ha facilitado el éxito de los proyectos como trabajo de fin de carrera. El análisis previo de ajuste de expectativas y ubicación del proyecto ha permitido la satisfacción de los participantes, ya que conocían de antemano el grado de elaboración del producto a obtener. En este sentido, tanto alumnos como profesores han manifestado su satisfacción con la experiencia. Por otro lado, el método de trabajo definido ha posibilitado un desarrollo controlado del módulo formativo, favoreciendo la obtención de resultados intermedios que han llevado al logro de un producto probado con éxito. Al finalizar el proyecto el profesor-cliente tiene una idea clara de lo que puede esperar si se plantea crear contenidos on-line de alguna de sus asignaturas ya que conoce mejor las limitaciones y ventajas que esto conlleva. También tiene una idea aproximada del esfuerzo e inversión necesarios para transformar su asignatura presencial en un módulo virtual. El alumno realiza un proyecto de fin de carrera con un cliente real y en un área de actualidad, lo que le permite acercarse al mundo laboral aún más preparado tras aprender a gestionar las relaciones con un cliente participando de una experiencia docente diferente.

Como era previsible, de las experiencias desarrolladas se puede concluir que los diseños de las asignaturas completas tendrán elevados costes económicos y de trabajo e implicación, por lo que la rentabilidad de la puesta en marcha de este tipo de formación deberá ser cuidadosamente estudiada. Difícilmente a la vista de estos datos puede plantearse como adecuado un enfoque de innovación basada exclusivamente en la buena voluntad, motivación e iniciativa de los profesores. Más bien al contrario, es necesario concretar estrategias institucionales que permitan dotar de recursos adecuados a los proyectos escogidos según las prioridades establecidas por las direcciones universitarias.

6 Referencias

- [Bat 01] A.W. Bates; Cómo gestionar el cambio tecnológico: estrategias para los responsables de centros universitarios. Gedisa 2001
- [Bed 02] G. Bedialauneta; Análisis y planificación de un proyecto que adapte la asignatura Modelos Abstractos de Cómputo II para su impartición virtual. Proyecto de Fin de Carrera Dpto. LSI UPV/EHU 2002
- [BBS 03] M. Bermejo, J.M. Blanco; A. Sánchez; Aplicación de nuevas tecnologías a la enseñanza. Informe interno TR 5-2003 Dpto. LSI UPV/EHU 2003
- [LL 02] J. López, I. Leal; Cómo aprender en la sociedad del conocimiento. Ediciones Gestión 2000. Barcelona 2002
- [Mou 03] D. Moursund; Project-based learning using information technology. International Society for Technology in Education 2003

- [Mug 02] M. Múgica; Análisis y planificación de un proyecto que adapte la asignatura Estructuras de Datos y Algoritmos II para su impartición virtual. Proyecto de Fin de Carrera Dpto. LSI UPV/EHU 2002
- [Per 02] D. Pérez; Elaboración de un módulo de software educativo y concepción de un proyecto de tele-formación para una asignatura universitaria. Proyecto de Fin de Carrera Dpto. LSI UPV/EHU 2002
- [Tab 01] A. Tablado; Análisis comparativo de herramientas para la creación y gestión de cursos de formación. Proyecto de Fin de Carrera Dpto. LSI UPV/EHU 2001