

Aprendizaje Basado en Proyectos: Una experiencia de tres años en PXCISO

Luis Velasco, Carlos Villavieja, Xavier Martorell, Nacho Navarro
Departamento de Arquitectura de Computadores, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona España
{lvelasco, cvillavi, xavim, nacho}@ac.upc.edu

Abstract—El reto de la puesta en marcha de un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) tiene una serie muy amplia de implicaciones. Entre ellas está la introducción del aprendizaje basado en proyectos. En este artículo se describe cómo se ha diseñado una asignatura de proyectos, con el objetivo de dotar a los alumnos de ingeniería informática de un conjunto de competencias tanto técnicas como no técnicas.

Palabras clave: PBL, asignatura de proyectos, EEES, ECTS, FIB.

1 INTRODUCCIÓN

Mediante el EEES la Unión Europea trata de implantar una serie de actuaciones en todos los países de la unión, como son:

- Adoptar un sistema de titulaciones comprensibles y comparables en los sistemas educativos superiores europeos.
- Establecer un sistema basado en dos niveles, el primero pertinente para el mercado de trabajo europeo y el segundo como conductor hacia titulaciones de postgrado, tipo master y/o doctorado.
- Fomentar la movilidad de los estudiantes.
- Impulsar la cooperación europea para garantizar la calidad y desarrollar unos criterios y metodologías educativas comparables.
- Promover la dimensión europea de la educación superior.

Para llevar a cabo estas actuaciones, parece que la mejor forma de organizar los estudios de informática en la universidad española es a través de un primer ciclo de cuatro años de duración con un carácter generalista y que capacite al alumno para la obtención del título de Ingeniero en Informática con competencias y atribuciones profesionales. Este primer ciclo debe poder completarse con segundos ciclos o *masters*, que establezcan perfiles profesionales mucho más definidos y específicos. La medida de carga de trabajo se establece mediante el sistema europeo de transferencia y acumulación de créditos (créditos ECTS) [1]. Cada crédito ECTS equivale a 25 horas de trabajo para los estudiantes. Este trabajo no se limita exclusivamente a las horas de asistencia a clase, sino que también contempla el desarrollo de actividades y prácticas, el estudio personal y la asistencia a exámenes.

Todo esto acarrea la adopción de una nueva metodología docente:

- Asignaturas más prácticas. Fomento del trabajo en grupo o en equipo.
- Favorecer la discusión, la participación del estudiante y las exposiciones públicas.
- Estimular la capacidad de reflexión, de análisis y de crítica.
- Aprendizaje cooperativo.
- Aprendizaje basado en proyectos.

En 2003, la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB) [2] revisó su plan de estudios e integró nuevas asignaturas basadas en proyectos, una de las cuales fue *Projecte de Xarxes de Computadors i Sistemes Operatius* (PXCISO) [3]. En este artículo presentaremos el diseño que tiene actualmente la asignatura, describiremos algunos proyectos que han desarrollado los alumnos en este tiempo y pondremos de manifiesto algunas áreas de mejora.

2 DISEÑO DE LA ASIGNATURA

PXCISO es una asignatura obligatoria para la titulación de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas (ETIS) y optativa para la titulación de Ingeniería en Informática (EI). Es una de las últimas asignaturas que los alumnos cursan antes de obtener la titulación. Por lo tanto, se presupone que los alumnos que cursan PXCISO han adquirido una serie de conocimientos específicos previos a la realización de la asignatura. Es buen momento por tanto, de hacer que concluyan

esta etapa de su aprendizaje aplicando conocimientos teóricos de una forma práctica y adquiriendo un conjunto de habilidades y competencias propias del mundo laboral al que se van a enfrentar de forma inmediata.

2.1 Planes de estudios

Antes de comenzar PXCSO, los alumnos ya han cursado otras asignaturas y por lo tanto se presuponen un conjunto de conocimientos previos. Los más relevantes para PXCSO los adquieren en las asignaturas siguientes, las cuales son prerrequisito para PXCSO:

- *Sistemas Operativos*: En esta asignatura conocen los servicios y utilidades que ofrece un sistema operativo, así como la gestión de los recursos que ofrecen estos servicios. Saben las características básicas de las implementaciones de los conceptos anteriores en los sistemas Linux y Windows.
- *Redes de Computadores*. En esta asignatura conocen los conceptos básicos de las comunicaciones entre terminales conectados a una red, la pila de protocolos TCP/IP y la arquitectura de las redes de área local (LAN) y de área extensa (WAN). Conocen tanto los protocolos y algoritmos relacionados con las arquitecturas de red y la pila de protocolos TCP/IP, como los aspectos tecnológicos de las redes (planificación y diseño de una red de área local).
- *Redes de Computadores y Aplicaciones*: En esta asignatura conocen los ingredientes que intervienen en una red de computadores: a) las aplicaciones que hacen servir las redes de computadores, como la web, el correo electrónico, etc., y b) los niveles inferiores. Los diferentes tipos de redes y sus dispositivos y protocolos que permiten la comunicación eficiente de las aplicaciones.

En la Fig. 1 se muestra un esquema parcial de los planes de estudio de las titulaciones de EI y ETIS que se imparten en la FIB. Además, aparecen otras asignaturas de proyecto relacionadas que los alumnos pueden cursar (ETIS) o han de cursar (EI).

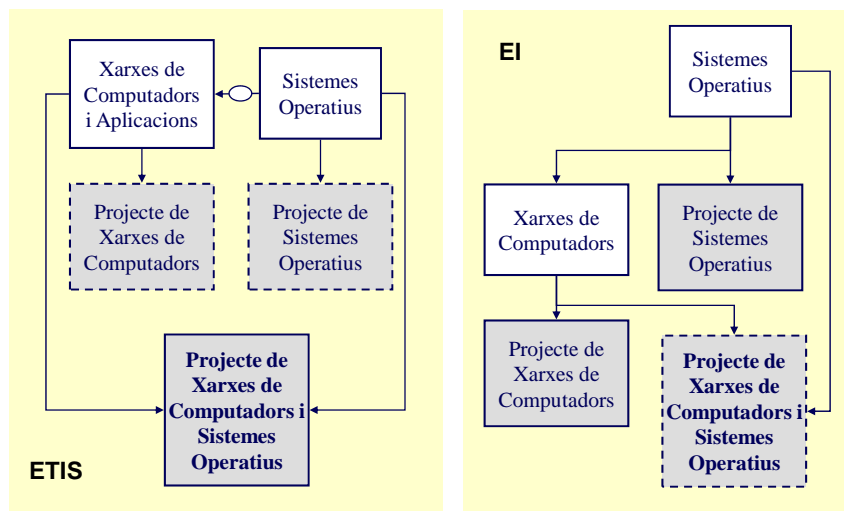


Fig. 1. Relación de PXCSO con otras asignaturas

2.2 Objetivos de la asignatura

Los objetivos de la asignatura se formulan mediante una lista de lo que el alumno debe saber al terminar el curso. El objetivo general de la asignatura es:

Que el alumno sea capaz de diseñar, configurar y mantener los servicios que precisa una organización sencilla en cuanto a los servidores, sistema operativo, sistema de ficheros, servicios, red local, aplicaciones en red, conexión a Internet, etc.,

- *sabiendo elegir entre varias alternativas para proporcionar nuevos servicios o proponiendo las modificaciones oportunas sobre servicios que ya se proporcionan, razonando las ventajas e inconvenientes de cada alternativa.*
- *conociendo cómo adaptar y ajustar las opciones de configuración de los servicios a las necesidades específicas.*
- *entendiendo cómo monitorizar y gestionar los elementos del sistema.*

Los objetivos específicos se estructuran en los conocimientos, las habilidades y las competencias que el alumno debe adquirir. La Fig. 2 muestra un cuadro resumen con los objetivos específicos de la asignatura.

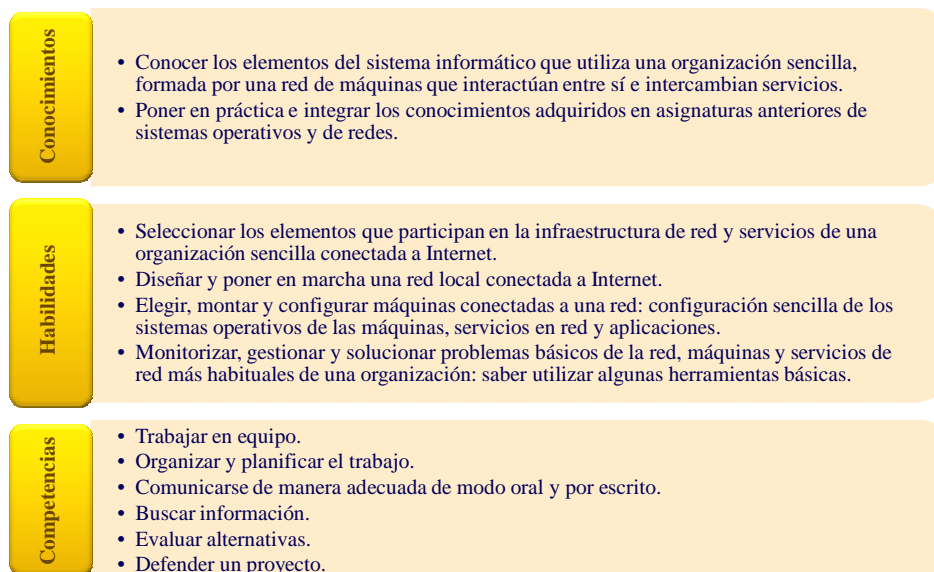


Fig. 2. Resumen de los objetivos específicos de PXCSO

2.3 Distribución de clases

La asignatura se distribuye en dos partes bien diferenciadas, las prácticas dirigidas y el proyecto.

- Las sesiones de prácticas dirigidas se realizan en grupos de dos alumnos y se vigila que no haya alumnos que trabajen de forma individual. Durante la sesión práctica, los dos alumnos de cada grupo deben completar un *Informe de Entrega*, entregándolo a través de la web de la asignatura antes de la fecha indicada en el enunciado. Hay 6 prácticas en total.
- El proyecto es la actividad principal de la asignatura. Consiste en la realización de un proyecto de integración e implantación de infraestructura de red, servicios y sistemas para una pequeña empresa conectada a Internet. Se realiza en grupos de entre 6 y 8 alumnos, en función del número de alumnos matriculados. El alcance concreto de cada proyecto es propuesto por el grupo de alumnos y es autorizado por un profesor. Dentro del grupo existen diversos roles y responsabilidades concretas que deberán ser asignados entre los miembros del equipo, por ejemplo: jefe de proyecto, ingeniero comercial, ingeniero de sistemas, ingeniero de redes, webmaster, ingeniero de seguridad, etc.

Cada equipo simula una empresa de consultoría a la que se le encarga el diseño de la red, la configuración de los servidores, la integración de las aplicaciones, etc. La empresa cliente es una “pequeña” empresa, un colegio, un cyber-café, una ONG, una comunidad de vecinos, un hospital, una biblioteca, etc., que se conecta a Internet a través de un proveedor de servicios de Internet (ISP) y que necesita disponer de una red interna separada y protegida.

2.4 Prácticas dirigidas

- Práctica 1 – Introducción a los laboratorios

Esta práctica tiene como objetivo introducir a los alumnos en el manejo de las estaciones de trabajo de los laboratorios donde se desarrollará la asignatura. Las estaciones de trabajo tienen instalado la distribución Ubuntu versión 6 del sistema operativo Linux. Esta sesión de trabajo tiene una estimación de 4 horas y los alumnos cubren todos los comandos del sistema para entender el funcionamiento total del sistema operativo en todas sus capas. Desde el manejo hardware hasta el manejo de los servicios de red y ficheros.

- Práctica 2 – Comunicación entre procesos

En esta práctica los alumnos parten de un ejemplo cliente-servidor programado en C con sockets y a través de diferentes preguntas van modificando los ejemplos para entender las llamadas a sistema relacionadas con la comunicación de procesos mediante sockets. De esta manera, más adelante cuando utilizan comandos del shell o del sistema (nslookup, dig, ping, etc) tienen una visión vertical de lo que sucede en el sistema y les permite poder analizar de forma más rigurosa todo los procesos de comunicación. Esta sesión de trabajo tiene una estimación de 12 horas.

- Práctica 3 – Instalación y Configuración de la red

A través de una serie de preguntas el alumno en esta práctica reconoce los diferentes niveles siguiendo el modelo ISO/OSI. En los primeros ejercicios los alumnos deben construir cables para luego montar su propia red entre varios equipos. Cada equipo dispone de varias tarjetas de red y además se les provee con un router y un switch. Mediante los comandos aprendidos en las dos prácticas anteriores pasan a configurar su propia red privada y usar la conexión original de su equipo como puerta de enlace hacia Internet. Por último, en esta práctica se les introduce al uso de iptables como herramienta del kernel de Linux que puede ser configurada como cortafuegos, para el filtrado y reenvío de paquetes. Este último punto es de mayor complejidad pero es muy útil de cara a la parte final de la asignatura, el proyecto. Esta sesión de trabajo tiene una estimación de 12 horas.

- Práctica 4 – Programación con threads

Del mismo modo que en la práctica 2, a los alumnos se les entrega un programa de ejemplo de uso de threads y se les solicita que lo modifiquen y hagan una evaluación de rendimiento comparándola con el rendimiento de una versión secuencial del mismo problema. Del mismo modo, se les pide que estas dos versiones del programa se prueben en una máquina monoprocesador y en una máquina multiprocesador o multicore. Esta sesión de trabajo tiene una estimación de 7 horas.

- Práctica 5 – Aplicaciones web

Una vez los alumnos tienen un conocimiento amplio del sistema operativo y llamadas al sistema, los introducimos en el desarrollo de una aplicación web. Mediante el gestor de paquetes de la distribución y manualmente, deben instalar los paquetes Apache, Tomcat y mysql para poner en marcha una aplicación ya desarrollada, que se les suministra. Esta práctica incluye la instalación de las herramientas, la importación de código y datos y la puesta en marcha del sistema. Esta sesión de trabajo tiene una estimación de 7 horas.

- Práctica 6 – Seguridad

Con las prácticas anteriores los alumnos deben ya disponer de un conocimiento exhaustivo de la red y las estaciones de trabajo donde se realiza la asignatura, así como los pasos para instalar nuevas aplicaciones, monitorizarlas y detectar errores. En esta práctica, ampliamos estos conocimientos aplicándolos con respecto a la seguridad del sistema. Mediante una serie de preguntas se evalúa cada uno de los componentes de la red y la estación de trabajo (passwords, configuración de red, posibles ataques, DNS, phishing, etc). Algunos de los ejercicios son simular alguno de estos ataques que las redes sufren en la actualidad como phishing o un ataque de “man in the middle”. Esta sesión de trabajo tiene una estimación de 12 horas.

2.5 Proyecto PXCSO

El proyecto de la asignatura consiste en ofrecer una solución tecnológica completa aplicando los conocimientos ensayados durante las prácticas dirigidas. Para la realización del proyecto se preparan grupos de 6 a 8 alumnos y junto con el grupo de profesores, cada grupo analiza y da solución a un problema de una empresa ficticia. El profesorado intenta que el problema sea factible para un plazo de 5 semanas, que es la duración del período de cuatrimestre restante. A cada uno de los grupos o proyectos se le asigna un tutor dentro del grupo de profesores, el cual actúa como cliente y como asesor. Cada uno de los alumnos dentro del grupo realiza un determinado rol. Para ello, en la fase de definición del proyecto los alumnos escogen un posible rol (jefe de proyecto, comercial, ingeniero de redes, ingeniero de sistemas, ingeniero de seguridad entre otros).

El proyecto incluye toda la gestión (económica, recursos humanos, proveedores, etc.) que cualquier proyecto empresarial de estas índoles debe tener. Estructuramos el proyecto en tres fases.

- a) *Fase de definición:* En esta fase se realiza un análisis de requerimientos y un presupuesto junto al tutor y se termina la fase mediante una presentación por parte del alumno con rol de comercial al resto de grupos exponiendo el problema, un esbozo del trabajo a realizar y un presupuesto.
- b) *Fase de desarrollo:* En esta fase bajo la dirección del alumno con rol de Jefe de Proyecto, se realizan las actividades planteadas inicialmente. Para ello los grupos crean un diagrama de Gant y se reúnen semanalmente para controlar el progreso de su trabajo y detectar los puntos críticos. Del mismo modo, los alumnos se reúnen en los laboratorios para el desarrollo.
- c) *Fase de presentación:* En esta fase los alumnos realizan una demostración práctica de un prototipo en el laboratorio al tutor, donde se les pregunta sobre cada uno de las partes del proyecto, la gestión del proyecto y cada uno de los problemas que han tenido a lo largo del desarrollo, montaje y puesta en marcha. Al acabar los alumnos generan una breve documentación del proyecto y preparan una presentación pública donde cada uno de los componentes del grupo explica una parte del proyecto al resto de los alumnos de todos los grupos. Al acabar esta presentación, el resto de alumnos preguntan a sus compañeros cuestiones técnicas y de gestión del proyecto.

2.6 Planificación de la asignatura

PXCSO tiene asignados 7,5 créditos (6 créditos ECTS), equivalentes a una carga de trabajo de 150 horas. En la FIB, el período durante el que se imparten clases en cada cuatrimestre es de 14 semanas completas. Sin embargo, debido a la existencia de días festivos entre semana y de otras circunstancias imprevisibles, se ha planificado la asignatura asumiendo que el cuatrimestre dura 13 semanas completas. De esta forma se dispone de un cierto margen de maniobra. De esta manera, la carga de trabajo semanal será de unas 12 horas. La Fig. 3 muestra la planificación de la asignatura a lo largo de un cuatrimestre.

Semana	Actividad	Comentarios
1	Presentación de la asignatura. Sesión Práctica 1	Equipos de 2 alumnos
2	Sesión Práctica 2	
3	Sesión Práctica 3	
4	Sesión Práctica 4	
5	Sesión Práctica 5	
6	Sesión Práctica 6	
7	Presentación de los objetivos de los proyectos	Los alumnos se organizan en grupos, se asignan roles, identifican el cliente y sus necesidades. Diseño de la solución.
8	Tutorización Presentación de fichas de proyectos	
9	Seguimiento y tutorización	Desarrollo del Proyecto. Los alumnos montan, instalan, configuran, prueban, documentan, etc. Al final, hacen una demostración del proyecto al tutor.
10	Seguimiento y tutorización	
11	Seguimiento y tutorización	
12	Demostración del proyecto	
13	Preparación de las presentaciones finales Presentaciones finales de los proyectos	Cada grupo prepara de la presentación final de su proyecto al resto de la clase y profesores de la asignatura.

Fig. 3. Planificación de la asignatura

2.7 Evaluación

El sistema de evaluación para esta asignatura se basa en los siguientes principios:

- Evaluación individual*: La evaluación del proyecto es individual, basada en las entrevistas con el tutor, trabajo individual, trabajo en equipo, rol asignado dentro del equipo, demostración del proyecto, presentación del proyecto, etc.
- Evaluación continua*: Se realiza un seguimiento de cada alumno a lo largo de toda la asignatura, desde la fase de prácticas dirigidas hasta la presentación final del proyecto.

Para el cálculo de la nota final se aplican los siguientes pesos:

- Informes de entrega de las prácticas dirigidas: 40%.
- Seguimiento del proyecto (entregas intermedias y reuniones de gestión): 20%.
- Documentación y defensa del proyecto: 40%.

3 EJEMPLOS DE PROYECTO

Durante el tiempo que lleva la asignatura vigente en el plan de estudios, se han presentado alrededor de 40 proyectos diferentes dando soluciones tecnológicas desde comunidades de vecinos, centros docentes, hoteles hasta empresas de tamaño pequeño mediano de una gran variedad de sectores (transporte, comunicaciones, turismo, ocio, logística, etc.).

Un ejemplo significativo de proyecto fue el que realizó uno de los grupos, denominado Holidays Technologies. Holidays Tech diseñó e implementó la infraestructura tecnológica necesaria para un hotel. Esta infraestructura incluye (Fig. 4):

- Diseño de la red (red desmilitarizada, red interna y red inalámbrica).
- Aplicaciones Open Source para la gestión de habitaciones y el bar de la piscina.
- Seguridad entre cada una de las redes, especialmente la red sin cables.

Es un proyecto significativo, ya que combinó diferentes tecnologías a nivel de hardware y software. Según el presupuesto inicial y mediante una correcta gestión del proyecto, los alumnos de este grupo alcanzaron una rentabilidad en la ejecución por encima del 30%.

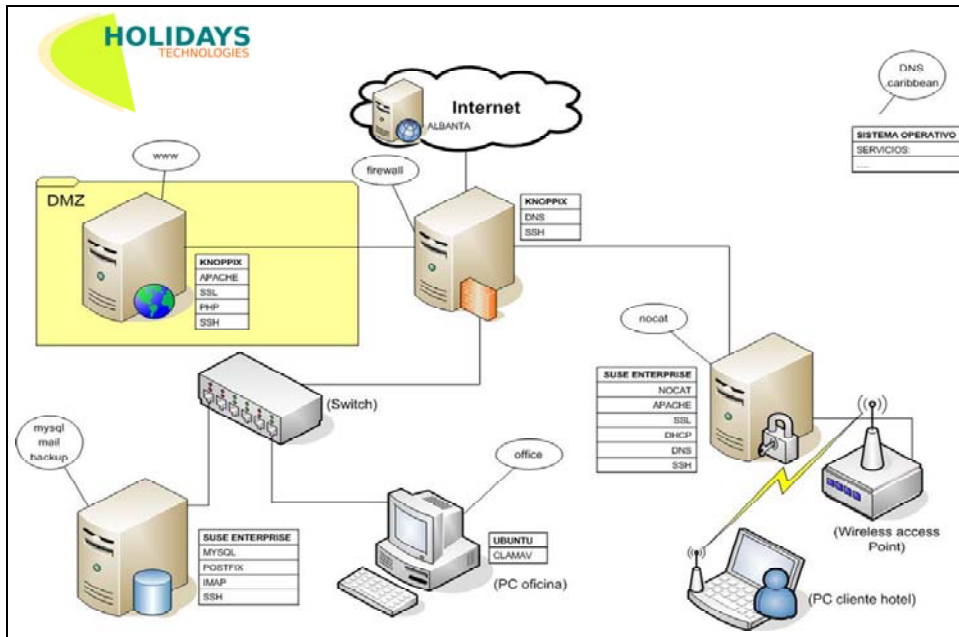


Fig. 4. Ejemplo de proyecto centrado en redes

Otro ejemplo no menos significativo fue el del grupo denominado NetSystems (Fig. 5). Entre otros servicios, NetSystems construyó la infraestructura capaz de ofrecer servicios de telefonía IP a un grupo hotelero. Además, se implementó un sistema de alta disponibilidad formado por un servidor primario, uno secundario o de respaldo y un sistema de redirección de peticiones hacia el servidor activo.

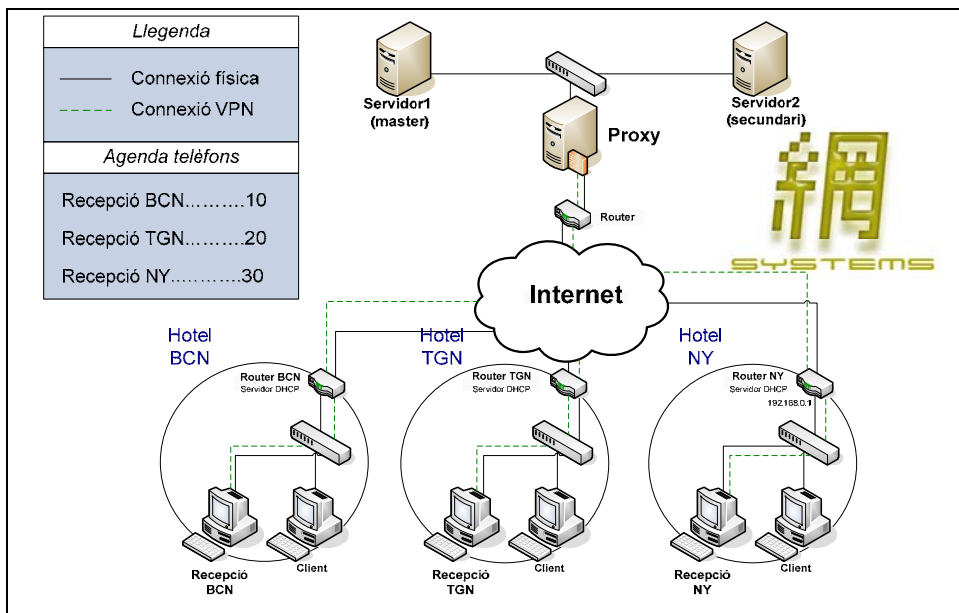


Fig. 5. Ejemplo de proyecto centrado en servicios

4 CONCLUSIONES

Desde su puesta en marcha, los profesores que forman y han formado parte de la asignatura de PXCISO, han intentado crear una asignatura que aunara tres componentes formativos principales:

- Componente teórico base. En nuestro caso, esta componente tiene poco peso ya que los alumnos deberían haber aprendido muchos de los conceptos necesarios en asignaturas precedentes. Por este motivo no introducimos demasiados conceptos nuevos. En la práctica, encontramos que esta afirmación no es el todo cierta.
- Componente práctica, fundamental en estudios de ingeniería. Éste es uno de los puntos fuertes de la asignatura. Los alumnos saben instalar sistemas operativos, aplicaciones, diseñar redes, realizar pequeños desarrollos, etc. Sin embargo, en PXCSO ponen en práctica todos estos conocimientos y habilidades y los dirigen hacia un objetivo común.
- Componente de trabajo en equipo y gestión de proyectos. Si bien algunos estudiantes pueden haber cursado asignaturas relacionadas con la gestión de proyectos, en esta asignatura se trabaja en equipo. Los estudiantes asumen roles, trabajan de forma cooperativa hacia un objetivo común, “pierden” o “ganan” dinero con su trabajo, entienden la visión de un cliente, defienden el trabajo realizado y realizan presentaciones en público.

En PXCSO intentamos reproducir el escenario en el que se van a desenvolver los alumnos al final de sus estudios, el mundo empresarial. Desde el contacto con un posible cliente y la creación de una oferta comercial hasta la implantación, documentación y en muchos casos mantenimientos de la solución ofrecida. Es también una experiencia única porque entre los alumnos se crea una estructura de roles y responsabilidades habitual en las empresas, sean o no empresas relacionadas con tecnología.

Para finalizar, PXCSO es una asignatura en continua evolución. De cara a próximos cuatrimestres tenemos prevista la implantación de una serie de mejoras en los siguientes apartados:

- *Evaluación:* Dentro de un grupo de proyecto de entre 6 a 8 estudiantes, hay alumnos que trabajan más y alumnos que trabajan menos y se intentan camuflar dentro del grupo. El profesor tutor del grupo tiene una idea del trabajo que realiza cada estudiante, si bien es cierto que algunas veces no se ajusta a la realidad tan fielmente como nos gustaría. Para mejorar este aspecto y tener una visión ajustada de la realidad, estamos pensando en diseñar algún tipo de encuesta.
- *Informes de entrega de las prácticas.* Aunque las prácticas dirigidas están diseñadas para repasar conceptos, muchas veces los conceptos son nuevos para los alumnos. Por este motivo, estamos estudiando alternativas para mejorar los Informes de Entrega. Una de las alternativas podría ser la utilización de la plataforma de soporte a la docencia Atenea [4].

REFERENCIAS

- [1] European Credit Transfer and Accumulation System: http://ec.europa.eu/education/programmes/socrates/ects/index_en.html.
- [2] FIB: <http://www.fib.upc.edu/ca/>.
- [3] PXCSO: <http://www.fib.upc.edu/ca/Estudis/Assignatures/PXCSO.html>
- [4] Plataforma Atenea: <https://atenea.upc.edu/moodle/login/index.php>.