

Aplicación y Evaluación del Estudio de Casos como Técnica Docente en el Área de Ingeniería Telemática

E. Gómez Sánchez, Y.A. Dimitriadis, J.I. Asensio Pérez
M. Rodríguez Cayetano, M.L. Bote Lorenzo, G. Vega Gorgojo
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática.
ETSI Telecomunicación, Universidad de Valladolid
Camino del Cementerio, s/n 47011 Valladolid
Teléfono: 983 42 36 66 Fax: 983 42 36 67
E-mail: {edugom,yannis,juaase,manrod,migbot,guiveg}@tel.uva.es

***Abstract.** This paper discusses some experiences on using case studies in courses of Telematics Engineering. In one course a “learn by design” project is carried out, that promotes the development of abilities for searching information, arguing and taking decisions. Moreover, students have stronger motivation and achieve deeper learning of domain concepts, succeeding in exams. After four years applying and evaluating this project, case studies experiences have been proposed for two other courses, with significant differences that required different approaches to the application of case studies. All these experiences suggest a general methodology to define, use and evaluate a case study as an innovative educational technique, which is described in the paper.*

1 Introducción

La docencia en las asignaturas del área de Ingeniería Telemática, como en general en cualquier otra disciplina de ingeniería, está afectada por una aparente contradicción: por una parte tiene un fuerte carácter *aplicado*, es decir, no debe bastar con que el alumno conozca e incluso comprenda perfectamente unos conceptos, sino que se espera que pueda resolver problemas mediante su aplicación; por otra, la *abstracción* es necesaria para no reducir la ingeniería a artesanía [6] y conseguir que el alumno vislumbre soluciones nuevas a problemas que nunca antes se le han planteado.

Con esta visión, la utilización tradicional dada a los créditos prácticos de asignaturas de ingeniería puede presentar serias limitaciones. Las clases de pizarra en las que el profesor presenta soluciones a varios *tipos* de problemas no fomentan la actividad creativa de los alumnos, puesto que se les induce a pensar que el conocimiento de los patrones de solución (las “recetas”) es suficiente, y no trabajan relacionando conceptos teóricos abstractos con el problema a resolver. Además, este tipo de problemas suelen estar desconectados del mundo real y restringidos a la disciplina de una asignatura, cuando problemas más realistas ayudarían a conectar en la estructura mental del alumno los conceptos presentados en muchas asignaturas, no sólo tecnológicas. Por otra parte, las prácticas en laboratorio suelen fomentar un mayor grado de creatividad, pero también se restringen habitualmente a escenarios específicos de una asignatura en los que no hay conexión con otros dominios de conocimiento. Por último, existen otras habilidades (manejar documentación dispersa y seleccionar lo importante, criticar soluciones propuestas por terceros, argumentar sobre soluciones

a problemas abiertos, hacer y aceptar críticas, llegar a soluciones de compromiso, generar documentos de resumen concisos y correctamente estructurados) que son escasamente fomentadas por la educación tradicional, pese a que su necesidad es reconocida tanto en el mundo académico como profesional.

En este sentido, resulta interesante observar que organismos internacionales como ACM o IEEE publican recomendaciones sobre la organización de programas de ingeniería, en los que esta orientación está presente. Por ejemplo, [10] recomienda que un curso de *Redes y Telecomunicaciones* debe “proporcionar conocimiento de las comunicaciones de datos [...]. El énfasis se dará al análisis y diseño de redes y aplicaciones en red. El análisis coste-beneficio [...] también es evaluado. Los estudiantes deben aprender a evaluar, seleccionar e implementar diferentes opciones de comunicación para una organización”. Otra recomendación general, el *Computer Curricula 2001*, plantea que “los alumnos [una vez graduados] deberán presentar capacidades y habilidades que incluyen la capacidad de tener perspectiva de sistema, de abstracción y particularización, adaptabilidad, capacidad de participar en proyectos software no triviales. Para fomentar estas habilidades resulta conveniente plantear a los alumnos casos de estudio que puedan abordar con un cierto grado de libertad [...] para madurar como futuros ingenieros” [1]. Finalmente, también el proceso de convergencia hacia el espacio común europeo promueve una etapa inicial de estudios destinada principalmente a la adquisición de habilidades básicas, de “aprender a aprender”, para prepararse para una formación continua a lo largo de la vida.

En realidad, muchas de estas observaciones son válidas en cualquier entorno de aprendizaje, no

estrictamente los de ingeniería. Por ello, se ha sugerido la aplicación de otras técnicas docentes que fomenten estas habilidades, lo que se ha llevado a cabo en distintos niveles educativos y disciplinas [2].

El *estudio de casos* es una de estas técnicas, que enfrenta al alumno con un problema real, que debe comprender, para proponer y discutir una solución. Esta técnica fomenta las capacidades de análisis, aplicación de conocimiento, toma de decisiones, además de incrementar notablemente la motivación del alumno. El estudio de casos suele desarrollarse mediante el trabajo en grupo. El *aprendizaje colaborativo* es un paradigma educativo en el que se pueden situar múltiples técnicas, todas orientadas al aprendizaje del alumno, apoyándose en el hecho de que el trabajo con iguales, dentro del grupo social, permite una mejor selección, comprensión e interiorización de conocimientos [5].

En cualquier caso, la aplicación de estas técnicas tiene notables dificultades: un caso de estudio inadecuado (por ser demasiado complejo o poco versátil) no permitirá el aprendizaje de los alumnos ni fomentará habilidades en ellos, sino que les hará perder tiempo y les causará frustración. Por ello la elección de los casos de estudio es crítica, así como la evaluación del éxito de la experiencia, destinada a corregir aquellos aspectos que impidan o dificulten el aprendizaje, como la dificultad del caso, la falta o exceso de información, el papel del profesor o la carga de trabajo.

En este artículo se discute una metodología para la aplicación del estudio de casos a asignaturas del área de Ingeniería Telemática. En estas asignaturas los alumnos encuentran dificultades para relacionar los conceptos abstractos con la práctica, por lo que un replanteamiento de las actividades prácticas podría ser beneficioso. Además, en la disciplina tienen mucha importancia las habilidades relacionadas con el diseño de soluciones para problemas abiertos, por lo que las distintas variantes del estudio de casos podrían ser adecuadas. Esta metodología se ilustra con tres experiencias en la ETSIT de la Universidad de Valladolid. Uno de los diseños educativos propuestos está relativamente maduro y puede servir como patrón para diseños posteriores pero, como se discutirá con otras experiencias, es necesario contemplar las restricciones específicas de cada asignatura y de sus objetivos de aprendizaje. Se espera que este estudio pueda servir como punto de partida para una discusión más amplia sobre la viabilidad y condiciones de éxito del uso de estas técnicas educativas dentro del área.

Antes de relatar estas experiencias, en la sección 2 se presentan con mayor amplitud las características del estudio de casos, relacionándolo con otras técnicas docentes, y haciendo hincapié en las necesidades docentes en ingeniería. La sección 3 presenta tres experiencias muy distintas. Una de ellas lleva aplicándose y refinándose cuatro años, y ha sido

ampliamente evaluada, por lo que puede aportar muchos consejos útiles para el diseño docente. Las otras dos se han aplicado sólo durante un año, pero con diferencias notables entre ellas. Finalmente, la sección 4 recapitula con una visión general y unas reflexiones para el futuro.

2 El estudio de casos como técnica docente

El estudio de casos es una técnica de aprendizaje con la que el alumno se enfrenta a un problema concreto, el *caso*. Para resolver el caso el alumno debe ser capaz de analizar los hechos y los conocimientos referentes a las disciplinas relacionadas, y tomar decisiones razonadas a través de un proceso de discusión, que idealmente debería ser con sus *pares*, es decir, con otros alumnos. Mediante esta técnica el alumno interioriza mejor los conocimientos de la disciplina, al relacionarlos con el mundo real, pese a que por lo general el alumno es expuesto a un menor número de conocimientos que en una clase magistral. Además, el alumno desarrolla o potencia habilidades como la capacidad de organizar la información, de sintetizar, de argumentar o de llegar a consensos. Es además un hecho conocido que la motivación del alumno suele ser mucho mayor [10]. Ahora bien, para que un caso sea útil para el aprendizaje debe seleccionarse con cuidado, intentando que el caso tenga las siguientes características [10]:

- El caso debe plantear una *situación real, pero abordable*. Idealmente, el caso debería ser muy conocido por el profesor, por lo que podría estar tomado de su investigación, siempre que esta tenga relación con la asignatura.
- El caso debe ser *claro y comprensible*, pero no debe sugerir una solución obvia. De hecho, lo ideal es que puedan proponerse varias soluciones válidas, incluso a partir de interpretaciones distintas de los alumnos.
- A pesar de lo anterior, *la información importante y la secundaria deben aparecer mezcladas*, y el alumno debe seleccionar la que considere útil. Esto es una característica de los problemas reales, y sin embargo los enunciados de los problemas académicos frecuentemente listan los datos relevantes, por lo que el alumno no aprende a seleccionar la información útil.
- El caso debe poder *resolverse en un tiempo limitado*, de forma que los alumnos perciban la viabilidad del caso y al mismo tiempo consideren el tiempo como una restricción adicional en la selección de soluciones.
- Por supuesto, el caso debe *poder ser resuelto utilizando conocimientos al alcance del alumno*, típicamente presentados en la asignatura en cuestión, pero también de sus estudios anteriores

en la titulación. De esta forma se garantiza que el alumno aprende los conocimientos y los relaciona entre sí.

Todos estos aspectos permiten intuir que la preparación de un estudio de caso es mucho más compleja para alumnos con conocimientos más reducidos. No obstante, es interesante plantear que el estudio de casos no tiene por qué conllevar necesariamente el diseño de una nueva solución. Las siguientes alternativas son posibles:

- *Comprensión del problema:* Se describe un escenario y se espera que los alumnos sepan identificar los problemas existentes y sus causas. Se busca averiguar “qué va mal y por qué”
- *Diseño de una solución:* Se describe el escenario, indicando el problema y las causas, y se espera que los alumnos sepan proponer soluciones, analizando sus ventajas y desventajas. Se busca encontrar “cuál es la mejor solución y por qué”.
- *Análisis de soluciones:* Se describe el escenario, y se muestran varias soluciones predefinidas, y se espera que el alumno encuentre criterios para optar por una de ellas. Se busca encontrar “si las soluciones propuestas resuelven el problema y cómo se ponen en práctica”.

Estos tres tipos de estudios de caso requieren distintos conocimientos previos y esfuerzo creativo. En un análisis de soluciones, lo más cercano a un problema académico, el alumno sólo debe elegir entre una de las varias soluciones, pero no proponer creativamente ninguna, ni tampoco averiguar el problema. No obstante, si el caso es real el aprendizaje es mayor que en un ejercicio académico clásico. En el otro extremo, el diseño de soluciones requiere la acción además de la reflexión, por lo que el esfuerzo es mucho mayor, pero también el nivel de interiorización de los conocimientos.

3 Experiencias con estudios de casos

3.1 Metodología propuesta

De lo expuesto hasta ahora parece claro que la selección y desarrollo de un estudio de caso es una labor compleja. Para poder plantear con éxito una actividad de este tipo es necesario llevar una metodología. Tras la aplicación del estudio de casos durante cuatro años en una asignatura, descrita en la siguiente sección, se puede extraer la siguiente metodología, que ha servido para plantear las otras dos experiencias descritas en este artículo:

- *Se comprende el contexto de la asignatura* (madurez de los alumnos, especificidad de los contenidos, carácter práctico, relaciones con otras asignaturas, horas disponibles) para estudiar la viabilidad de la técnica.

- *Se formulan los objetivos de aprendizaje* para el estudio de casos (incluyendo contenidos teóricos así como habilidades de trabajo). Es necesario evaluar si esos objetivos se pueden conseguir mejor con estas técnicas. Por ejemplo, para disciplinas intrínsecamente abstractas no resulta muy adecuado el planteamiento de un estudio de caso.

- *Se elige y elabora el caso.* El caso debe cumplir con los requisitos mencionados anteriormente (real, sin solución obvia, abierto a discusión, con información de diversas fuentes). Después se prepara documentación para los alumnos, que pueden ser textos originales de otras fuentes. Se deben sopesar los problemas que los alumnos puedan encontrar, y pensar soluciones. Además, se debe determinar el tiempo en el que se debe resolver el caso, y la documentación que los alumnos deben generar.

- *Se desarrolla el caso con los alumnos.* Idealmente, los alumnos deben trabajar en grupos pequeños, pero no individualmente. Es muy importante que el profesor de el apoyo suficiente para que los alumnos no se sientan superados por la complejidad del problema, aunque no debería proporcionar soluciones, o expresar preferencias por alguna, porque inhibiría el trabajo creativo de los alumnos y la discusión.

- *Se realiza la evaluación formativa del proceso,* que permite la toma de decisiones de mejora a lo largo del mismo proceso, o para el futuro. La evaluación puede realizarse a partir de muchas fuentes de datos: encuestas individuales o en grupo, entrevistas con voluntarios, observación de la dinámica de la clase por una persona ajena a la asignatura... Por supuesto, tanto recoger como estudiar todos estos datos puede ser muy costoso, y aproximaciones más modestas pueden ser igualmente válidas. En las experiencias de aplicación de estudio de casos de las secciones siguientes se detallan los procedimientos de evaluación utilizados o propuestos.

Esta metodología se ha aplicado a varias asignaturas del área de Ingeniería Telemática, de la que se describen a continuación tres casos significativos. Los motivos para la elección de estas asignaturas son de distinto tipo:

- Por una parte, los profesores que las imparten pueden intercambiar fácilmente sus problemas y experiencias, y relacionarlas con las limitaciones detectadas por una Comisión de Mejora de la Docencia creada en el área (en la ETSIT de Valladolid [11]). Además, muchos de estos profesores pueden aprovechar la experiencia de trabajo en grupos multidisciplinares con profesores de la Facultad de Educación, surgida a

partir de la investigación en Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Ordenador (CSCL).

- Por otra parte, las asignaturas tienen características diversas, lo que obligará a adaptar la metodología: hay troncales y optativas, en las que la motivación inicial difiere; están en primer, tercer y cuarto curso, con lo que el nivel de madurez de los alumnos es muy distinto; también varía mucho el número de alumnos (desde 40 hasta 300).

La tabla 1 resume las características más relevantes de las asignaturas, así como las propuestas formuladas para el uso de estudio de casos en ellas, como se detalla en las siguientes secciones.

3.2 Ejemplo 1: Arquitectura de Ordenadores

La asignatura *Arquitectura de Ordenadores* es troncal y en el plan de estudios de Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad de Valladolid está en cuarto curso, con 3 créditos teóricos y 6 prácticos. Siguiendo la metodología propuesta en la sección anterior, además de los datos mencionados conviene profundizar en el *contexto de la asignatura*, para evaluar la viabilidad del estudio de casos para sus créditos prácticos [11]:

- Concluye una rama de asignaturas en las que se han estudiado conceptos básicos de arquitectura de ordenadores, sistemas operativos, y también es posterior a otras en las que se estudian redes de datos, o economía. Así, los alumnos disponen de un abanico de conocimientos que es posible integrar y relacionar con un estudio de casos.
- Los alumnos se acercan al final de la titulación, y esperan actividades más relacionadas con el mundo real.
- La disciplina se presta al diseño y al análisis de alternativas. De hecho, uno de los libros básicos para la asignatura [8] promueve la evaluación cuantitativa y la comparación. La disciplina transmite que no hay solución mejor de forma absoluta, y que hay que buscar compromisos.
- El número de alumnos no es muy elevado, y parcialmente han desarrollado algunas de las habilidades perseguidas.
- El equipo docente lleva impartiendo esta asignatura de manera estable durante varios años.

Con estas condiciones, parece viable plantear un estudio de casos. No obstante, antes hay que formular los *objetivos de aprendizaje* para ella:

- En cuanto a los contenidos, los alumnos deben conocer y *comprender* la organización habitual

de un ordenador, las relaciones entre subsistemas, así como las técnicas para aumentar el rendimiento de cada uno de ellos. Igualmente, los alumnos deben *comprender* las distintas aproximaciones a la organización de sistemas operativos, y las técnicas básicas para las funciones más importantes de éstos.

- En cuanto a las habilidades más directamente relacionadas con los contenidos, se espera que los alumnos puedan *aplicar* los conocimientos anteriormente mencionados para diseñar y evaluar distintas soluciones informáticas.
- Por último, hay un conjunto de habilidades de ámbito mayor, que los alumnos deben haber desarrollado al terminar la titulación. No son, por lo tanto, objetivos específicos de esta asignatura, pero en ella se incluyen explícitamente. En particular, se presta atención a la selección de información, la colaboración como compartición de información así como debate (crítica y aceptación de críticas) y la elaboración de informes.

Con estos objetivos, se *eligen los casos y se detalla la técnica docente*. En esta asignatura se desarrolla desde hace cuatro años un *proyecto de diseño y evaluación* a lo largo de todo el cuatrimestre, utilizando la mayor parte de los créditos prácticos. En este proyecto, los alumnos trabajan en parejas asumiendo los roles de consultores y fabricantes que deben asesorar a un cliente sobre la adquisición de un sistema informático para sus necesidades. El profesor adopta por momentos el papel de cliente y el de director del equipo de consultores. En realidad en cada curso existen cinco clientes distintos, también diferentes de los de otros cursos, con lo que hay lugar para el contraste de soluciones. La elección de los casos se hace a partir de hechos de actualidad tecnológica (*Deep Blue Junior* sugiere un caso de juegos), de la literatura técnica (casos de computación ubicua), o de la investigación propia (un sistema distribuido para CSCL). Esta última aproximación a la selección de casos ayuda a realimentar mutuamente docencia e investigación.

El *desarrollo del proyecto* es aproximadamente el siguiente:

- El cliente describe su problema y formula unos deseos relativamente vagos (primer enunciado entregado a los alumnos). Los consultores deben averiguar más acerca de las necesidades del cliente. Deben traducir los requisitos del problema en requisitos técnicos o de producción. Durante este periodo los alumnos van estudiando los conceptos teóricos iniciales, pero desarrollan la habilidad de manejar información dispersa e incompleta.
- Los consultores hacen una primera propuesta para la CPU del sistema del cliente. Deben

Tabla 1: Resumen de las características más relevantes de las asignaturas para las que se han propuesto estudios de caso.

Asignatura	Contexto	Objetivos de aprendizaje de la actividad	Actividad	Observaciones
<i>Arquitectura de Ordenadores</i>	Troncal, 4º curso, 100 alumnos, última de bloque	Alternativas del diseño de CPU, memoria, E/S, SSOO Selección de información, metodología de evaluación, colaboración, capacidad crítica, elaboración de informes, planificación del trabajo	Proyecto de diseño y evaluación de sistema informático	Solidez en los conocimientos de la disciplina Habilidades potenciadas: redacción de informes, selección de información, argumentación y discusión. Motivación muy alta Mucha carga de trabajo
<i>Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios</i>	Troncal, 1º curso, 300 alumnos, primera de bloque	Alternativas en el diseño de una red de datos Selección de información, capacidad crítica	Estudio y discusión de las soluciones propuestas para dos redes universitarias	Sin evaluar
<i>Ingeniería de Software</i>	Optativa, 3º curso, 40 alumnos, pocas asignaturas relacionadas	Metodología UP y notación UML Selección de información, capacidad de abstracción, planificación del trabajo	Modelado de análisis y diseño dentro de un proyecto software	Sin evaluar

justificarla en función de los requisitos encontrados (no sólo técnicos) y de las tecnologías disponibles. Las propuestas y su evaluación se hacen públicas y los alumnos discuten las diferencias de soluciones para el mismo cliente y para distinto cliente. Durante todo este proceso se están desarrollando buena parte de las habilidades mencionadas en la sección 1 (búsqueda de soluciones de compromiso, defensa argumentada de las soluciones, aceptación de críticas, búsqueda de soluciones de compromiso...). Al terminar esta etapa generan un informe que debe ser formal y estructurado.

- Los consultores revisan su propuesta de CPU y añaden un diseño de jerarquía de memoria. De nuevo las propuestas son evaluadas y los resultados se hacen públicos y se discuten. Finalmente un nuevo informe es generado. Con esta etapa se refuerza el aprendizaje de las habilidades descritas anteriormente.
- Todos los consultores que atienden al mismo cliente se juntan en la última etapa, en la que deben terminar su propuesta de sistema informático, incluyendo la E/S, el sistema operativo y otro software, lo que debe reflejarse en un informe. Al deber llegar a una propuesta única se desarrolla la habilidad de discusión de las ideas para llegar a un consenso.

Este proyecto ha sido refinado con los años para adecuar la carga de trabajo, encauzar las formas de colaboración, y sobre todo introducir elementos que permitan a los profesores evaluar el éxito en la consecución de conocimientos y habilidades, así como proponer mejoras para años posteriores.

Para conseguirlo, se ha llevado a cabo una **evaluación del proceso** bastante detallada, que incluye la recopilación de opiniones personales de los

alumnos en ocho instantes del cuatrimestre mediante una herramienta de encuestas [4], lo que permite conocer la evolución de sus habilidades, así como la observación de las sesiones de laboratorio por personal externo (investigadores de la Facultad de Educación). Como se motiva a los alumnos para que colaboren a través de herramientas informáticas (como por ejemplo el espacio de trabajo compartido BSCW [7]), también se han estudiado los registros (*logs*) de las interacciones de los alumnos, para evaluar la evolución de la colaboración. Todas estas fuentes de datos permiten un análisis cuantitativo (por ejemplo, cuánto ha aumentado la interacción entre alumnos, cuántas horas dedican a buscar información), mediante estadísticas simples o técnicas más complejas como el análisis de redes sociales [12,15], pero también un análisis cualitativo (por ejemplo, cuál es su percepción de la colaboración, cómo varía su motivación, cómo evoluciona su capacidad para hacer y recibir críticas), con el apoyo de herramientas de análisis cualitativo [13][12]. Entre las conclusiones más interesantes alcanzadas cabe mencionar las siguientes [3,12]:

- Los alumnos opinan que han aprendido más que si se hubiese utilizado una técnica tradicional, y además consideran lo aprendido útil y relacionado con el mundo real. Este hecho se confirma con los exámenes, donde los alumnos demuestran conocimientos sólidos y madurez para resolver los nuevos casos de estudio.
- La motivación es muy alta, y por ello la asistencia a clase y al examen también es cercana al 100% de la matrícula.
- Los alumnos aprecian que han desarrollado habilidad para redactar documentos (confirmada por las revisiones de los profesores). También desarrollan habilidad para seleccionar información (hacia el final de la asignatura manejan con soltura muchas fuentes de

información). Además, reconocen haber mejorado en su técnica para argumentar y discutir y sin embargo, no consideran que haya evolucionado su actitud hacia la colaboración. Esta última opinión es contraria a las observaciones, que indican que el número de interacciones es mucho mayor al final de la asignatura, pero puede explicarse a partir de los prejuicios positivos sobre esta habilidad: se dicen dispuestos a colaborar, son conscientes de que el mundo laboral requiere capacidades de trabajo en grupo, pero su visión de la colaboración es limitada (fundamentalmente, hacer todos juntos una misma cosa al mismo tiempo).

- La carga de trabajo para los alumnos es mucho más elevada. Esto se ha corregido parcialmente en el último curso ayudando a los alumnos en algunas tareas de forma más directiva. Por ejemplo, se les proporcionan plantillas bastante documentadas para los informes. La carga de trabajo para los profesores es también muy elevada, ya que se deben preparar varios casos, supervisar muchos informes, calificar los exámenes tradicionales, y además participar en la evaluación y propuestas de mejora sobre el propio proyecto docente. En este momento dicho proyecto docente tiene ya una cierta estabilidad, por lo que la carga de trabajo es proporcionada, y los profesores consideran rentable, en relación con el aprendizaje, el esfuerzo invertido.

Además de estas conclusiones, se ha investigado en mucho mayor detalle la evolución de la colaboración. Aunque esta investigación está más allá del objetivo de este artículo, el lector interesado puede consultar [12].

3.3 Ejemplo 2: Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios

Como se concluyó en la sección anterior, los resultados de esta técnica docente son satisfactorios pero tendrían un mayor impacto en la formación del alumno si se extendiese la técnica a otras asignaturas. En esta y la siguiente sección se hace esto, pero se observará que las diferencias de contexto y objetivos hacen que el planteamiento general deba rediseñarse con cuidado. En la discusión se seguirá la metodología propuesta en la sección 3.1.

El *contexto de la asignatura Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios* está determinado por el hecho de que es troncal y en el plan de estudios de Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad de Valladolid está en primer curso, con 4'5 créditos teóricos y 4'5 prácticos. La aplicación del estudio de casos como técnica docente sería deseable por los contenidos de la asignatura, pero sus características justifican una mayor precaución al respecto:

- La asignatura comienza una rama dedicada al estudio de las redes de comunicaciones, el núcleo

de la docencia del área [11]. Por lo tanto, los alumnos adquieren en esta asignatura los conocimientos iniciales de la disciplina, y además apenas han tomado contacto con disciplinas tecnológicas que puedan conectar en su estructura mental de conocimientos.

- El número de alumnos es muy elevado, y el nivel de conocimientos y capacidades es heterogéneo.
- Pese a lo anterior, la asignatura introduce cuestiones de diseño de soluciones para problemas abiertos (por ejemplo, el cableado de un edificio) que plantean por primera vez la búsqueda de compromisos [11].

La última característica mencionada justificaría el estudio de casos como técnica docente de manera similar a como se hace en *Arquitectura de Ordenadores*, pero en el contexto de esta asignatura dicho planteamiento fracasaría casi con certeza: los alumnos encontrarían grandes dificultades para manejar información muy poco estructurada, a veces contradictoria, y encontrarían desconcertante proponer soluciones para problemas poco determinados, para los que el profesor se niega a proporcionar una solución “correcta” (*la* solución). Por añadidura, todo este esfuerzo difícilmente les haría estructurar personalmente los contenidos aprendidos hasta el momento, que suelen estar débilmente interiorizados.

Cabe plantearse, sin embargo, otra posible variante de la técnica de estudios de caso. En la sección 2 se comentaba que la evaluación y crítica a una solución definida para un determinado problema permite desarrollar muchas de estas habilidades con un esfuerzo distinto, más adecuado quizá para contextos como el de esta asignatura de primer curso. Los *objetivos de aprendizaje* deben estar en concordancia con las posibilidades de esta aproximación: aquí se espera potenciar la capacidad de distinguir la información importante de los detalles superficiales, y buscar argumentos de apoyo o crítica para soluciones determinadas a problemas abiertos. Para conseguirlos se han de *determinar la técnica y los casos adecuados*. Por las dificultades previsibles de llevar a cabo un estudio de casos en el primer curso, se ha seleccionado una actividad simple que utiliza sólo unas pocas horas de la asignatura, y según sus resultados en el futuro se rediseñará para tener un mayor peso en la asignatura. Esta actividad se lleva hacia el final de la asignatura, cuando los conocimientos previos son suficientes, y *el desarrollo* consiste en lo siguiente:

- Se propone analizar una solución *ya proporcionada* para la red de datos de una universidad. En particular, se proporcionará a los alumnos información sobre la evolución de la red de datos de la ETSIT de Valladolid (comenzó en un edificio temporal, con diseño inicial marcado por un presupuesto muy reducido, pero luego se

rediseño para el edificio definitivo, en el que se diseñó el cableado estructurado) [9], así como información sobre la red de la University of New México que está bien documentada en su sitio web [14]. Ambos casos son significativos para el profesor, y parcialmente para los alumnos.

- Los alumnos se organizarán en grupos en los que repartir la información: unos alumnos serán *expertos* en una red y otros en la otra. Después los grupos se reunirán para compartir el conocimiento. Como las soluciones difieren, es de esperar que surja el debate y se originen argumentos de crítica o justificación.
- Los alumnos contestarán un cuestionario sobre el diseño, en el que las preguntas irán destinadas a buscar los argumentos encontrados a favor y en contra de las soluciones proporcionadas.

Como este estudio todavía no se ha llevado a cabo, la **evaluación del proceso** aún se está discutiendo. Para una experiencia tan breve, posiblemente sea suficiente con un cuestionario tras la actividad, que indague sobre la consecución de los objetivos (apreciación subjetiva por parte de los alumnos) y sobre las dificultades encontradas en el proceso.

3.4 Ejemplo 3: Ingeniería de Software

La disciplina de ingeniería de software se imparte en la ETSIT de Valladolid en una asignatura optativa denominada *Sistemas Telemáticos I*, con 1'5 créditos teóricos y 4'5 prácticos [11]. El **contexto de esta asignatura** es más favorable que el de la anterior para el estudio de casos: está en tercer curso, el número de alumnos es reducido, y muchos de los conocimientos útiles para contextualizar la ingeniería de software ya han sido estudiados formalmente (programación, economía) o informalmente (visión de sistemas y arquitecturas). Además, el peso práctico en la asignatura es significativo, tanto en el número de créditos, como en el carácter de la disciplina tratada.

Por otra parte, los **objetivos de aprendizaje** vienen dictados por la propia disciplina: se espera que el alumno se acostumbre a aproximarse a un proyecto software con una metodología de ingeniería, que incluye el recorrido de distintas actividades y la generación de distintos productos. En realidad, además de ayudar a aprender unos conocimientos básicos (por ejemplo, fases y actividades del proceso unificado o notación UML), el énfasis de esta asignatura debería estar fundamentalmente en desarrollar habilidades: de análisis (selección de información), de modelado (abstracción) y de diseño (elección argumentada de soluciones). Adicionalmente, se espera que los alumnos desarrollen cierta capacidad de planificación de su trabajo.

La **técnica y caso planteados** para la asignatura son un diseño de proyecto informático para una Unidad

de Cuidados Intensivos en un hospital cercano. El **desarrollo del proyecto** sigue las pautas del proceso unificado (*Unified Process*, UP), bajo la suposición de que los alumnos se organizan en grupos de tres y toman el papel de ingenieros de software (analistas, arquitectos, diseñadores) y los profesores el papel de clientes. Médicos de este hospital ayudaron a los profesores a preparar el caso, y después han intervenido en clase para añadir realidad al caso. Los profesores intervienen determinando que artefacto UP debe producirse en cada sesión, y explicando la sintaxis UML relacionada, pero los alumnos deciden su propio plan de trabajo dentro de esa sesión.

Al igual que en la asignatura anterior, el **proceso de evaluación** está todavía en elaboración. Sin embargo, la experiencia de *Arquitectura de Ordenadores* sugiere no basar la evaluación en datos recogidos *al final* del proceso, y por ello está planteado un primer cuestionario intermedio en el que se explorará la visión subjetiva de los alumnos de su motivación, su disciplina y organización, interiorización de la metodología, formas de colaboración, problemas al recolectar información y nivel de conocimientos adquiridos. En contraste con las apreciaciones de los profesores, estas opiniones permitirán evaluar el éxito y las limitaciones de la primera mitad de la actividad, y corregir estas últimas en la medida de lo posible.

4 Conclusiones y discusión

En este artículo se han descrito tres experiencias de la aplicación del estudio de casos en asignaturas de Ingeniería Telemática. Esta técnica docente permite conseguir una mayor interiorización de los conocimientos de la disciplina, pero además consigue una mayor motivación de los alumnos, que dejan de ser pasivos, por lo que se potencia el desarrollo de sus habilidades, entre las que se han documentado la de seleccionar información, discutir, llegar a consensos o estructurar un informe.

Para superar las dificultades en la aplicación de esta técnica, se ha propuesto una metodología, validada en las distintas experiencias descritas. El estudio del contexto de las distintas asignaturas ha mostrado como los grandes proyectos de diseño y evaluación son viables pero requieren una cierta madurez por parte de los alumnos, mientras que otras alternativas, como el análisis de soluciones pueden ser factibles para cursos más bajos. La elección del caso y la preparación de la documentación deben hacerse con cuidado, intentando que sea real, abierto a distintas soluciones, con restricciones de tiempo, y por supuesto relacionado con los contenidos de la asignatura. Una vez elegido se desarrolla el caso, lo que puede llevar de unas horas a un cuatrimestre entero. Pautas generales que debe tomar el profesor para este desarrollo son fomentar el trabajo en grupo, la discusión, y no tomar posturas fuertemente directivas, tanto en la metodología como en los contenidos, que transmitan la sensación de que hay *una* solución correcta (la del profesor). Finalmente,

es muy importante recordar que el proceso debe ser evaluado. Esta evaluación debe ir orientada a comprobar que los objetivos se han cumplido (los de contenidos y los de habilidades), así como a capturar la visión subjetiva de los alumnos sobre *el proceso*, con especial atención a los problemas encontrados. La experiencia de *Arquitectura de Ordenadores* descrita muestra que la evaluación puede mejorar notablemente el proceso en los cursos siguientes, ayudando al profesor a seleccionar actividades en función de los objetivos y de su viabilidad, mejorando el aprendizaje, lo que es el objetivo último. Por supuesto, el proceso de evaluación no tiene por qué ser siempre tan detallado como en este caso (de hecho no lo es en las otras dos actividades descritas).

En cualquier caso, el esfuerzo de todos los participantes (profesores, alumnos y observadores) es bastante mayor con estas técnicas que con la tradicional clase magistral y sus variantes. Cabe por lo tanto discutir si este esfuerzo genera un beneficio suficiente. En general, la apreciación subjetiva derivada de estas experiencias es que en los primeros cursos de su aplicación el esfuerzo es superior porque requiere mucha preparación y es necesaria una evaluación del proceso para proponer mejoras. Sin embargo, una vez que el proceso alcanza cierta estabilidad, la carga de trabajo sigue siendo mayor que con las clases tradicionales, pero es proporcionada y rentable, teniendo en cuenta que el aprendizaje de contenidos y habilidades es mayor.

El trabajo futuro inmediato consiste en evaluar y mejorar el planteamiento del estudio de casos en estas asignaturas. Además, en línea con la investigación de los autores, se están desarrollando herramientas CSCL para fomentar la colaboración y el trabajo en grupo.

Agradecimientos

El trabajo presentado en este artículo ha sido financiado con fondos del proyecto de la Junta de Castilla y León "UV38/02" y parcialmente de los proyectos del MCyT "TIC2000-1054" y "TIC2002-04258-C03-02". Los autores agradecen la colaboración de A. Martínez, B. Rubia e I. Jorrín.

Referencias

- [1] ACM y IEEE Computer Society. Computing Curricula: <http://www.computer.org/education/cc2001>, 2001
- [2] B.G. Wilson. *Constructivist learning environments: case studies in instructional design*, Englewood Cliffs, NJ, EEUU: Educational Technology Publications (1996).
- [3] Y. A. Dimitriadis, A. Martínez, B. Rubia, M. Gallego. "Cooperative learning in Computer Architecture: and educational project and its telematic support". Proc. of the Conference of Frontiers in Education. Reno, NE, EEUU, 2001
- [4] E. Gómez, B. Rubia, Y.A. Dimitriadis, A. Martínez. "Quest, a telematic tool for automatic management of student questionnaires in educational research". Proc. of the Second European Conference on Technology, Information, Education and Citizenship. Barcelona, 2002
- [5] C.A. Ellis, S.J. Gibbs, G.L. Rein. "Groupware: some issues and experiences". Comm. of the ACM, pp. 9-28, vol. 34 (1) (1991).
- [6] G. Fernández. *Conceptos básicos de arquitectura y sistemas operativos*, Madrid: Sistemas y Servicios de Comunicación (1998).
- [7] GMD-FIT, Basic Support for Cooperative Work, v. 4.0: <http://bscw.gmd.de>, 2002.
- [8] J. L. Hennessy, D. A. Patterson. *Computer Architecture: a quantitative approach*, San Francisco, CA, EEUU: Morgan-Kaufmann (2002).
- [9] A. Izquierdo, Y. A. Dimitriadis. "La red de datos de la ETSIT: evolución histórica". En: *Introducción práctica a la administración de sistemas en Internet*, eds. Y.A. Dimitriadis, F.J. Díaz. Secretariado de publicaciones e intercambio científico, Universidad de Valladolid (1998).
- [10] J.A. Sánchez. El estudio de casos: Talleres de técnica docente para el profesorado universitario, Universidad de Valladolid, 2002.
- [11] J.I. Asensio. Resúmenes de las reuniones de la comisión de docencia del área de Ingeniería Telemática, ETSIT, Universidad de Valladolid: <http://www.personal.tel.uva.es/~ju aase/docencia>, 2002.
- [12] A. Martínez, Y.A. Dimitriadis, B. Rubia, E. Gómez, P. Fuente. "Combining qualitative evaluation and social network analysis for the study of classroom social interactions". Computers and Education (por aparecer).
- [13] QSR. *Nud*IST, software for qualitative data analysis*, Thousand Oaks, CA, EEUU: Scolari (1997).
- [14] UNM. Network presentation & training: <http://www.unm.edu/~network/presentations/course/index.html>, 1995
- [15] S. Wasserman, K. Faust. *Social Network Analysis: methods and applications*, Thousand Oaks, CA, EEUU: Sage Publications (1994).