



Revista de Docencia Universitaria,
Vol.9 (2), Mayo- Septiembre 2011, 213 - 232
ISSN:1887-4592

Trabajar con la incertidumbre del mundo laboral: análisis de una experiencia con Aprendizaje Basado en Problemas en Redes de Ordenadores

Working with the professional environment uncertainties: analysis of a Problem-Based-Learning experience in a Computer Networks course

Rafael M. Estepa Alonso
Antonio J. Estepa Alonso
Universidad de Sevilla, España

Resumen

Este trabajo presenta los resultados de una experiencia de aprendizaje basado en problemas (ABP) con solución abierta en el contexto de ingeniería. El diseño metodológico realizado persigue la similitud con el mundo real minimizando el rechazo de los alumnos y el consumo de recursos humanos y materiales, uno de los inconvenientes a menudo esgrimidos contra el aprendizaje basado en problemas. Los resultados de tres cursos académicos demuestra que la metodología utilizada mejora las capacidades transversales requeridas en el ejercicio de la ingeniería.

Palabras Clave: Aprendizaje Basado en Problemas, Redes de Ordenadores.

Abstract

This work presents the results from a open-ended Project-Based-Learning (PBL) experience in the context of engineering. The methodological design followed aims to emulate the real-world environment, minimizing common PBL shortcomings such as the rejection of the students and the material requirements from the institution. The results obtained along three academic years show that our methodology improves the engineering skills required by future professionals.

Key-Words: Problem Based Learning, Computer Networks

Introducción

La enseñanza de redes de ordenadores es común en los diferentes cursos de ingeniería de telecomunicación e ingeniería informática como parte de su formación obligatoria. La metodología aplicada tradicionalmente en esta disciplina consiste en la transmisión de información teórica sobre los protocolos que gobiernan el funcionamiento de las redes y así como prácticas guiadas en laboratorios orientadas a aprender cómo configurar los equipos de encaminamiento y conmutación. Con respecto a la evaluación, suele exigirse la superación de un examen con preguntas sobre teoría y problemas, siendo habitual un registro de entrega de memoria y el control de asistencia a los laboratorios. Salvando las lógicas actualizaciones de contenidos debidas a los vertiginosos cambios tecnológicos en esta área, la metodología de enseñanza, centrada en el profesor y poco motivadora para el alumnado (Font, 2003), ha permanecido sin variaciones notables en la inmensa mayoría de las Escuelas de Ingeniería desde los años 80. Este tipo de enseñanza tradicional resulta corresponsable de dos problemas generalizados en las enseñanzas de ingeniería en España:

- **Baja Eficiencia del Proceso de Aprendizaje:** En el informe de la CRUE sobre enseñanzas técnicas se destaca que la tasa de rendimiento académico (créditos aprobados frente a matriculados) se sitúa para enseñanzas técnicas en el 56,16% para el curso 2008-09. En estos títulos la tasa de abandono está sobre el 50% (Riveira et al. 2006) y la duración media en la mayoría de ingenierías de 5 cursos se sitúa por encima de los 8 años y sobre 6 años para títulos de 3 cursos (Libro Blanco, 2006). Esta situación difiere sustancialmente de lo que podemos encontrar en escuelas de ingeniería de otros países tecnológicamente más avanzados como Estados Unidos donde la tasa de graduación se sitúa entre el 50% y el 60% (Retention, 2004), muy por encima del 20% de nuestras ingenierías. En Vazquez (2009) y Riveira (2006) se analizan los motivos de esta baja eficiencia, señalando al uso de metodologías de enseñanza centradas en el profesor como una de las tres causas principales.
- **Desconexión con las competencias demandadas a los ingenieros en la actualidad** (Martin et al. 2013): las transformaciones ocurridas en las últimas décadas en el contexto laboral no han tenido un reflejo en la perspectiva académica. Rugarcía et al. (2000) señalan algunos elementos que han influido en un claro cambio de contexto laboral en los últimos años: inundación de información y accesibilidad pública a través de Internet, gran desarrollo de tecnologías multidisciplinares, mercados globalizados, estructuras corporativas más participativas y cambios muy rápidos (especialmente en Ingeniería Informática y de Telecomunicación). El reflejo de estos cambios en las enseñanzas de Ingeniería requiere (Rugarcía et al. 2000, Felder et al. 2000, Rué 2009) incluir competencias de: Aprendizaje autónomo, Creatividad, pensamiento crítico y resolución de problemas, habilidades de comunicación y trabajo en grupo, integración del conocimiento y gestión del cambio en las tecnologías. Sin embargo, este nuevo escenario no ha tenido un reflejo en la labor académica, donde imperan las metodologías tradicionales centradas en el profesor,

que suelen desincentivar el trabajo cooperativo, el crecimiento en autonomía de los estudiantes y un aprendizaje profundo; características todas ellas exigibles a los ingenieros en el actual contexto (HeyWood, 2005). No obstante, nuestros egresados son, en general, bien recibidos en el mercado laboral por su alta capacidad de trabajo y adaptación exigida para superar la carrera.

El uso de una metodología activa centrada en el alumno de carácter inductivo como el aprendizaje basado en problemas o proyectos (ABP), permite dar respuesta a las competencias transversales demandadas en los grados de ingeniería (Felder en 2000 y 2005, Ramos y Palacios, 2010), ya que: proporciona mayor autonomía, motivación y compromiso (Leach y Zepke 2011), mejora el pensamiento crítico y aprendizaje más profundo (Rué et al, 2011). Por otra parte, estas metodologías influyen de forma positiva en la mejora del rendimiento académico en ingeniería (Heywood 2005, Felder et al. 2000) y en este sentido el uso de ABP permite corregir los desajustes señalados por Felder y Silverman (1988) entre la metodología de enseñanza clásica en la ingeniería (deductiva y de contenido abstracto) y las características de sus estudiantes (aprendizaje inductivo y sensorial). Sin embargo, la aplicación de métodos ABP en el contexto de ingeniería en España se enfrenta a varios retos (Valero 2007, Ramos et al 2010), como son la adaptación del alumno, siempre reticente a incrementar el nivel de incertidumbre introducido por este cambio, el rechazo de la institución a un cambio que le exija destinar más recursos en aulas o profesorado e incrementar la baja motivación del alumnado aplicando condiciones de trabajo cercanas al desempeño laboral, normalmente muy distintas a las que se dan en un entorno académico tal y como señalan Regev et al. (2009).

En este trabajo se expondrán los resultados del uso de una metodología basada en ABP para trabajar las competencias transversales demandadas en la ingeniería, al tiempo que se intenta dar respuesta a los retos anteriormente expuestos. La asignatura utilizada para la experiencia es Redes de Ordenadores, obligatoria de último curso en el grado de Ingeniería de Telecomunicación.

Contexto de la Asignatura y Objetivos

La tabla 1 muestra el contexto de la asignatura dentro del plan de estudios en vigor para Ingeniería de Telecomunicación en la Universidad de Sevilla. Cabe destacar que los alumnos no han tenido ninguna experiencia previa en el uso de ABP hasta el momento de impartición de esta asignatura, lo cual hace que las exigencias sobre la incertidumbre sean mayores. La asignatura comparte cuatrimestre con otras dos asignaturas obligatorias que exigen del alumno una dedicación muy superior a los créditos que les corresponden.

Asignatura:	Curso:	Carácter:	Cuatrimestre:	ECTS
Redes de Ordenadores	5º	Obligatoria	1º	9 Créditos 6 Teóricos + 3 Prácticos
Competencias Específicas:				
Cálculo del rendimiento de una red de comunicaciones, Configuración de equipos de comunicaciones en función de los requisitos de las aplicaciones, Conocer los fundamentos de los equipos de conmutación de paquetes, Capacidad de seleccionar equipos de conmutación de datos en virtud de sus características y necesidades del cliente, Dimensionar un enlace de conexión hacia Internet y uso de conceptos avanzados de redes LAN, así como de TCP/IP.				
Competencias Transversales Genéricas:				
De análisis y síntesis, aprendizaje autónomo, toma de decisiones mediante desarrollo de criterios técnicos, operativos y económicos, trabajo en equipo, comunicación, pensamiento crítico y creatividad				

Tabla 1. Contexto de la Asignatura

Esta asignatura demanda, además de los requisitos propios de la ingeniería expuestos en la primera sección, dos tipos de requisitos específicos: gestión de requisitos de usuario, que exige similitud con el mundo laboral (Regev et al. 2009), y habilidad de diseño, actividad de naturaleza dirigida que necesita de metodologías activas (Linge y Parsons 2006). En este contexto, los objetivos y el enfoque propuesto en esta experiencia pueden resumirse en:

- Buscar el aprendizaje profundo (Biggs, 2003): para ello se utiliza una metodología de ABP que evite incrementar en exceso el nivel de incertidumbre en el alumno. Tal y como propone HeyWood (2005) y Linge et al (2006), utilizaremos una doble aproximación centrada en el profesor primero y un ABP centrado en el alumno posteriormente.
- Favorecer el aprendizaje colaborativo: en el ABP se utilizará el trabajo en grupos pequeños de alumnos con una evaluación por pares al trabajo individual modulando la calificación final para evitar el fraude.
- Promover la creatividad, pensamiento crítico y la autonomía del estudiante: a tal fin se realizará un muy breve enunciado que introduzca tan sólo el contexto del problema de solución abierta. Serán los alumnos quienes deban obtener los requisitos, formular problemas concretos y resolverlos de forma autónoma, buscando para ello fuentes de información fiables y justificando de forma apropiada, mediante evidencias, las decisiones tomadas.

- Crear un escenario de trabajo similar al del mundo laboral: donde las decisiones se justifican desde el punto de vista técnico, económico y operativo. Además hay restricciones de tiempo y apoyos por parte del profesor, que hará el papel de cliente.
- Promover la capacidad de comunicación, tanto verbal como escrita. En las revisiones con el profesor, los estudiantes deben persuadirle de que las decisiones adoptadas se encuentran convenientemente justificadas. Además de las habilidades de comunicación desarrolladas con el trabajo en grupo, realizarán una exposición oral y defensa de su solución. La calificación final otorgará un gran peso a la exposición y defensa oral y a la redacción y presentación de la memoria escrita. Ofreciéndoles pautas que les permitan autoregularse.
- Facilitar la compatibilidad con el resto de asignaturas: para lo cual no se necesitarán recursos extra de aulas o personal y además se limitará el número de horas dedicadas al trabajo que deberán guardar una relación justa con la calificación.

Metodología Propuesta

A fin de facilitar la adaptación desde un entorno de enseñanza clásico (HeyWood 2005 y Felder et al. 2000) la metodología propuesta consta de dos partes bien diferenciadas:

- Clases de Teoría: Se dan al comienzo y constan de 45 horas presenciales que es la mitad del tiempo presencial dedicado a la asignatura. Las clases de teoría proporcionan la base teórica sobre la que se construirá el ABP, a la vez que permiten una entrada suave del alumno en las metodologías centradas en él. En estas clases se ofrecen enfoques estructurantes sobre los principales aspectos teóricos. Además se procura dedicar un 30% del tiempo para introducir elementos activos de aprendizaje dónde los alumnos resuelven problemas, discuten sobre alternativas y soluciones a propuestas del profesor y ven casos reales de diseño de redes.
- Metodología de Aprendizaje Basado en Problemas/Proyectos: Consta de 2 horas presenciales y 80 horas no presenciales donde se planteará un problema real de solución abierta que los alumnos deberán resolver en pequeños grupos. Los alumnos tendrán que asistir a una serie de reuniones de seguimiento con el profesor para verificar la evolución de los trabajos y orientar el aprendizaje. La solución al problema será libre y es misión de los alumnos ofrecer una solución técnica adecuadamente justificada con criterios técnicos, operativos y económicos.

Nótese que la metodología desarrollada para implementar el ABP exige el conocimiento y experiencia por parte del profesorado de la actividad profesional que intenta transmitirse, en este caso el diseño de redes. A continuación se detalla la metodología.

Preparación del ABP

El trabajo precisa de la implementación de una infraestructura de comunicación con el profesor y entre alumnos para: conformar los grupos de trabajo, proporcionales un sitio privado de almacenamiento y comunicación (foros, chat,...) entre ellos y con el profesor, facilitar la entrega de memorias y presentaciones, y conformar los grupos de exposición. Existen en la actualidad varias plataformas de software libre de fácil instalación para realizar estas mismas tareas: Dokeos, Moodle, WebCT, etc.... Como alternativa es posible recurrir a herramientas de comunicación externas gratuitas como las proporcionadas por google (gmail, chat, googleDocs, Doodle, skype,). Los trabajos a realizar en la plataforma para la fase de preparación son: dar de alta el curso e incorporación de los alumnos matriculados, dar de alta los grupos con una zona privada de documentación y comunicación, completar las instrucciones, documentación precisarán los alumnos.

La información a presentar inicialmente en la plataforma debe constar de al menos los siguientes documentos:

- Instrucciones del trabajo: describe las condiciones que regulan el trabajo: funcionamiento de la plataforma informática, elección de grupos, valoración, reuniones de seguimiento, obligaciones del alumno, fechas de interés, etc...
- Enunciado del Trabajo: Debe incidir en las condiciones de contorno de un caso práctico real y en qué se espera como resultado final del trabajo. En los trabajos propuestos para Redes de Ordenadores se describe el tipo de empresa a la que deben diseñar la red, su actividad básica, empleados, líneas básicas de funcionamiento y requisitos muy elementales de comunicación. El alumno debe descubrir las necesidades informáticas y de redes de comunicación que la empresa necesitará en base a su actividad y realizar el cableado, adquisición y configuración de equipos de comunicación y contratación con los proveedores de servicios de telecomunicación¹. Este primer documento tiene una extensión aproximada de 1000 palabras.
- Documentos de apoyo: proporcionan información como planos y precios de mercado para cableado, equipos y proveedores, ya que son difíciles de encontrar para particulares y su consecución no aporta al alumno nada significativo los objetivos propuestos.

¹ En el enunciado siempre se señala de forma explícita: "*No hay una solución 'ideal'. La bondad de la solución se evaluará conforme a su justificación en la memoria, teniendo en cuenta aspectos técnicos, operativos y económicos*"

Comienzo del trabajo

Clase de Presentación

El día de la presentación debe informarse al alumnado de instrucciones generales del trabajo en sí, y del proyecto concreto que deben realizar, resumiéndoles el enunciado que contendrá el ámbito del trabajo, qué contenidos debe incluir la solución que propongan y cuáles son las responsabilidades del alumno y las expectativas del profesor. Se incidirá durante la exposición en que cualquier decisión bien justificada será considerada correcta para el profesor y que deben aprovechar al máximo la realimentación del mismo en las reuniones de seguimiento.

Normalmente es el primer trabajo de este tipo que realizan en la titulación por lo que es buena ocasión para reducir la ansiedad del estudiante comentando resultados de otros años en cuanto a calificación final, dedicación, expectativas del profesor, etc...

Elección de grupos y su tamaño

Los alumnos pueden libremente conformar sus grupos hasta el día antes de la primera revisión. Los posibles abusos por parte de alumnos dentro de un grupo serán detectados mediante el sistema de calificación. Los posibles conflictos en la elección de grupo son resueltos por los propios alumnos empleando herramientas como chat o email para intercambio.

El número de alumnos por grupo aconsejado es de 3 o como máximo 4. Esto permite un número suficientemente elevado de potencial de intercambio (6 o 12 respectivamente) sin que se diluya la responsabilidad en el grupo. Teniendo en cuenta que cada grupo necesitará un tiempo para revisar su evolución semanal con el profesor, y que las horas de clase deben corresponder con las asignadas en teoría a fin de no consumir recursos adicionales, es fácil calcular el número de grupos máximo que se pueden realizar. En el caso de redes de ordenadores, la asignatura dispone de 13,5 horas semanales entre los tres grupos. Por experiencia el tiempo de revisión debe estar entre 15 y 30 minutos por grupo. Con 20 minutos de revisión semanal por grupo se podrían atender a 48 grupos y hasta 192 alumnos por parte del profesorado.

Seguimiento de los Grupos

Durante 4 semanas consecutivas cada grupo realizará un seguimiento semanal de 20-30 minutos con el profesor en el aula y en su horario y lugar habitual de clases. Debido a la gran cantidad de horas que los alumnos dedican a la semana para este trabajo (una media de 22 horas medidas según datos de los últimos 3 cursos), no conviene un menor número de revisiones semanales pues podrían 'desperdiciar' excesivo tiempo por malas decisiones. Tampoco es aconsejable un mayor número de las mismas que suponga excesivo apoyo al alumno por parte del profesor y perjudique el aprendizaje autónomo. Fuera de las reuniones

de seguimiento el profesor no ayudará a los grupos, ya que es intención limitar el tiempo de acceso al profesor para evitar abusos que limiten la autonomía del estudiante. En cada reunión de seguimiento tanto alumno como profesor tienen sus propias responsabilidades:

- El Profesor: Llevará un registro de observaciones dónde anotará sus impresiones sobre la evolución del trabajo, su enfoque, el esfuerzo, el aprovechamiento del tiempo, ... además anotará las horas de trabajo dedicadas a reuniones y de trabajo individual realizadas por los alumnos. En cada reunión el profesor valorará el progreso del grupo, informándoles del mismo. Así mismo les planteará dudas sobre las partes del trabajo que no estén bien enfocadas, sugiriéndoles qué criterios deberían aplicar para ser capaces de saber si sus decisiones son o no correctas. Además el trabajo del profesor será el de aplicar el rol de cliente que encargó el trabajo, con especial énfasis en criterios económicos y operativos lo que aportará a los alumnos una mayor perspectiva que la meramente técnica
- El Alumno: le explicarán al profesor el avance del trabajo y en qué parte están teniendo más dificultades y los principales obstáculos que les impiden avanzar. Al finalizar la reunión cada grupo hará llegar un acta al profesor dónde se registran los principales asuntos que se han tratado. Esto permite tener evidencias objetivas al profesor y los alumnos que faciliten la realimentación y motiven para un mayor esfuerzo. La elaboración del acta evita volver sobre asuntos ya tratados y se asemeja a situaciones reales.

Exposición, Defensa y Feedback del alumno

La exposición del trabajo realizado por cada grupo se realiza en las aulas y horarios asignados a la asignatura durante la quinta semana tras el comienzo del trabajo. Existe libertad de elección del turno de exposición por parte del alumno. Al inicio del turno de exposición el profesor indicará a los alumnos el número medio de horas dedicada al trabajo y la relación que hubo en años anteriores entre estas y la puntuación final obtenida. Esto permitirá a los alumnos disminuir la sensación de haber dedicado excesivas horas para al trabajo. Los grupos asistentes al turno de exposición deberán:

- Realizar una exposición de 15 min utilizando los medios que quieran para explicar la solución que han desarrollado y su justificación. La puede hacer cualquiera de los miembros del grupo o bien de forma conjunta. La limitación de tiempo les obliga a: resumir, transmitir sólo lo más importante, cuidar mucho las palabras y diapositivas, y, en definitiva, a tomar decisiones sobre qué criterios utilizar para ello.
- Responder a preguntas del profesor (5 minutos) a un miembro del grupo sobre cualquier parte del trabajo. Esto obliga a una puesta en común y una mayor coordinación interna.

- Atender al resto de exposiciones del mismo turno, tomando notas y comentarios que justifiquen una evaluación de las mismas por su parte.
- Rellenar una encuesta (10 minutos) que ofrezca al profesor realimentación sobre el trabajo. Esta encuesta es 'semi-anónima', pues en ella figura el grupo que la realiza pero no el alumno.

Evaluación

Evaluación del Alumno

En nuestra propuesta, la ecuación que rige la calificación que obtendrá el alumno en la asignatura es la suma directa de la calificación del examen (E valdrá entre 0 y 6 puntos) y la calificación del trabajo (T valdrá entre 0 y 4 puntos), sin mínimos en ninguna de las dos partes. Esta última se obtiene con la siguiente expresión:

$$T = \mu \cdot (p + s)$$

donde, μ es el coeficiente de rendimiento individual del alumno y su valor oscila entre 0 y 1. Su cálculo básico parte de la calificación entre los propios miembros del grupo (evaluación por pares), teniendo en cuenta que: a) la máxima valoración obtenida debe corresponder con $\mu=1$ b) para que un alumno tenga menor valoración que sus compañeros de grupo debe haber recibido al menos 2 valoraciones diferentes a sus compañeros.

S es la valoración de la solución dada a nivel técnico otorgada por el profesor en base a los criterios de valoración que les indicó al comienzo del trabajo y con una justificación escrita. El valor oscilará entre 0 y 2,5 puntos

p es la valoración de la memoria (limpieza, redacción, contenidos, ...), presentación y defensa del trabajo (media entre la otorgada por el profesor y la nota puesta por sus compañeros de turno de exposición). El valor oscilará entre 0 y 1,5 puntos.

La realización del ABP es voluntaria, ya que es un condicionante de algunas universidades como la nuestra permitir que un alumno pueda superar la asignatura tan sólo con el examen. Con respecto a la valoración del trabajo individual dentro del grupo la propuesta también resulta innovadora, ya que lo habitual es ofrecer un peso pequeño al trabajo individual y sumarlo al de grupo. HeyWood (2005) contiene una propuesta de repartir el peso entre ambos por igual. Sin embargo la justificación de nuestra propuesta radica en la lógica de que si un compañero no ha trabajado nada debe tener la mínima calificación. Otro aspecto poco frecuente en ingeniería es el elevado peso en la calificación otorgado al continente (memoria, presentación y exposición), que se justifica en el fomento de la

capacidad de comunicación, especialmente importante en el mundo de las telecomunicaciones que se encuentra orientado a los servicios.

La valoración dada al trabajo (y por tanto la del examen) debe ajustarse al número de horas dedicadas por parte del alumno. Por ello en las reuniones de seguimiento se observará este parámetro. En el caso de Redes de Ordenadores, 4 puntos es el 40% de la calificación, por lo que el 40% de las horas de la asignatura deben ser dedicadas al trabajo. Una asignatura de 9 créditos ECTS (90 horas lectivas) debe dedicar (25h/1ECTS) 90 horas a la realización del trabajo. En las mejoras para el curso académico siguiente figura el ajuste del valor del trabajo a las horas dedicadas en realidad (hay que realizarlo con un curso académico de retraso). Para realizar el ajuste anterior es posible utilizar el valor medio del número de horas dedicadas por los alumnos o, supuesta una distribución normal en el número de horas dedicadas, considerar un percentil determinado (lo que asegura que dicho percentil de grupos menos del máximo número de horas planificadas).

Evaluación del profesor y la metodología

La metodología desarrollada por el profesor se evalúa en la encuesta semi-anónima con los siguientes apartados:

- Valoraciones numéricas (entre 1 y 5 puntos) de: exposiciones realizadas en el turno (incluyendo la propia), valoración del trabajo individual de los compañeros que forman su grupo (evaluación por pares), valoración de la utilidad del trabajo en sí, de su solución, del profesor, de la utilidad de las revisiones y de la relación del trabajo con la teoría.
- Texto libre: los puntos fuertes y débiles del ABP, aspectos de mejora y finalmente su opinión personal.

Adicionalmente, con la información recopilada de las reuniones de seguimiento se realizará un análisis de horas de trabajo en grupo e individual dedicadas por los alumnos al ABP y correlación con la valoración dada al trabajo. Todo esto, junto con los aspectos de mejora para futuros cursos propuestos por los alumnos y que el profesor encuentre pertinentes, conformarán un informe final de la asignatura para un curso académico.

Resultados en los cursos 2008-09, 2009-10 y 2010-11

Los resultados del presente apartado se basan en la encuesta realizada a los alumnos y en el cómputo de horas que los alumnos declaran haber dedicado al ABP en las distintas reuniones de seguimiento. En la tabla 2, se especifica el número de alumnos, grupos para la realización del trabajo, alumnos por grupo, peso del ABP en la calificación final y promedio

de horas registras por los grupos para realizar el trabajo durante los tres últimos cursos académicos.

Curso Académico	Nº de Alumnos	Nº de Grupos	Tamaño Grupo	Nota del ABP	Horas dedicadas
2010/11	61	16	4	4	87.1
2009/10	85	19	4	4	78.2
2008/09	123	31	4	3→4	76.3

Tabla 2. Contexto del Trabajo

Con respecto a la valoración del ABP por parte de los alumnos cabe destacar que en el curso académico 2010/11 se sitúa en torno a 4,5 sobre 5 puntos. La valoración del profesor, utilidad de las reuniones de seguimiento y relación con los contenidos de la asignatura está aproximadamente a 4,1 puntos sobre 5 en los últimos dos cursos académicos 2010/11 y 2009/10, mientras que fue de 3,6 puntos en el curso 2008/09.

En la tabla 3 se representan, para los distintos cursos académicos, el número medio de horas dedicadas al trabajo y su desviación estándar (columna *Horas/DsvEtd*), el porcentaje de dichas horas que se dedicaron a trabajar en grupo, y el porcentaje de alumnos que tuvieron finalmente una determinada calificación en el ABP en función de la misma.

		Calificación Final del ABP			
		Suspense	Aprob.	Notable	Sobresaliente
Curso 2010/ 2011	Horas/DsvEst	75,5 / 0	72,1 / 15.93	92,4/8.68	108,17/44.4
	Trabajo en Grupo	55%	48%	44%	48%
	% de Alumnos	6%	19%	50%	18%
Curso 2009/ 2010	Horas/DsvEst	68,3/3.2	75,1/17.8	79/13.8	85,1/23.7
	Trabajo en Grupo	38%	34%	33%	29%
	% de Alumnos	11,1%	21,5%	50%	17,4%
Curso 2008/2009	Horas/DsvEst	66,7/5.5	77/14.7	78,9/17.1	82/2.4
	Trabajo en Grupo	33%	32%	32%	24%
	% de Alumnos	19,3%	22,5%	51,6%	7,4%

Tabla 3. Relación entre horas dedicadas y calificación del ABP

Con respecto a la influencia del trabajo en la calificación final destacan dos aspectos. El primero es que pese a no ser obligatorio realizar el trabajo, el 100% de los alumnos lo realizan. El segundo aspecto es que, pese a que el trabajo puntúa como máximo 4 puntos

sobre 10 la calificación media obtenida es de 3,05 puntos, suponiendo para más del 80% de los alumnos una valoración superior al 40% de su calificación final de la asignatura.

Es destacable que no se han detectado incidencias con la metodología de valoración por pares para el coeficiente de rendimiento individual. En cada curso académico existe entre 2 y 4 alumnos cuya valoración por los compañeros es inferior al resto. Estos casos coinciden siempre con alumnos cuyas evidencias de trabajo recopiladas en las reuniones del seguimiento por parte del profesor apuntaban ya en la misma dirección. En ningún caso el alumno evaluado negativamente ha realizado queja ni protesta ante el profesor.

A continuación se muestran las observaciones y comentarios más repetidos por los alumnos en las encuestas (datos de 2011 -similares a otros cursos académicos-). Los comentarios han sido procesados y agrupados en función de su intención (lo que se refleja en la columna *Comentario Tipo*). Los puntos fuertes del trabajo según los alumnos se recogen en la tabla 4. Se han registrado un total de 134 comentarios con un promedio de 8,93 comentarios por grupo con una desviación estandar de 2,21. De ellos tan sólo 52 comentarios son válidos ya que el resto destacaban puntos fuertes de la solución técnica presentada en el trabajo.

<i>Comentario Tipo</i>	<i>Registros</i>	<i>% de total</i>
Sensación de Realidad. Prepara futuro laboral	20	38,4%
Desarrolla conceptos de la asignatura	17	32,7 %
Trabajo en Grupo y colaboración	11	21,1%
Mejora el nivel de autonomía	4	7,7%

Tabla 4. Puntos Fuertes destacados por los alumnos. 52 Registros válidos

Los puntos débiles del trabajo según los alumnos se recogen en la tabla 5. Se han registrado un total de 82 comentarios con un promedio de 5,13 comentarios por grupo con una desviación estandar de 1,31. De ellos tan sólo 27 registros son válidos ya que el resto destacaban puntos débiles de la solución técnica presentada en el trabajo.

<i>Comentario Tipo</i>	<i>Registros</i>	<i>% de total</i>
Consumo excesivo de tiempo	15	53,5%
Poca información inicial	5	17,8 %
Dificultad para trabajar en grupo	4	14,3%
Difícil buscar información	4	14,3%
Falta preparación previa	2	7,1 %

Tabla 5: Puntos Débiles destacados por los alumnos. 27 registros válidos

Las mejoras propuestas para el trabajo según los alumnos se recogen en la tabla 6. Se han registrado un total de 65 comentarios con un promedio de 4,67 comentarios por grupo con una desviación estandar de 1,44.

Comentario Tipo	Registros	% de total
Más ayuda del profesor	20	30,7%
Incluir prácticas previas	14	21,5 %
Enunciado más preciso	8	12,3%
Más teoría	6	9,2%
Dar más tiempo	4	6,2 %
Cambiar la fecha	4	6,2 %
Más ligero	4	6,2%
Más calificación	3	4,6%
Más tiempo de exposición	2	3 %

Tabla 6. Propuestas de Mejora. 65 registros válidos

Por último los alumnos disponen de un espacio de texto libre para ofrecer su opinión sobre el trabajo. Se registraron 28 opiniones que dieron lugar a 37 registros válidos ya que algunas opiniones consistían en varias frases de contenido independiente. En la tabla 7 se resumen los resultados.

Comentario Tipo	Registros	% de total
Trabajo útil. Merece la pena	10	27%
Proyecto Real de aplicación laboral	8	21,5 %
Más ayuda o más nota	5	13,5%
He mejorado en autonomía	4	10,8%
Excesivo tiempo consumido	4	10,8 %
Ayuda a comprender la teoría	3	8,1 %
Valoro el trabajo en grupo	3	8,1%

Tabla 7. Opinión Personal de los alumnos. 37 registros válidos

Cabe destacar que de las 10 opiniones que afirman que realizar el trabajo merece la pena, la mitad de ellas destacan que es el trabajo de mayor utilidad que han realizado en toda la carrera, pidiendo que hubiera más casos como este.

Por parte del profesor es no necesario invertir un gran número de horas en la preparación de la metodología, unas 12 horas en la fase de preparación. Durante la fase de revisiones tan sólo exige del profesor el mismo tiempo que anteriormente se dedicaba a las

clases teóricas pero con un menor tiempo de preparación que puede compensar el tiempo dedicado a la preparación del trabajo.

Discusión de los resultados

La disminución progresiva en el número de alumnos y grupos para la asignatura de Redes de Ordenadores se debe fundamentalmente incremento progresivo en el número de alumnos que salen a realizar una estancia en otra universidad (becas Erasmus o similares); casi el 40% de los matriculados en la actualidad. Este hecho tan ha influido en el número de grupos de trabajo, no en la metodología.

Los resultados de la valoración del ABP en el curso 2010-11 por parte de los alumnos indican un alto grado de satisfacción. Se observa que la valoración del trabajo del profesor y de las reuniones de seguimiento es elevada alta en los dos últimos cursos. En el curso 2008/09 la menor valoración se debe al descontento general debido a una valoración inicial del trabajo de 3 puntos. En dicho curso, el 90% de los grupos habían dedicado entre 72 y 90 horas al trabajo, y había entre los estudiantes un consenso en que el esfuerzo del trabajo merecía más de 3 puntos. De hecho, el profesor valoró finalmente con 4 puntos el ABP, aunque este hecho fue posterior a la realización de la encuesta. En cursos sucesivos se realizó una pequeña presentación previa a la exposición y realización de la encuesta, dónde se indicaba a los alumnos la distribución de horas dedicadas al trabajo y la relación con los 4 puntos. A raíz de esta iniciativa el número de alumnos que encontró desproporción entre las horas dedicadas y la valoración del trabajo disminuyó drásticamente.

Con respecto a la dedicación en horas de trabajo, se observa en la tabla 2 que esta cantidad se estabiliza entorno a las setenta horas. En el curso 2010-11 el número de horas fue netamente superior debido a que los alumnos dedicaron 5 semanas (con 4 revisiones) para la realización del trabajo por imposibilidad de realizar las revisiones previstas al coincidir varios días festivos en la misma semana. La conexión de esta cantidad con la valoración dada al trabajo por parte del profesor es clave en la percepción del alumno sobre la calidad de la enseñanza recibida en la asignatura. Resulta curioso verificar en la tabla 3 que los grupos que menor puntuación han obtenido en el ABP son aquellos que más tiempo dedican a trabajar en grupo en lugar de individualmente, lo que insinúa la posibilidad de que necesiten guías o apoyos que permitan incrementar la eficiencia en la gestión del tiempo del trabajo en grupo. La varianza entre grupos que obtienen la misma calificación en el trabajo refleja la realidad de que no todos los grupos avanzan a la misma velocidad, aun estando en último curso, lo que refuerza la utilidad de aprendizaje autónomo y la metodología empleada.

Uno de los aspectos más arriesgados de la propuesta, la valoración con el coeficiente de trabajo individual, resulta sorprendentemente eficaz, no dando lugar a incidencia alguna durante los tres cursos y alineándose perfectamente con las observaciones del profesor. Una explicación a esta ausencia de incidencias es que el conocimiento a priori del método de

calificación los disuade del camino del fraude que se encuentra bien documentado por Del Canto et al. 2009.

Por último, los comentarios y valoraciones de los alumnos en la encuesta reflejan que sienten libertad de expresión con la encuesta 'semi-anónima'. Con respecto a los puntos positivos indicados por los alumnos en la tabla 4 destaca en primer lugar el elevado número de registros, y cómo los alumnos aprecian la conexión con el futuro laboral y la ayuda que ha supuesto el ABP en el aprendizaje profundo, que se refleja además en los comentarios que afirman una mejora en su nivel de autonomía. Por último el trabajar en grupos también ha sido un aspecto bien valorado por los alumnos. Estos mismos aspectos coinciden con los puntos más valorados por los alumnos en otras experiencias de aprendizaje basado en problemas (Rué, 2011).

El número de registros indicando puntos débiles (tabla 5) fue aproximadamente la mitad que el de puntos fuertes y entre ellos destaca el excesivo consumo de tiempo escrito por casi un alumno de cada cuatro. Dado que el tiempo empleado por los alumnos para el ABP se corresponde con los 4 puntos otorgada, se ha preguntado a los alumnos mediante entrevistas las causas que motivan esta sensación, que son: a) la alta motivación que supone el trabajo provoca que le dediquen el tiempo de forma intensiva en perjuicio de otras asignaturas y b) que concurre en el tiempo con otros dos asignaturas troncales que exigen una elevadísima dedicación de tiempo. La segunda opción viene refrendada por los comentarios sobre cambiar la fecha de la realización del ABP que proponen los alumnos como posibles mejoras en la tabla 6. Así mismo de los 15 comentarios sobre exceso de tiempo como punto débil 5 indicaban expresamente la incompatibilidad con la dedicación a otras asignaturas, mientras que tan sólo 2 se referían a que habría su subir la calificación del trabajo. Entre los puntos débiles también destaca la falta de información en el enunciado inicial. Si bien es cierto que los primeros días los alumnos se encuentran muy desorientados, también lo es que esto les permite darse cuenta de muchas carencias de autoregulación que solucionarían tras la primera reunión de seguimiento, dónde se les explica que es parte del aprendizaje que deben realizar. Además, esto mismo provoca intensos debates entre ellos de cómo afrontar un problema abierto, lo que les permite ir podando soluciones no válidas e irse reforzando en la autonomía. Por último también destaca la exigencia de más apoyos por parte del profesor en el trabajo en grupo, búsqueda de información y manejo de herramientas prácticas como simuladores o configuración de equipos.

Como es lógico los puntos débiles están fuertemente relacionados con las propuestas de mejora que refleja la tabla 6, que incide sin embargo en el aumento de los andamiajes y ayudas del profesor (el 73 % de los registros) en lugar de reducir la duración del ABP o aumentar su calificación. Este dato sugiere que los alumnos buscan reducir su inseguridad y mejorar el uso del tiempo mediante un mejor sistema de andamiaje. Esta carencia puede ser también otra causa que explica la sensación de dedicar tiempo excesivo al trabajo debido a un uso poco eficaz del tiempo en la ejecución de tareas para las que precisarían ayudas: búsqueda de información, ejecución de simulaciones, debates en las reuniones, etc...

En la opinión personal de los alumnos (tabla 7) se aprecia que más del 75% de los comentarios son favorables al ABP, destacando entre ellos su utilidad, la cercanía al mercado laboral, las bondades del trabajo en grupo y el incremento en el nivel de autonomía. Se puede apreciar que las opiniones desfavorables sobre el tiempo consumido por el trabajo son minoritarias y que existe una cantidad no despreciable de comentarios que reclaman más ayuda por parte del profesor, lo que incide en los puntos de mejora registrados.

Relación con otras experiencias en Redes de Ordenadores

Linge y Parsons (2006) utilizan una metodología ABP sobre 27 alumnos como herramienta eficaz para la transmisión de experiencia en el diseño de las redes de ordenadores. También utilizan una doble aproximación de teoría y ABP, y el enunciado del problema es también utilizado para introducir el contexto de un caso real. Con respecto a la evaluación del alumno esta propuesta es muy conservadora, dejando el 80% de la calificación al examen escrito. En este caso la calificación del trabajo es la misma para todos los componentes del grupo (formado por 4-5 personas). Al igual que en nuestra experiencia, los comentarios de los alumnos destacan que les ayuda a comprender la teoría y reclaman la necesidad de más tiempo y más ayudas por parte del profesorado. Mao y Liu (2010) también es utiliza la metodología ABP para redes de ordenadores, organizando 7 trabajos con nivel incremental de dificultad que se construyen sobre la anterior. Desgraciadamente este artículo resulta difícil de seguir y no presenta resultados objetivos de la aplicación de esta metodología.

A nivel nacional podemos encontrar algunas experiencias recientes. En Fretag 2008 se propone el uso de aprendizaje colaborativo para redes de ordenadores. Igualmente utiliza una división en parte teórica/laboratorio y ABP con grupos de 4 alumnos. Los grupos eligen uno entre siete proyectos propuestos que deberán finalizar entregando una memoria. En el texto no se explica el sistema de evaluación del alumno aunque se identifican tres problemas: la desorientación inicial, la falta de objetivos y el conocimiento insuficiente de las tecnologías antes de comenzar. Sendra et al. 2009 introducen el método de evaluación colaborativa para las prácticas de laboratorios en Redes de Ordenadores. Los resultados indican que esta evaluación tiene una buena acogida entre el alumnado. Por último, Ramos y Palacios 2010 también adoptan una estrategia híbrida de clases teóricas y ABP a fin de minimizar el rechazo de los alumnos y la institución para la enseñanza de un curso de radiocomunicación en ingeniería de telecomunicación. Los alumnos deben resolver un pequeño proyecto elegido libremente de entre siete proyectos posibles. En dicho trabajo se señala como principales inconvenientes que la metodología exige un esfuerzo extra por parte del alumno y que le genera ansiedad enfrentarse a problemas de solución abierta mientras que como principales ventajas indica un conocimiento más profundo y mejora de las habilidades de comunicación y trabajo en equipo.

Si bien nuestra experiencia comparte las conclusiones de los trabajos citados, entendemos que aporta una mejora sustancial en varios aspectos no tratados por dichos trabajos: la evaluación del alumnado que evita el fraude en el trabajo en grupo y fomenta las

habilidades de comunicación, la consecución de condiciones de trabajo similares al mundo real (que aumenta el nivel de autonomía y motivación en el alumno) y la compatibilidad con la institución y otras asignaturas gracias a no demandar recursos extraordinarios y a la realimentación entre el peso del trabajo en la calificación y la dedicación del alumno.

Conclusiones

Este trabajo presenta una metodología que favorece el aprendizaje profundo en alumnos de últimos cursos de ingeniería en base a un problema de solución abierta: poco frecuentes a nivel académico pero mucho a nivel profesional. Los alumnos trabajarán en grupos para dar su propia solución utilizando criterios técnicos, económicos y operativos. La propuesta incluye innovaciones que consiguen simular un entorno cercano al desempeño profesional, potenciando una mejora en las habilidades demandadas por la ingeniería como son la capacidad de comunicación, trabajo en grupo y desarrollo de criterio propio. Para la aplicación de esta metodología resulta importante tener especial cuidado con la elaboración de un enunciado con incertidumbres, acotar la duración del trabajo, realizar un cómputo del esfuerzo realizado por el alumno y enfocar de las revisiones hacia la autoregulación del alumno para favorecer el aprendizaje autónomo.

Los resultados destacan que los alumnos vencen la sensación de inseguridad propia del comienzo del trabajo y que finalizan con la sensación de haber trabajado en un entorno propio del mundo laboral. Además de motivar al alumno, esto les permite apreciar la utilidad de los conceptos teóricos propios de la asignatura, mejorando así en la profundidad del aprendizaje realizado. Otro de los aspectos positivos que señalan los resultados la mejora en el nivel de autonomía y la valoración positiva que ellos mismos otorgan al trabajo en grupo. En este sentido, la modulación de la calificación del trabajo por un coeficiente de rendimiento individual ha demostrado ser una herramienta eficaz para evitar posibles fraudes.

El método ha sido bien aceptado por la institución aunque la convivencia en el plan de estudios con dos asignaturas de alto nivel de exigencia dejan una sensación de excesiva dedicación al trabajo en parte del alumnado. Como mejoras para próximos cursos se reforzará el sistema de apoyos o andamiaje por parte del profesor, lo que coincide con la demanda mayoritaria por parte del alumnado. Así se ofrecerán pautas para racionalizar el uso del tiempo y ser más eficaces en el trabajo en grupo y la búsqueda de información. También se exigirán evidencias del trabajo desarrollado en cada reunión de seguimiento y se intercalarán dos prácticas que les introduzcan en el uso de simuladores y configuración de equipos. Estas mejoras persiguen además incrementar la eficiencia del tiempo empleado por los alumnos en la realización del trabajo, con lo que se espera que disminuya la sensación de excesiva dedicación de tiempo al trabajo.

Podemos concluir que esta experiencia supone una aportación bien valorada por la institución y por los propios alumnos que se ven capaces de ejercer profesionalmente una

actividad y mejoran las carencias de autoregulación en la trayectoria académica. Por parte del profesor la experiencia resulta gratificante al observar cómo los alumnos mejoran en la profundidad de su aprendizaje desarrollando criterios propios y asimilando los conocimientos teóricos a medida que les encuentran utilidad para resolver, ahora sí, su problema.

Referencias Bibliográficas

- Biggs, J. (2003), 'Teaching for quality learning at University'. Buckinghamshire, Society for Research into Higher Education and Open University Press.
- Del Canto P.; Gallego I.; López J.; Mora J.; Reyes A.; Rodríguez E.; Sanjeevan K.; Santamaría E.; Valero M., (2009), 'Conflictos en el trabajo en grupo: cuatro casos habituales', *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, 2(4), pp 221-226
- Felder R. (2005), 'Understanding Student Differences', *Journal of Engineering Education*, 94(1), pp 57-72.
- Felder R.; Silverman L., (1988) 'Learning and Teaching Styles In Engineering Education', *Engr. Education*, 78(7), pp 674-681
- Felder R.; Woods D.; Stice J.; Rugarcia A., (2000), 'The Future of Engineering Education. II. Teaching Methods that work', *Chemi. Engineering Education*, 34(1), pp 26-29.
- Font A. (2003), 'Una experiencia de autoevaluación y evaluación negociada en un contexto de aprendizaje basado en problemas (ABP)'. *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria*. 3 (2).pp 100-112
- Fretag F.; Navarro L.; Marquéz J., (2008), 'Improving the Introduction to a Collaborative Project-Based Course on Computer Network Applications'. ICCS 2008, Part II. Lecture Notes on Computer Science (LNCS) 5102, pp 669-677.
- HeyWood J., (2005), 'Engineering Education. Research and Development in Curriculum and Instruction'. IEEE Press. Published by John Wiley.
- Leach L., Zepke N., (2011), 'Engaging students in learning: a review of a conceptual organiser', *Higher Education Reserach Development*, 30(2), pp 193-204.
- Libro Blanco de Ingenierías, (2006), Available in <http://www.aneca.es/Documentos-y-publicaciones/Libros-Blancos>
- Linge N.; Parsons D.,(2006) 'Problem-Based Learning as an Effective Tool for Teaching Computer Network Design", *IEEE Transaction on Education*, 49(1), pp 5-10
- Mao H., Liu L., (2010), 'The Research and Application of PBL Didactics in the Computer Network Technology Course'. 10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT 2010).

- Martín del Peso M.; Rabadán A.; Hernández J.,(In press, 2013), 'Desajustes entre formación y empleo en el ámbito de las Enseñanzas Técnicas universitarias: la visión de los empleadores de la Comunidad de Madrid', *Revista de Educación*.
- Ramos P.; Palacios G.,(2010), 'Considerations on a PBL-Based Course on Radio Communications: a Decade's Experience'. 40th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.
- Regev G.; Gause D. ;Wegmann A., (2009), 'Experiential learning approach for requirements engineering education', *Requirements Engineering* , Springer-Velag 14, pp 269-287.
- Retention and Graduation Rates for Majors in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Comparison of UMBC's STEM Students with STEM Students in Other Highly Selective Institutions'. (2004) Available in <http://www.umbc.edu/oir/Reports/STEM%20CRSDE-July2004.pdf>
- Riveira V.; Mataix A.; Carrasco A. (2006), 'Análisis de los factores que influyen en la duración efectiva de los estudios de ingeniería industrial'. X Congreso de Ingeniería de Organización.
- Rué ,J. (2009), 'El aprendizaje Autónomo en Educación Superior.' Narcea, S.A. de Ediciones.
- Rué ,J., Font , A., Cebrián, G.,(2011), 'El ABP, un enfoque estratégico para la formación en Educación Superior. Aportaciones de un análisis de la formación en Derecho'. *Revista de Docencia Universitaria*, 9 (1), pp 25-44.
- Rugarcia, A.; Felder R., Woods D., Stice J. (2000), 'The Future of Engineering Education. I. A vision for a new century', *Chemi. Engineering Education*, 34(1), pp 16-25.
- Sendra, S.; Canovas A.; García M.; Lloret J., (2009) , 'Método de evaluación cooperativa en clases prácticas de redes de ordenadores.' EAA - Jornadas de Innovación 2009.
- Valero, J. (2007) 'Las dificultades que tienes cuando haces un PBL', *La Educación Superior hacia la Convergencia Europea: Modelos basados en el aprendizaje*. Universidad de Mondragón. Capítulo 8.
- Vázquez, S. (2009) 'Rendimiento Académico y Patrones de Aprendizaje en Ingeniería'. *Ingeniería y Universidad*, 13 (1), pp 105-136.

Artículo concluido el 20 de Junio de 2011

Estepa, R.M. y Estepa, A. J. (2011). Trabajar con la incertidumbre del mundo laboral: análisis de una experiencia con Aprendizaje Basado en Problemas en Redes de Ordenadores. *REDU - Revista de Docencia Universitaria, Número monográfico dedicado al Practicum y las prácticas en empresas*, Vol 9 (2), pp. 213 - 232, publicado en <http://redaberta.usc.es/redu>

Acerca de los autores



Rafael María Estepa Alonso

Universidad de Sevilla

Departamento de Ingeniería Telemática

Email: rafa@trajano.us.es

Profesor Titular de Universidad. El profesor Rafael Estepa se graduó en 1998 como ingeniero de telecomunicación en la Universidad de Sevilla y se doctoró en la misma universidad en 2002 tras haber trabajado en Alcatel durante 2 años. En la actualidad es profesor titular del Departamento de Ingeniería Telemática e imparte docencia de grado y post-grado en ingeniería de telecomunicación.



Antonio José Estepa Alonso

Universidad de Sevilla

Departamento de Ingeniería Telemática

Email: aestepa@trajano.us.es

Profesor Titular de Universidad. El profesor Antonio Estepa se graduó en 1999 como ingeniero de telecomunicación en la Universidad de Sevilla y se doctoró en la misma universidad en 2004 tras haber trabajado en Isotrol durante 2 años. En la actualidad es profesor titular del Departamento de Ingeniería Telemática e imparte docencia de grado y post-grado en ingeniería de telecomunicación.