



Técnicas de aprendizaje cooperativo para la enseñanza de la Física en Ingeniería Industrial

José Ricardo Rizzo

Resumen

Se presentan los resultados de la experiencia docente aplicada en la asignatura 'Mecánica', dictada en el primer curso de Ingeniería Industrial, en la Universidad Europea de Madrid. La actividad fue altamente competencial, y se ha desarrollado en paralelo con metodologías más tradicionales, suponiendo el 30% de la nota final. Los alumnos formaron grupo libremente, eligieron aspectos de Ingeniería relacionados con la asignatura, y desarrollaron el tema a lo largo de todo el cuatrimestre. Finalmente expusieron los trabajos, seguidos de sesiones de preguntas. Las reuniones de seguimiento, realizadas de manera individual, se han constituido como un elemento vital de la experiencia. Otro aspecto clave ha sido el proceso de evaluación, en el que se ha valorado cuantitativamente un número considerable de aspectos, a través de una media ponderada. En comparación con el año anterior, no ha variado significativamente el número de alumnos aprobados, pero se ha reducido sustancialmente el número de abandonos. Las encuestas de satisfacción han sido altamente valoradas, especialmente en cuanto al trabajo en grupo, la transparencia en la evaluación y la libertad en el desarrollo de los temas escogidos. Sin embargo, los alumnos han manifestado algunas dificultades, principalmente en aspectos relacionados a la planificación del tiempo y al número de miembros de los grupos. Los primeros resultados del análisis conjunto entre las encuestas y la calificación detallada, muestran una coincidencia entre la percepción de aprendizaje del alumno y su calificación, mientras que no parece haber correlación con cuestiones emocionales.

Palabras clave: Aprendizaje cooperativo, Espacio Europeo de Educación Superior, planificación, Habilidades comunicativas, Evaluación alternativa.

Abstract

The main results of a teaching experience applied to the module ‘Mechanics’ are presented. This subject is given to the first year in Industrial Engineering at the Universidad Europea de Madrid. The activity was highly skill-oriented, and it has represented 30% of the final qualification. Furthermore, it was implemented simultaneously to more traditional lectures. The students have decided the composition of the groups, as well as the subject of interest (connected to the module) and the planning for the activity, developed during the whole semester. Finally, they have orally communicated their works, followed by sessions of questions. The control meetings maintained by the professor have been revealed as vital elements for the experience. Another key aspect was the evaluation process, which has quantitatively considered several aspects by a weighted mean. When compared with the former year, the number of approved students was not changed significantly, but the amount of ‘given-up’ has greatly decreased. The satisfaction forms were highly well valued, especially concerning to the working in groups, the transparency of the evaluation method, and the possibility of choosing the subject to be studied. However, the students have manifested some difficulties, mainly in aspects such as planning and the size of the workgroups. The first results from the joined analysis of the forms and the detailed evaluations show an agreement between the learning feeling and the qualification, whilst there no seems to be any correlation with emotional factors.

Key Words: Cooperative learning, European Higher Education Area, Planning, Communication skills, Alternative evaluation.

Introducción

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), de inminente puesta en marcha, constituye un marco educativo global que aspira a regular toda la enseñanza universitaria en Europa (González, 2003; Schwarz, 2004). El EEES aboga, entre otros aspectos, por un sistema de créditos (*European Credit Transfer System, ECTS*) adaptado a la dedicación del estudiante y por la explícita formación de habilidades profesionales (CRUE, 2002).

Un número creciente de universidades (Universia 2006) está adaptando sus metodologías didácticas, con el objetivo de adaptarse al EEES y así llegar, mediante una transición suave, a su pleno funcionamiento (González 2005). La Universidad Europea de Madrid (UEM) viene ejecutando una estrategia para la adecuación al EEES, el Plan de Convergencia Europea, consistente en varias fases de concienciación y preparación del profesorado, junto a la incorporación paulatina de metodologías activas en el aula. Varias de estas actividades han quedado reflejadas en las *II Jornadas de Innovación Universitaria* (Cruz 2005). Un hito importante desarrollado durante el periodo lectivo 2004-2005, ha sido el *Plan Piloto de Convergencia Europea*. El objetivo de este Plan Piloto ha sido el de conformar una experiencia educativa acorde a los términos del EEES, que sirva como base para la implantación definitiva del mismo en toda la actividad académica. Aproximadamente un 30% del profesorado de la UEM ha participado voluntariamente de este Plan.

La asignatura *Mecánica* –impartida durante el segundo semestre de las titulaciones de Ingeniería Industrial y la doble titulación de Ingeniería Industrial + ADE, en la Escuela Superior Politécnica– ha sido una de las participantes en el Plan Piloto. Sus características y el conocimiento previo del grupo de alumnos por parte del profesor, convierten a esta asignatura en una especialmente adecuada para el Plan. Partiendo de un conocimiento básico de Física, *Mecánica* se constituye como una oportunidad para desarrollar formalmente varias competencias profesionales, y explorar la implementación de metodologías activas en experiencias de larga duración.

Objetivos

Han sido varios los objetivos perseguidos durante el desarrollo de esta actividad. Fundamentalmente, pueden enumerarse los siguientes:

- Lograr una implicación activa del alumno en el proceso de aprendizaje, donde pueda poner parcialmente en práctica sus conocimientos de Física (adquiridos en el cuatrimestre anterior) y los contenidos propios de la asignatura (desarrollados paralelamente).

- Integrar simultáneamente cinco competencias profesionales en una única actividad: iniciativa, trabajo en equipo, habilidades comunicativas, responsabilidad y planificación.
- Reproducir el entorno del EEES, en cuanto al sistema de créditos ECTS, mediante la dedicación en tiempo adecuada al porcentaje de la nota final.
- Hacer partícipe al alumno del proceso de evaluación.
- Analizar casos reales de Física e Ingeniería desde la perspectiva de los contenidos formales de la asignatura *Mecánica*.

Metodología

Tras una descripción de la actividad a la clase en su conjunto, los grupos han trabajado de manera autónoma en la búsqueda, planificación, desarrollo y presentación del tema elegido. A lo largo de todo el cuatrimestre, se realizó un seguimiento del trabajo de los grupos a través de reuniones individuales con los mismos. Finalmente, los trabajos fueron expuestos en dos sesiones y mediante la presentación de una memoria escrita. Una síntesis del procedimiento empleado sería la siguiente:

- Descripción general de la actividad a desarrollar, incluyendo la dinámica a seguir, y el proceso de evaluación.
- Libre elección de temas a desarrollar, y de formación de grupos de trabajo.
- Búsqueda indiscriminada de información.
- Definición de objetivos, planificación y elaboración del plan de trabajo de cada grupo.
- Selección de la información disponible, incluyendo un análisis de las fuentes y estableciendo criterios para ello.
- Elaboración de cada proyecto grupal.
- Balance intermedio, reflexión y planteamiento de nuevas iniciativas sobre cada proyecto.
- Exposición colectiva, sesiones de preguntas y presentación de una memoria.
- Evaluación y valoración de la actividad.

Desarrollo de la actividad

Se ha desarrollado esta experiencia a lo largo de todo el segundo cuatrimestre, en paralelo con las clases teórico-prácticas. Tras una descripción general de la actividad, la evolución del trabajo de cada grupo fue gestionada a través de las reuniones de seguimiento individuales, que se han constituido como pilares de la experiencia en general. Sin embargo, es destacable el carácter de “seguimiento” de estas reuniones, porque gran parte del tiempo invertido por los alumnos fue en reuniones grupales fuera

de horario. Asimismo, a lo largo de las reuniones de seguimiento los alumnos participaron de los criterios de evaluación, comentando sus puntos de vista acerca de cuáles aspectos deberían ser valorados. El tiempo total necesario para el desarrollo de la actividad fue especialmente controlado en cada reunión, especificando que en ningún caso debería ser superior al 30% del tiempo total que cada alumno dedique a la asignatura, acorde a los principios de EEES, reproducidos “a escala de la asignatura”.

Los alumnos matriculados en la asignatura correspondían a primer año de Ing. Industrial (ING) y a primero de la doble titulación de Ing. Industrial + Lic. en ADE (MIX). Sobre un total de 57 alumnos matriculados (41 en ING + 16 en MIX), han formado grupo un total de 52 alumnos (36 en ING + 16 en MIX). De los restantes 5 alumnos, uno ha trabajado de manera individual por no poder asistir a clases ni a reuniones de seguimiento, y los otros 4 no han acudido a ninguna clase de la asignatura (0% de asistencia). Así, los 52 alumnos que participaron de la experiencia formaron un total de 8 grupos, cada uno de ellos constituido por un total de 5, 6 ó 7 miembros.

La Tabla 1 sintetiza el desarrollo de la actividad. En ella se especifican las diferentes reuniones desarrolladas, las fechas aproximadas, la duración de cada reunión, y el contenido de las mismas. En algunos casos, fue necesario algo más de tiempo que el estipulado por la Tabla 1, y en otros hubo más reuniones intermedias.

Tabla 1. Resumen de reuniones en Mecánica 2004-05

Reunión	Fechas aproximadas	Tiempo aproximado	Objetivos y resultados
Charla preliminar	24 de febrero de 2005	1 hora	Descripción general de la actividad. Sugerencia de dos temas genéricos para la búsqueda inicial de información.
Formación de grupos	17 de marzo de 2005	1 hora	Inscripción formal de los grupos, e identificación de ellos mediante un número.
Seguimiento 1	31 de marzo de 2005	30 min. x 8 grupos = 4 horas	Toma de contacto con los grupos. Revisión de información disponible. Compromiso de planificación para la siguiente reunión.
Seguimiento 2	Entre el 20 y el 26 de abril de 2005	30 min. x 8 grupos = 4 horas	Definición del tema de trabajo. Resolución de dudas de procedimiento. Primera versión del plan de trabajo. Nuevas fuentes de información.
Seguimiento 3	Mediados de mayo de 2005	30 min. x 8 grupos = 4 horas	Puesta al día. Planificación definitiva. Cierre de búsqueda de información. Compromiso de fechas para presentación. Planteamiento de iniciativas.
Seguimiento 4	Finales de mayo de 2005	30 min. x 8 grupos = 4 horas	Revisión final del trabajo, tanto del informe como de la presentación Power Point. Sugerencia de nuevas iniciativas.
Presentación de trabajos	2 y 3 de junio de 2005	30 min. x 8 grupos = 4 horas	Exposición. Sesiones de preguntas. Entrega de informes.
Reflexiones	Del 6 al 10 de junio de 2005	30 min. x 8 grupos = 4 horas	Evaluación objetiva. Comentarios sobre presentación, informe y desarrollo. Virtudes y defectos. Cuestionario de valoración de la actividad.

Charla preliminar. A comienzos del cuatrimestre, se realizó una charla introductoria, que tocó los siguientes puntos: (a) El EEES y el Plan Piloto de Convergencia Europea; (b) Por qué desarrollar la actividad en *Mecánica*; (c) Objetivo de la actividad, con especial énfasis en la formación integral del alumno; (d) Fracción de la nota final asignada a la actividad; (e) Formación libre de grupos; (f) Sugerencia de dos temas de actualidad: el tsunami de diciembre de 2004 y el incendio de la torre Windsor en febrero de 2005. Los temas finalmente propuestos por los alumnos no debían necesariamente ajustarse a los sugeridos; (g) Procedimientos a emplear en el desarrollo, especialmente las reuniones de seguimiento. Los alumnos también pudieron, en esta ocasión, plantear y resolver algunas dudas sobre la actividad.

Formación de grupos. Dos semanas después se constituyeron e inscribieron formalmente los grupos, libremente elegidos entre la clase.

Seguimiento 1. Comienzo de la serie de reuniones de seguimiento individuales con cada grupo. La reunión se centró en tres aspectos: (a) Búsqueda indiscriminada de información (*¿qué y dónde han buscado?*); (b) Conocimiento actual (*¿qué sabes y qué no sabes sobre el/los tema/s?*); (c) Motivación (*¿qué aspectos llamaron tu atención? y ¿sobre qué quisieras trabajar?*). Se utilizó un formulario de seguimiento, que debía reflejar las respuestas a estas cuestiones. A partir de las respuestas, debía desprenderse un tema a desarrollar y la futura planificación, motivo de la siguiente reunión de seguimiento.

Seguimiento 2. En esta reunión cada grupo definió el tema de trabajo, extendió la búsqueda de información y presentó la planificación.

Seguimiento 3. Cada grupo presentó un avance del trabajo, incluyendo un esquema general de la presentación oral y de la memoria. Se discutieron los resultados, y se analizaron las iniciativas desarrolladas. Asimismo, se efectuó un balance y una reflexión sobre las fuentes de información y se fijó la fecha definitiva de las exposiciones orales y el orden de presentación.

Seguimiento 4. En esta reunión el profesor supervisó la versión final de los trabajos orales y escrito. Recabó información sobre el funcionamiento de cada grupo, en cuanto a frecuencia de las reuniones, adecuación del tiempo y participación. Se revisaron las iniciativas y desarrollos de cada grupo, y se sugirieron cambios en los casos mejorables.

Presentación de los trabajos. Durante dos sesiones de dos horas cada una, los ocho grupos fueron exponiendo sus trabajos. Se les asignó un tiempo máximo de 20 minutos para cada presentación, seguido de 10 minutos de preguntas. Se llevó un registro del número y naturaleza de las preguntas de los demás grupos, así como de la calidad y de

la actitud en las respuestas. Es especialmente destacable esta fase, donde todos los grupos han logrado mantenerse ajustados al tiempo asignado, han entendido el rol de un moderador (el profesor en este caso) y han participado activamente a través de preguntas y comentarios. Al finalizar cada sesión, los grupos han entregado la memoria escrita.

Reflexiones. Luego de la presentación de trabajos y de la lectura de las memorias, se establecieron reuniones finales con cada grupo, en las que se reflexionó sobre la actividad en su conjunto. El profesor detalló a cada grupo la puntuación de cada aspecto valorado y una serie de comentarios individuales. Se recogieron verbalmente las opiniones de los alumnos, y se les pasó un breve cuestionario sobre su valoración de la actividad.

Evaluación de los trabajos

La experiencia tiene un fuerte carácter competencial. Eso conlleva a la valoración de nuevos aspectos, dando coherencia al objetivo global que se persigue: la formación integral del alumno. En otras palabras, ningún grupo sería calificado exclusivamente por la calidad de su presentación oral o escrita, sino también por los demás aspectos involucrados en su elaboración, como la responsabilidad o la habilidad de organizarse dentro de un grupo.

La Tabla 2 muestra los aspectos que fueron considerados objetivamente en la calificación de la experiencia a cada grupo. Cada uno de los aspectos detallados fue calificado en un rango de 0 (mal) a 5 (excelente). Luego se ponderó cada uno de ellos en una escala de 1 a 3, y se calculó un promedio con dichas ponderaciones. La nota de la actividad, normalizada a una escala de 0 a 10, supuso un 30% de la nota final de la asignatura.

Esta tabla, junto a una serie de comentarios subjetivos escritos a continuación, fue dada y explicada a cada grupo en la reunión final (“Reflexiones”), persiguiendo un objetivo de transparencia en los criterios utilizados para la nota. El procedimiento tuvo, en general, una excelente acogida por parte de los alumnos.

Tabla 2. Ejemplo de hoja de evaluación

El Puente de Tacoma		5
Concepto	Calif [0-5]	peso [1-2-3]
Aportación original: Desarrollo de análisis y cálculos de forma independiente (iniciativa).	5	1
Búsqueda de información: Nivel de información. Claridad en el criterio de selección. Referencias explícitas.	5	3
Planificación y Metodología: Elaboración del plan de trabajo, y su consecuente cumplimiento.	5	2
Presentación 1: Nivel Nivel estético, claridad y habilidad comunicativa.	5	1
Presentación 2: Transferencia Interés y éxito en la transferencia de contenidos a la clase.	5	1
Presentación 3: Tiempo Administración del tiempo.	4	1
Presentación 4: Preguntas Interés y capacidad del grupo para responder las preguntas planteadas, y para formularlas a otros grupos.	4	1
Memoria: Grado de exactitud, nivel y calidad del informe.	5	3
Formalidad del grupo: Asistencia a las reuniones de seguimiento, compromisos cumplidos, puntualidad.	5	2
Trabajo en equipo: Funcionamiento como grupo, organización interna.	5	2
Total:	83	
	97,6 %	
<p>Excelente presentación: bien coordinado el texto con lo que se decía. Bien explicada la estructura del trabajo Demasiado tiempo en osciladores. La mención del rozamiento fluido estuvo muy bien. El grupo estudió y explicó perfectamente varios temas de la asignatura Respuestas adecuadas y claras (aunque no todas). Muy oportuno el vídeo.</p>		

Valoración de la experiencia

Valoración del profesor

Es difícil evaluar la totalidad de los resultados de una experiencia de este tipo, fundamentalmente por la existencia de un carácter subjetivo en varios aspectos de ella. Dado el riesgo evidente de la actividad (por el carácter pionero y por la apuesta de libre elección de tema, grupo y planificación), la experiencia ha sido altamente positiva. Todos los grupos han trabajado satisfactoriamente, y fue nulo el porcentaje de abandonos.

Seis de ocho grupos han elegido temas relacionados con la torre Windsor, aunque con enfoques claramente diferentes, tales como la estructura, la comparación con el incidente de las Torres Gemelas de Nueva York, los procesos de demolición, los materiales involucrados o un estudio del incendio en relación con la estructura. Los restantes dos grupos han elegido temas altamente originales, como el estudio de la caída del puente de Tacoma (tanto desde el punto de vista estructural, como de la resonancia y de la aerodinámica) y el análisis mecánico y ondulatorio de las telarañas. De este modo, en las sesiones hubo grupos expertos en temas que se exponían, y por otro lado una dosis de temas absolutamente novedosos.

Han sido varios los desafíos planteados al estudiante en esta experiencia. Los alumnos debieron trabajar en grupo a lo largo de todo un cuatrimestre, aunque en la etapa inicial lo hayan hecho de manera individual. Debieron confiar y necesitar de sus compañeros, organizarse, cumplir con las reuniones de grupo y las de seguimiento, seleccionar y analizar críticamente la información adquirida por ellos mismos. Probablemente, los aspectos más destacables han surgido durante las presentaciones: el excelente control del tiempo y la actitud altamente positiva en las preguntas, ya sea planteándolas o respondiéndolas.

El trabajo de los alumnos en esta experiencia se ha contagiado a la actividad tradicional desarrollada en paralelo. Este aumento de la motivación ha sido ya señalado por otros autores (por ejemplo, Davis, 1993). Ha aumentado significativamente el número de alumnos presentados a los exámenes parciales, destacando alumnos en 5ta. convocatoria que alcanzaron muy buenos resultados (por encima de 7 en la nota final). La Tabla 3a refleja el nivel de participación y los resultados finales en la asignatura. Se observa un porcentaje casi idéntico de aprobados en ambas titulaciones (69%), lo que representa – respecto a años anteriores– una mejora relativa de ING respecto a MIX. Cuando se comparan los resultados entre los cursos 2003-2004 y 2004-2005 (Figura 1), se observa

que la participación ha aumentado, aunque no necesariamente el porcentaje de alumnos aprobados; en dicha figura, se representa el porcentaje de alumnos en función de sus notas, para cada año. Sin embargo, la nota media ha aumentado en 1.2 – 1.3 puntos, tanto en los alumnos suspendidos como en los aprobados, como se puede apreciar en la Tabla 3b y en las áreas desplazadas hacia la derecha en la Figura 1.

Tabla 3a. Participación y rendimiento (en nro. de alumnos)

	Total	ING	MIX
Matriculados	57	41	16
Participaron	52	36	16
No participaron	5	5	0
Aprobados	36	25	11
Suspendidos	16	11	5
No presentados	5	5	0

Tabla 3b. Comparativa respecto al curso 2003-2004

	2003-2004	2004-2005
Nota media SS	2.3 ± 1.0	3.6 ± 0.7
Nota media AP*	6.7 ± 1.2	7.9 ± 1.4

Nota media de los alumnos aprobados (AP), notables (NT), sobresalientes (SOB) y matrículas de honor (MH).

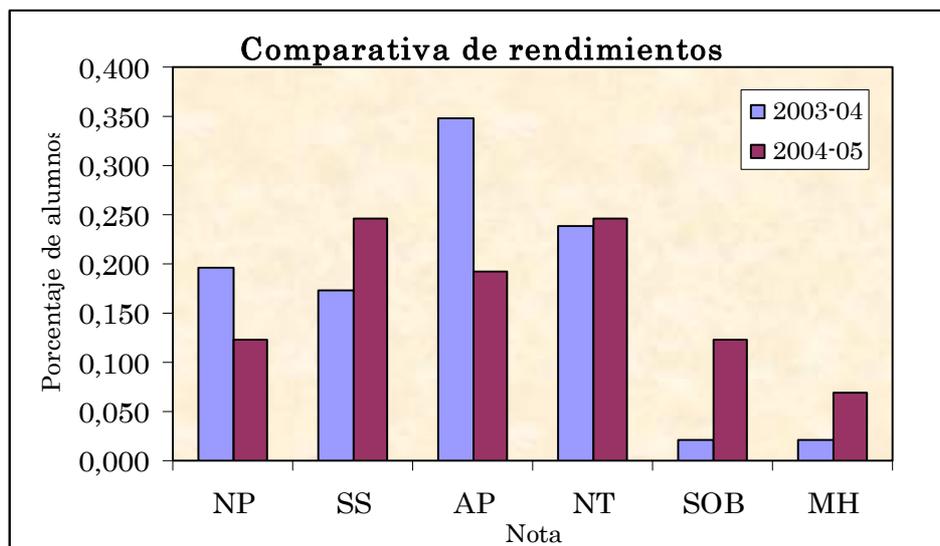


Figura 1. Comparativa de resultados entre los dos últimos años (en fracción del total de alumnos matriculados).

Valoración del alumno

Así como la perspectiva del profesor se ve influida por aspectos subjetivos, también el alumno percibe la actividad afectado por circunstancias que pueden restarle objetividad. El constante diálogo con los alumnos, fundamentalmente durante las reuniones de seguimiento, ha sido una fuente de alimentación importante a la hora de recoger las impresiones de la clase respecto a la actividad. Las opiniones de los alumnos valoran, mayoritariamente, dos aspectos: (1) un total acuerdo con el esfuerzo del profesor en conseguir una calificación objetiva; y (2) el desarrollo de habilidades para trabajar en equipo. En menor medida, los alumnos valoraron positivamente (3) la simulación de un entorno real de trabajo, y (4) la mayor proximidad con el profesor, a través de las reuniones de seguimiento. En cuanto a los aspectos negativos, la duración de las reuniones no ha sido en ocasiones suficiente, aunque supieron adaptarse a ello. La incertidumbre inicial por la falta de guía al elegir sus temas de presentación se tradujo finalmente en una valoración positiva, como se verá más adelante.

De todas maneras, el elemento objetivo más importante fue, sin duda, las encuestas de valoración que completaron los alumnos durante la reunión final ('Reflexiones'). Es oportuno señalar que la visión global del profesor respecto a la actividad fue brindada a cada grupo después de que se cubrieran las encuestas de valoración, con el objeto de no influir en las mismas. En esta encuesta participaron 47 alumnos, lo que representó el 90% de los que desarrollaron la actividad.

Las encuestas de valoración fueron confeccionadas en base a 15 afirmaciones, sobre las que el alumno manifestaba su grado de acuerdo desde 1 ("totalmente en desacuerdo") hasta 5 ("totalmente de acuerdo"). También se dejó espacio en blanco para que el alumno exprese sus opiniones favorables o desfavorables (PROs y CONTRAs). La Tabla 4 reproduce la encuesta que los alumnos cubrieron durante la reunión final. Las 10 primeras frases hicieron referencia a: implicación emocional (1 y probablemente 10), aprendizaje (2, 3 y 4), planificación y organización (5 y 6), contextuales (7, 8 y 9), y satisfacción con el profesor como guía (10). Las frases 11 a 15 se refirieron a las competencias presumiblemente desarrolladas.

Los resultados globales de estas encuestas establecieron una media de 4.11, con una desviación típica de 0.84, y una moda de 4. La Figura 2 muestra un histograma con los resultados totales (sin distinguir entre las preguntas planteadas). A la luz de estos datos, puede considerarse a la valoración global de los alumnos como altamente positiva.

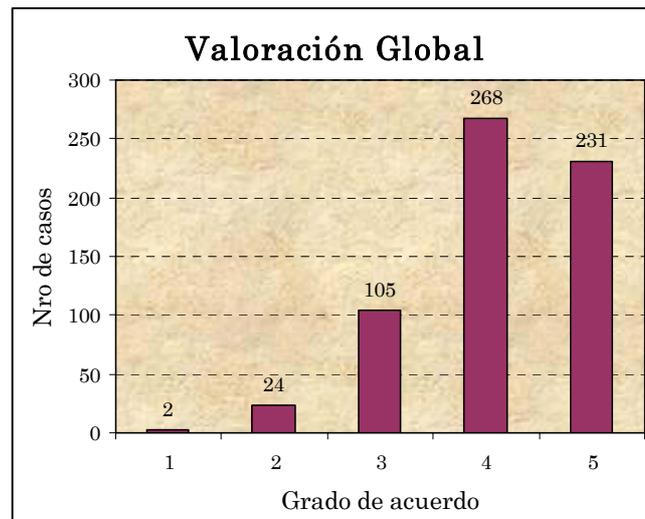


Figura 2. Valoración global de la actividad (Ver texto).

Un análisis más detallado de cada uno de los aspectos valorados puede visualizarse en la Figura 3. En ella, se representan los valores medios de cada variable (E1 a E15), junto a las desviaciones típicas como barras de error. Los diferentes colores ayudan a visualizar las categorías mencionadas antes. La Tabla 5 sintetiza los resultados, indicando la pregunta valorada, sus mínimos, máximos, valores medios, desviaciones típicas y modas. En la segunda parte de la tabla, también se muestran los mismos resultados, agrupados por categorías.

Tabla 4. Modelo de encuesta de valoración de la actividad

MECÁNICA 2004/05

Indica tu grado de acuerdo con los siguientes aspectos (1 = Totalmente en desacuerdo; 5 = Totalmente de acuerdo)

	1	2	3	4	5
01. He disfrutado con la actividad					
02. Hemos aprendido algo nuevo					
03. Lo considero en conexión con la asignatura					
04. Lo considero en conexión con la titulación					
05. El tiempo que he dedicado es el adecuado a la actividad					
06. El tiempo que requiere la actividad está adaptado al porcentaje de la nota					
07. Las reuniones de seguimiento son fundamentales para esta actividad					
08. La duración de las reuniones ha sido suficiente en cada caso					
09. El número de miembros de mi grupo es el adecuado a la actividad					
10. El profesor ha guiado correctamente la actividad					
Gracias a esta actividad, considero que he desarrollado las siguientes competencias:					
11. Iniciativa					
12. Trabajo en Equipo					
13. Planificación					
14. Responsabilidad					
15. Habilidades comunicativas (oral y/o escrita)					

PROs:	CONTRAS:
-------	----------

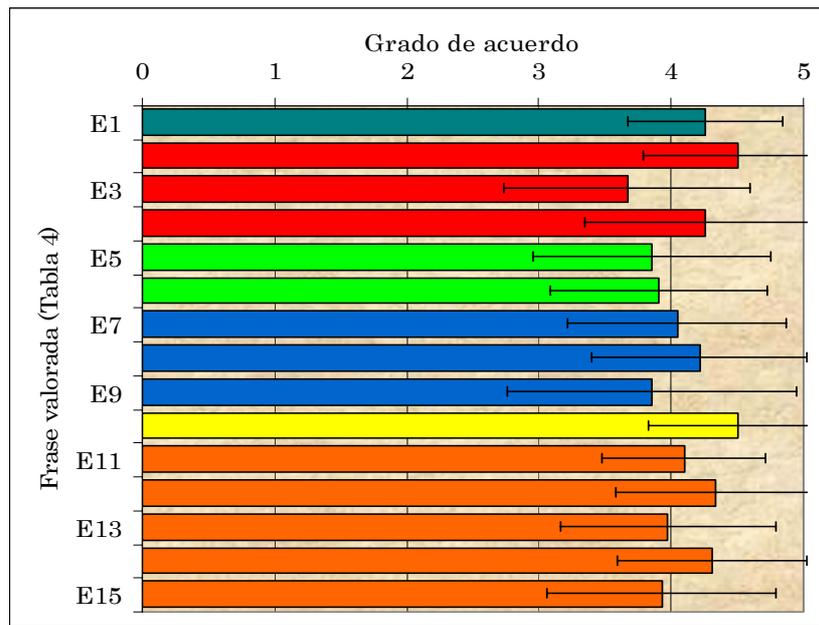


Figura 3. Valoración detallada de la actividad. Desde E1 hasta E15 se indica la media de cada valoración. Las barras de error representan la desviación típica. Los colores indican los diferentes grupos de preguntas, tal como se detallan en el texto: emoción, aprendizaje, planificación, contexto, profesor, competencias.

Tabla 5. Resumen estadístico de la valoración de alumnos

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.	Moda
E1	3	5	4,26	0,59	4
E2	2	5	4,50	0,71	5
E3	2	5	3,67	0,93	4
E4	2	5	4,26	0,91	5
E5	1	5	3,86	0,90	4
E6	2	5	3,90	0,82	4
E7	2	5	4,05	0,83	4
E8	2	5	4,21	0,81	4
E9	1	5	3,86	1,10	4
E10	3	5	4,50	0,67	5
E11	2	5	4,10	0,62	4
E12	2	5	4,33	0,75	4
E13	2	5	3,98	0,81	4
E14	2	5	4,31	0,72	4
E15	2	5	3,93	0,87	4
Emocionales	3	5	4,26	0,59	4
Aprendizaje	2	5	4,14	0,62	5
Planificación	2,33	5	3,94	0,59	4
Contexto	3	5	4,04	0,55	4
Profesor	3	5	4,50	0,67	5
Competencias	3,2	5	4,13	0,48	4

En base a los resultados consignados en la Tabla 5 y la Figura 3, destacan algunos puntos. Hay, en general, bastante uniformidad con las respuestas alrededor de la moda. La menor dispersión se aprecia en la variable emocional (pregunta 1 de la encuesta), mientras que la mayor discrepancia aparece en la pregunta 9, referente al número de miembros de los grupos. Esta pregunta, además, está entre las medias más bajas, junto al tiempo que el alumno dedicó a la actividad (pregunta 5) y al aprendizaje en conexión con la asignatura (pregunta 3). De alguna manera, y teniendo en cuenta las modas de las preguntas 2 y 4, también de aprendizaje, esto puede interpretarse en términos de una visión aún tradicional por parte del alumno: él continúa sin considerar la formación en habilidades como algo conectado a una asignatura de claro corte científico.

Las opiniones recogidas en los PROs y CONTRAs también han brindado información cualitativa acerca de la experiencia. Se han recogido 44 PROs y 15 CONTRAs, lo que también refleja el grado de compromiso con la actividad. Estas opiniones están alineadas con las recogidas verbalmente por el profesor, indicadas al comienzo de esta sección. Entre los PROs, destacan los comentarios referidos al: aprendizaje (sobre todo en cuanto a la profesión), el trabajo en grupo, el fomento de la iniciativa y valoración positiva de la libertad para realizar el trabajo. Las CONTRAs destacan dificultades, para trabajar en equipo, para administrar el tiempo y variables de tipo contextual, como la duración de las reuniones o número de miembros en los grupos.

Valoración conjunta

Durante una experiencia de este tipo es especialmente interesante poder contrastar las valoraciones del alumnado y del profesor, dadas las evidentes diferencias en sus perspectivas. En este sentido, el sistema de evaluación empleado, así como la metodología seguida en las encuestas de satisfacción de la actividad, permitieron en su conjunto la construcción de una importante base de datos. Por un lado, el profesor evaluó una serie de aspectos puntuales referidos a la implicación activa de cada grupo, grado de aprendizaje, competencias, formalidad, etc. Por otro lado, cada grupo se expresó en aspectos compatibles con lo anterior: grado de satisfacción emocional con la actividad y con el profesor, aprendizaje, competencias, organización, contexto, etc.

En otras palabras, se dispone de información objetiva que permite contrastar la valoración realizada por el profesor sobre algunos aspectos, con la percepción del alumno sobre los mismos o similares tópicos. Los primeros resultados de este análisis se sintetizan en la Figura 4, donde se grafican las categorías encuestadas (sus valores medios), en función de la nota obtenida por cada grupo. Las barras de error indican la desviación típica en cada categoría.

En un primer análisis, es destacable la correlación entre el aprendizaje y la nota: la percepción del alumno de su propio aprendizaje coincide estadísticamente con la valoración del profesor, manifestada a través de la nota. Sin embargo, no parece haber una correlación clara en la variable emocional, o en la percepción del profesor como guía de la actividad. En los otros casos, las correlaciones no parecen significativas, sobre todo teniendo en cuenta la alta dispersión y el bajo rango dinámico.

Claramente, los datos disponibles alientan un futuro análisis más meticulado respecto a este “diálogo” objetivo entre el alumno y el profesor.

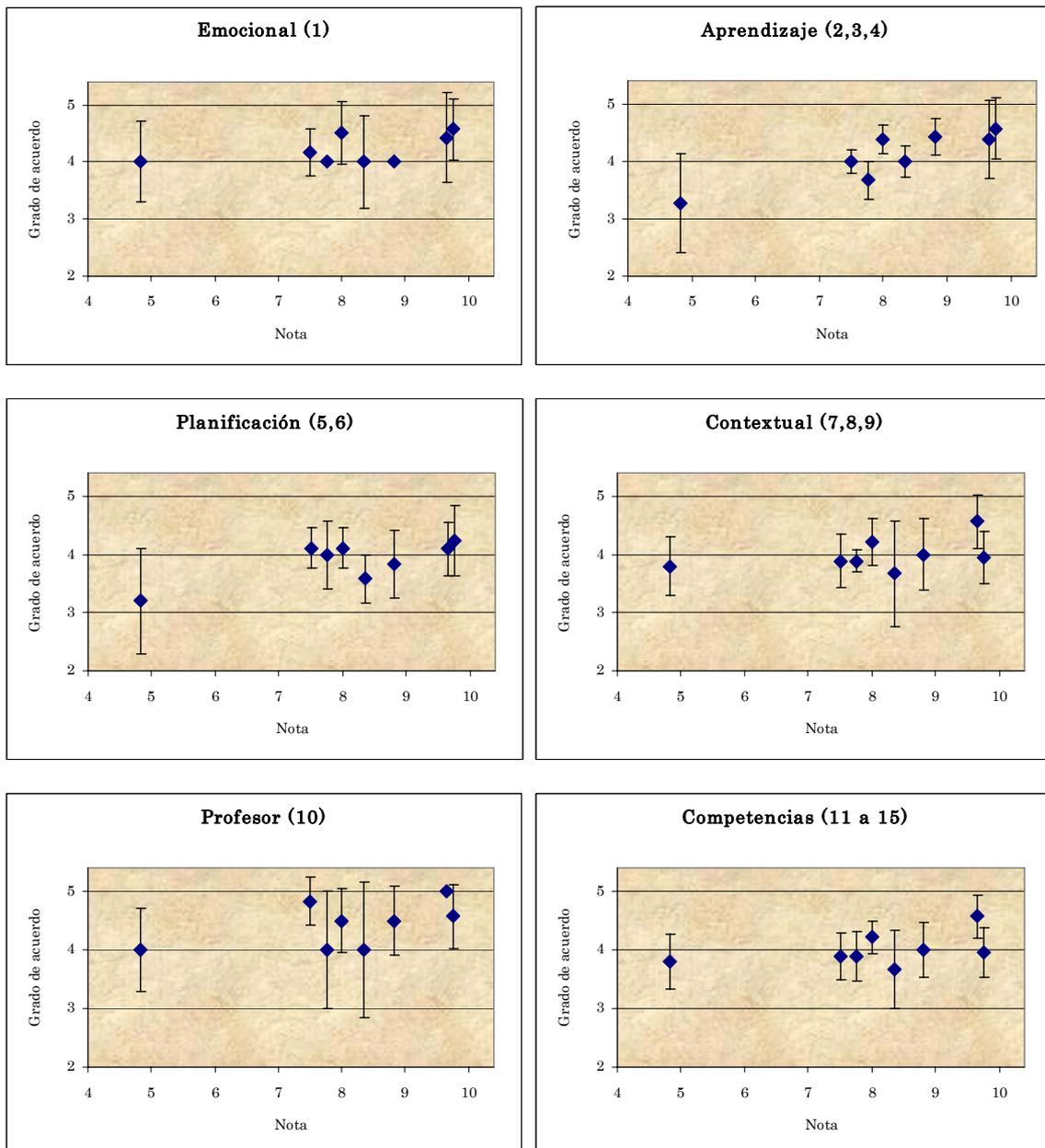


Figura 4. Valoración de las categorías encuestadas, en función de la nota obtenida en la experiencia.

Dificultades

A pesar de la planificación y la claridad inicial de objetivos, fue posible percibir una serie de dificultades no previstas, que se han sumado a las inicialmente esperadas.

En primer lugar, el número de alumnos matriculados previsiblemente conspiraría contra un buen seguimiento de la actividad. Este factor fue mayormente compensado con una manifiesta autonomía en la segunda mitad del cuatrimestre, cuando los grupos comenzaron a “funcionar” adecuadamente como tales. Aún así, el número de miembros en cada grupo fue valorado como excesivo por algunos alumnos.

Otra dificultad no prevista estuvo relacionada con la planificación. Se supuso inicialmente, de manera errónea, que se llegaría a una planificación razonable en la primera reunión de seguimiento, o máximo antes de la segunda como muy tarde. Esto no fue posible en casi ningún caso, en gran parte por el simple hecho de que los alumnos no distinguen entre una planificación para desarrollar un producto (en este caso, la presentación oral y la memoria escrita) y el producto en sí mismo. Era habitual que el esquema de las planificaciones fuera justamente el índice de la memoria, o la secuencia de la presentación. Salvo por el tiempo añadido a la tarea, esta dificultad se tradujo en una oportunidad de enseñanza, y en un valor añadido al perfil del alumno. La experiencia le sirvió también para dar sus primeros pasos en la elaboración de un plan de trabajo, en contraste con actividades “secuenciales” tradicionalmente ejecutadas.

Aún dominando el tema que desarrollan, a un importante número de alumnos les costó llegar a conclusiones claras, o confunden las mismas con temas abiertos, más bien propios de una discusión. También aquí la dificultad inicial se tradujo en una mejora de su perfil: la experiencia les permitió reflexionar más profundamente sobre sus propios puntos de vista, y defenderlos adecuadamente dentro de su grupo de trabajo.

El variado grado de iniciativa identificado en toda la clase representó un problema potencial en cuanto al rendimiento global de la misma, ya que previsiblemente algunos grupos podrían progresar a un ritmo menor que otros. En este sentido, las reuniones de seguimiento fueron de gran provecho, y el instrumento regulador del rendimiento de cada grupo.

Conclusiones

El aprendizaje cooperativo es una metodología especialmente útil en titulaciones científico-técnicas, y su implementación en los primeros años debería ser determinante en la formación integral del alumno (Cuseo, 1996). A la vista de los resultados alcanzados y los objetivos cumplidos, la actividad desarrollada en *Mecánica* puede considerarse como una experiencia de aprendizaje autónomo altamente positiva. Los alumnos trabajaron de manera organizada, sin la inversión de un tiempo excesivo y logrando resultados satisfactorios, tanto desde la visión del profesor como de la clase. Tratándose de alumnos de primer año, puede considerarse un importante paso hacia una modalidad dinámica y novedosa de enseñanza.

La actividad permitió el desarrollo simultáneo de cinco competencias, percepción también avalada por la clase en su conjunto. A lo largo del cuatrimestre, se notó una evolución clara del grupo. Esto significa que la actividad no solamente fue beneficiosa en el rescate de valores innatos en cada alumno, sino también en el fomento y la educación de nuevas habilidades; fundamentalmente, los valores relativos al trabajo en grupo y la planificación.

Una correlación destacable fue el aprendizaje. Los alumnos que manifestaron haber aprendido más, coincidieron estadísticamente con los que obtuvieron mejores calificaciones. Además, hubo una correlación (aún no evaluada objetivamente) entre el número y la calidad de las preguntas formuladas, y la calificación obtenida; esto reforzaría las mejores notas en relación a la implicación del alumno. Sin embargo, los aspectos más emocionales no parecieron correlacionarse con la calificación.

Las reuniones de seguimiento, contempladas en el Plan Piloto de Convergencia Europea, se mostraron como herramientas esenciales en el desarrollo de la actividad. Permitieron guiar a los grupos a lo largo del cuatrimestre y evitar el abandono, a la vez que mantuvieron abierta la iniciativa y permitieron el progreso del grupo en sí, y del producto de su tarea.

El número total de alumnos fue un tanto elevado, lo que impuso una limitación en la cantidad de reuniones y en la duración de las mismas. La mayor disparidad expresada por los alumnos se encontró en su acuerdo en cuanto al número de miembros de los grupos. A pesar de ello, la flexibilidad inherente a la experiencia permitió un grado más que razonable de satisfacción.

La experiencia fue efectiva tanto en los procedimientos como en los contenidos. Sin embargo, se presentó como altamente formativa en lo competencial. Esta característica

podría darle mucha utilidad en el desarrollo de metodologías activas en otras asignaturas.

La libertad inicial en la elección de los temas a desarrollar, se tradujo en una interesante variedad, algo valorado de manera positiva tanto por el profesor como por la clase. Durante las sesiones de presentación, se alternaron temas de conocimiento bastante generalizado, con otros muy novedosos para la clase. Además de amenizar y enriquecer la tarea, esta diversidad requirió la consulta por parte de los alumnos hacia profesores de otros departamentos. De este modo, la posible transversalidad con actividades de este tipo es un aspecto que merece ser explorado en breve.

La experiencia es fácilmente generalizable a cualquier asignatura, porque sus características son más bien competenciales. El pronóstico es particularmente optimista en asignaturas anuales, dado el mayor tiempo disponible para una actividad de larga duración.

Finalmente, esta experiencia docente es especialmente generosa en información, con lo que se podría continuar trabajando, básicamente, desde dos frentes. Por un lado, la base de datos creada con la evaluación del profesor y la valoración de los estudiantes permitiría profundizar en la lectura simultánea de la experiencia. Por otro lado, el contacto fluido con la clase permitió recoger una serie de opiniones que indudablemente pueden mejorar la actividad en el futuro próximo, o podrían ser útiles para la definición de nuevas alternativas.

Bibliografía

- CRUE
2002 Confederación de Rectores de las Universidades Españolas, Grupo de Trabajo: El crédito europeo y el sistema educativo español. Madrid: Informe Técnico. 40 p.
- CRUZ, A. y BENITO, A.
2005 II Jornadas de Innovación Universitaria, Villaviciosa de Odón.
- CUSEO, Joseph
1996 Cooperative learning: A pedagogy for addressing contemporary challenges and critical issues in Higher Education. New Forum Press.
- DAVIS, Barbara
1993 Tools for teaching. San Francisco: Jossey-Bass.
- GONZÁLEZ, Julia y WAGENAAR, Robert
2003 Tuning Educational Structures in Europe. Deusto y Gröningen: Universidad de Deusto, 338 p.

SCHWARZ, Stefanie y WESTERHEIJDEN, Don F.
2004 Accreditation and evaluation in the European Higher Education Area. Berlin:
Springer, 495 p.

UNIVERSIA

2006 Experiencias piloto en las universidades españolas. [en línea]
< <http://eees.universia.es/universidades/experiencias-piloto/index> > [Consulta: 11
de julio de 2006]

Para citar este documento, puede utilizar la siguiente referencia:

RIZZO, Ricardo (2006). "Técnicas de aprendizaje cooperativas para la enseñanza de la física en Ingeniería Industrial" [revista en línea]. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria (RIDU) Año 2 - Nº1- Noviembre 2006*. [Fecha de consulta: dd/mm/aa].

<http://beta.upc.edu.pe/calidadeducativa/ridu/2006/ridu2_3RR.pdf>

Ricardo Rizzo

jricardo.rizzo@uem.es

Doctor en Astrofísica por la Universidad de La Plata (1994). Como especialista en radioastronomía y en medio interestelar, ha publicado más de 40 artículos en revistas del área, incluyendo *Astrophysical Journal*, *Astronomy and Astrophysics*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Ha ejercido la docencia en diversas universidades, en Física, Análisis Matemático y Astronomía, en carreras como Física, Arquitectura e Ingeniería. Actualmente, es profesor titular de la Universidad Europea de Madrid, donde implementa metodologías activas en la enseñanza de la Física.