

Una propuesta metodológica para Física de los grados en Ingeniería

José Benito Vázquez Dorrió

Departamento de Física Aplicada. ETSI de Minas. Universidade de Vigo E-mail: bvazquez@uvigo.es.

Resumen: En este trabajo se presenta una propuesta metodológica en un primer acercamiento a las materias de Física en el primer curso de los Grados en Ingeniería de la Energía y en Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos que se imparten en la ETSI de Minas de la Universidade de Vigo. Se describe la evolución de las actividades formativas, las herramientas empleadas y los resultados más relevantes en los últimos años académicos. Se entiende que el proceso puede ser exportado y adaptado a otras materias y titulaciones pertenecientes al ámbito tecnológico y científico.

Palabras clave: Física, Ingeniería, Aprendizaje Basado en Proyectos, Actividades Manipulativas, Aprendizaje Cooperativo.

Title: A methodological proposal for Physics in Undergraduate Engineering Programmes

Abstract: This paper presents a methodological proposal in a first approach to the subjects of Physics in the first year of Degrees in Energy Engineering and Mining and Energy Resources Engineering offered at the Higher School of Mining Engineering at the University of Vigo. It describes the evolution of training activities, the tools used and the more relevant results in recent academic years. It is understood that the process can be exported and adapted to other subjects and degrees belonging to the technological and scientific fields.

Keywords: Physics, Engineering, Project Based Learning, Hands-on Activities, Cooperative Learning.

Introducción

El vertiginoso desarrollo de las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (NTIC) ha conducido a diferentes formas de adquirir e intercambiar el conocimiento. En el ámbito del aprendizaje formal universitario ha facilitado en parte la transformación de las funciones docentes, la pérdida de protagonismo de las clases presenciales y el cuestionamiento del sistema clásico magistral con evaluación única y finalista. En este modelo más participativo, el profesor se convierte parcialmente en guía, orientador, tutor, mentor y organizador de recursos que, mejorando la comprensión de la materia, facilita el trabajo autónomo para enfrentarse y resolver dificultades (Bigg, 2005; Zabalza, 2004).

Las materias de Física son de carácter básico y obligatorio en el primer curso de todos los Grados en Ingeniería que surgen del Espacio Europeo de Educación

Superior (EEES). Tienen una carga mínima de 6 créditos del *European Credit Transfer System* (ECTS) por cuatrimestre y unos contenidos fijados que abarcan genéricamente la comprensión y el dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la Mecánica, la Termodinámica, los Campos y las Ondas y el Electromagnetismo. Se incluyen asimismo su aplicación práctica y tecnológica para la resolución de problemas propios de la Ingeniería, como demanda el contexto en el que se imparten. En estas materias fundamentales se hace necesario además no solo centrarse en los conocimientos del contenido que se pretende transmitir sino también, dentro del correspondiente marco de titulación, en las competencias, capacidades, habilidades y aptitudes. En esencia estas son: interrelación, autoaprendizaje, trabajo cooperativo, manejo de las NTIC, calidad y valores... Todas ellas competencias transversales comunes a la mayoría de las asignaturas que conforman el grado y que en mayor o menor medida todas ellas deben colaborar a su consecución (De Miguel, 2006; Villa y Poblete, 2008). Tradicionalmente las dificultades en estas materias fundamentales se asocian a deficiencias previas en la preparación del alumnado, tanto en sus contenidos específicos asociados como en el conocimiento de las necesarias herramientas matemáticas, sin valorar suficientemente las responsabilidades metodológicas o actitudinales (Guisasola *et al.*, 2007).

En este trabajo se presenta una propuesta y sus resultados, empleando metodologías más activas y motivadoras, de un primer acercamiento a este nuevo marco de las materias de Física en el primer curso de los Grados en Ingeniería de la Energía y en Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos que se imparten en la ETSI de Minas de la Universidade de Vigo (WEB 1).

Estrategias metodológicas

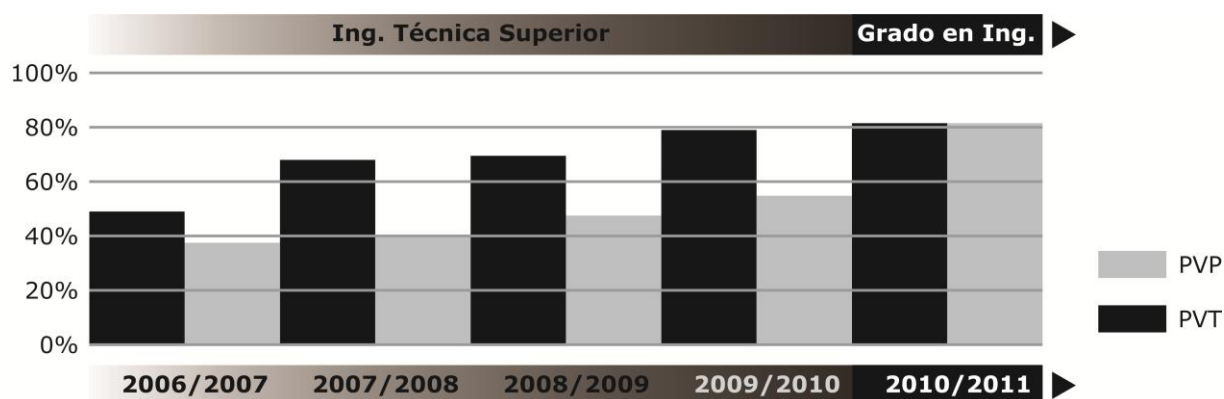
Los contenidos de las materias obligatorias de Física 1 y Física 2 en el primer curso de los mencionados Grados en Ingeniería tienen una correspondencia casi total con los que se impartían en la titulación de Ingeniería Técnica Superior de Minas de las que derivan. En el momento de distribuir los 6 créditos del ECTS por cuatrimestre, correspondientes a 150 horas presenciales y de trabajo personal del alumnado, para la elaboración de los nuevos planes de estudio se decidió (tabla 1), de acuerdo con las limitaciones normativas, considerar el empleo en los Grados de grandes grupos A de clase magistral con 50 estudiantes, grupos medianos B de clase práctica con una veintena de estudiantes y pequeños grupos C de seminario con una decena de estudiantes. Ello en el entendimiento de que uno de los objetivos del nuevo contexto educativo actual es el fomento, uso y utilización de herramientas que induzcan el trabajo autónomo tutelado del alumnado. Este cambio en la ponderación de la presencialidad necesariamente debía conducir a un cambio en la práctica docente, que de forma aproximada y gradual ya se venía experimentando en mayor o menor medida desde hacía varios años académicos.

En el primer año, curso 2010/2011, de implantación de las materias de Física para los Grados en la ETSI de Minas de la Universidade de Vigo (WEB1) uno de los objetivos era aplicar de forma global una serie de actividades evaluables programadas que hasta el momento llevaba a cabo el alumnado de forma esporádica y voluntaria (gráfica 1). Todo ello en un contexto en el cual se había pasado de un medio centenar de estudiantes en la antigua titulación de Ingeniería de Minas al centenar de estudiantes en los nuevos Grados en la ETSI de Minas. Además de las clases magistrales (Grupo A), que resultan útiles y

eficaces para transmitir conceptos clave a la generalidad, se intensificaron los aspectos más prácticos y participativos del alumnado, como el aumento de la realización de sesiones prácticas en grupo mediano (Grupo B) y de seminario (Grupo C) o el planteamiento de tareas-desafío individuales y en pequeño grupo, bajo la premisa de que se aprende y retiene todo aquello que se ha experimentado de forma autónoma. Al mismo tiempo se introducía un sistema de evaluación basado en la utilización de diversidad de instrumentos y agentes integrados continuamente en la práctica diaria, combinando el examen oficial con otras actividades que necesitaban elaboración previa de cuestiones teóricas, práctico-problemáticas y práctico-experimentales, de manera que se incentivara en el alumnado el trabajo regular, continuo y de calidad a lo largo de todo el cuatrimestre.

Actividad Formativa	G	Metodología	ECTS _P	ECTS _N	ECTS _T	Herramientas
Clases centradas en contenidos teórico-prácticos Clases prácticas Evaluación	A	Sesión magistral Aprendizaje por resolución de problemas o ejercicios Realización de pruebas	1,1	2,3	3,4	Notas Guía de Teoría Boletines de Problemas Actividades manipulativas Simulaciones interactivas PVT-PVP Examen Parcial/Final
Prácticas de Laboratorio	B	Clases experimentales Aprendizaje por proyectos	0,8	0,8	1,6	Notas Guía de Laboratorio Boletines de Problemas PVP Examen Parcial/Final
Seminarios Tutorías en grupo	C	Debate Análisis de casos Orientación y resolución de dudas	0,2	0,8	1,0	Boletines de Problemas PVT-PVP Proyecto de Física Examen Parcial/Final

Tabla 1. Actividades Formativas impartidas en Grupos (A-B-C), con su Metodología de enseñanza-aprendizaje, su contenido en créditos del ECTS (Presenciales, No presenciales y Totales) y sus Herramientas en las materias de Física de primer curso para los Grados en Ingeniería de la Energía y en Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos que se imparten en la ETSI de Minas de la Universidad de Vigo



Gráfica 1. Porcentajes de participación calculados sobre la matrícula total por cuatrimestre en las Pruebas Voluntarias de Teoría (PVT) y en las Pruebas Voluntarias de Problemas (PVP) en los cinco años académicos recientes

Para plasmar todo este proceso de forma eficaz se hacía imprescindible el empleo de una plataforma de aprendizaje virtual que permitiera llevar más allá del aula el vínculo de los contenidos con el alumnado para suministrarles actividades, recursos y una vía cuasi-inmediata de seguimiento y comunicación.

Así a partir del Servicio de Teledocencia de la Universidad de Vigo (WEB 2) se gestiona el envío de todos los anuncios relacionados con la marcha de la materia, se facilita la comunicación en los foros activados y se pone a disposición del alumnado las diferentes pruebas, exámenes, trabajos, documentos, ... que se utilizan durante el proceso de aprendizaje. El material actualmente seleccionado se había creado y actualizado de forma progresiva en varios cursos académicos anteriores (tabla 2).

Ing. Técnica Superior				Grado en Ing.
18	25	29	33	78
2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011

Tabla 2. Número de accesos a la plataforma de enseñanza virtual por alumno y cuatrimestre en los cinco años académicos recientes

El seguimiento de la materia se facilita con el uso de unas Nota Guía de Teoría (actualizadas cuando menos desde hace más de diez cursos académicos) que complementando la extensa bibliografía básica asociada evita transcribir literalmente las explicaciones impartidas en el aula y facilitan al mismo tiempo valiosos referentes previos a las tareas presenciales. Otra información adicional establece además relaciones entre nuestras materias y los contenidos preuniversitarios que supuestamente ha seguido el alumnado, muchos de ellos inicio y base de la que posteriormente se parte. Siempre que es posible en la clase magistral se amplían los contenidos audiovisuales con la recreación por parte del profesorado (Vázquez Dorrió *et al.*, 1994; Dorrió y Rúa Vieites, 2007) de actividades manipulativas, también llamadas experiencias de cátedra (figura 1) o la introducción de simulaciones interactivas en línea que ilustran y revelan conceptos, principios, leyes o aplicaciones relacionados con las materias, a modo y ejemplo de las disponibles en algunos departamentos de Física de las universidades anglosajonas (WEB 3; WEB 4; WEB 5). Esto muestra asimismo al alumnado los recursos que las NTIC ponen a su alcance.

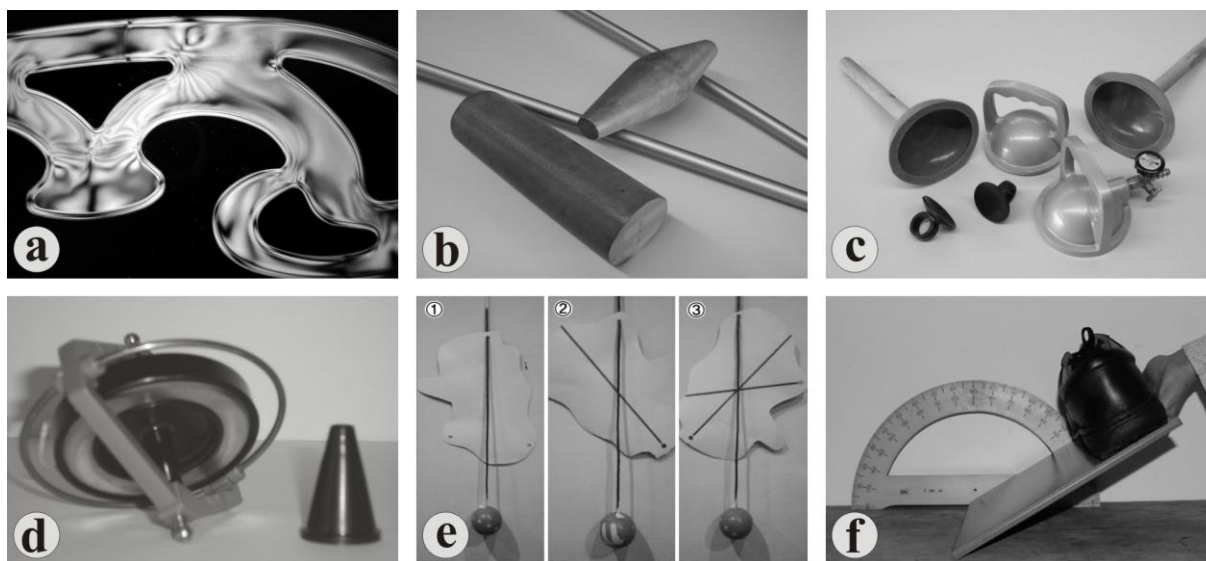


Figura 1. Algunos ejemplos de actividades manipulativas: a) polarización, b) dinámica de rotación, c) presión, d) momento angular, e) centro de masas y f) coeficiente de rozamiento

Aproximadamente al acabar cada tema se presentan y analizan en conjunto los ejercicios relacionados del Boletín de Problemas y se propone la resolución de una Prueba Voluntaria de Teoría (PVT), basada en el modelo anglosajón de las "quiz" (Bain, 2007), con un formato de dos preguntas de respuesta corta que se resuelven de forma autónoma no presencial y entregan en breve plazo. Para facilitar su participación mayoritaria se anuncia previamente tanto en el aula como desde el Servicio de Teledocencia y una vez finalizada se publica su solución y se discute durante la sesión magistral. Con antelación, el alumnado tiene a su disposición en el Servicio de Teledocencia las PVT de los cinco cursos académicos anteriores, con sus soluciones ilustradas someramente y referencias a las Notas Guía de Teoría. Esa aconsejada labor de consulta supone un refuerzo adicional al trabajo presencial realizado en el aula. Este tipo de pruebas voluntarias requieren un control aplicado y no nemotécnico de los contenidos. Su correcta realización no exime de la evaluación de los correspondientes conocimientos en el examen e incrementan hasta un 4.5% la calificación del examen de Teoría, siempre que se superen unas notas mínimas de 3.5 en ambas evaluaciones examinables de Teoría y Problemas. En nuestra experiencia, esta condición hace que prácticamente este incentivo sea aplicado sólo a aquel alumnado que realiza el esfuerzo de resolver las PVT, adquiriendo el conocimiento teórico necesario para resolver luego con éxito el examen de Teoría. A lo largo del cuatrimestre, el alumnado tiene la posibilidad de entregar una decena de PVT con una periodicidad semanal, siendo algunas de ellas entregables a través del Servicio de Teledocencia. Algunas de las PVT planteadas al alumnado consiste incluso en la realización de actividades manipulativas sencillas que realizan de forma individual (figura 1e y 1f).

En las sesiones obligatorias de grupo mediano (B) se trabajan con más detalle, en grupos de tres/cuatro alumnos, la resolución práctica de ejercicios de aplicación así como las habilidades experimentales asociadas al trabajo en el laboratorio (Bain, 2007). El alumnado tiene con antelación la información de los ejercicios de los Boletines de Problemas que van a ser analizados o las Notas Guía de Laboratorio con las indicaciones del trabajo práctico en equipo a ejecutar. Al acabar la sesión correspondiente el alumnado de forma individual debe entregar una memoria del trabajo experimental de laboratorio efectuado.

Durante las convocatorias de grupo pequeño (C) se realiza un trabajo tutorizado de asistencia obligatoria como medio de control y orientación de las tareas individuales y de pequeño grupo (Lazarowitz y Hertz-Lazarowitz, 2003; Gairín *et al.*, 2004). En particular para su estudio y presentación individual se distribuyen por grupos un tercio de los ejercicios no analizados de los Boletines de Problemas y se realiza un seguimiento del Proyecto de Física que cada pequeño grupo debe de ejecutar obligatoriamente a lo largo del cuatrimestre. El Proyecto de Física consiste esencialmente en la construcción de una actividad manipulativa elegida libremente entre un listado (usualmente de un libro –por ejemplo, (Ehrlich, 1990)- o de una página web –por ejemplo, (WEB 6)-) seleccionado por el profesorado con contenidos vinculados a la materia. Este trabajo requiere implicarse en la solución de situaciones de forma autónoma, creativa, resolutoria y responsable, utilizando herramientas básicas de búsqueda y presentación de la información. Los resultados solicitados constituyen un producto muy completo que debe incluir un vídeo del funcionamiento del proyecto y un documento explicativo en formato PowerPoint en donde en espacio limitado debe indicarse una breve descripción de los fundamentos físicos; objetivo; referencias históricas; relación de materiales utilizados; descripción del

montaje; explicación del fenómeno/proceso ilustrado; palabras clave relacionadas para ayudar en búsquedas adicionales; tabla, esquema o gráfica complementarias; y referencias (libros, artículos, webs, vídeos en *YouTube*, entradas en *Scholar Google*, enlaces a simulaciones interactivas,...). Con anterioridad se proporciona al alumnado en el Servicio de Teledocencia una plantilla ejemplo comentada para su posterior reedición manteniendo el formato. El alumnado así tiene que dividir las tareas, buscar asesoramiento, discutir resultados iniciales, realizar informes de seguimiento, crear un producto, preparar la presentación y enviar el resultado en tiempo y forma. El profesorado actualmente tutoriza entorno a 25 proyectos por cuatrimestre (figura 2). Aunque el número parece excesivo la autonomía de los grupos es elevada y las consultas son limitadas. El material cotidiano necesario de bajo coste suele ser recopilado por el alumnado. Si fuera el caso, el profesorado, bajo demanda, proporciona material costoso o de difícil obtención.



Figura 2. Algunos ejemplos (basados en Ehrlich, 1990) de Proyecto de Física realizados en Física 1 durante el curso 2010/2011: a) equilibrio, b) péndulos acoplados y c) efecto Doppler

Finalmente se proporciona una rúbrica de co-evaluación en donde cada Proyecto de Física es calificado por tres-cuatro alumnos de forma independiente indicándose el grado de consecución alcanzado referido al contenido del proyecto (diversidad, interés, originalidad, adecuación, calidad,...) y a su formato-presentación (nitidez de las figuras, alineación de los párrafos, enlaces operativos,...). La rúbrica pondera la subjetividad de la evaluación, detecta deficiencias, induce una mayor implicación en el alumnado, muestra lo que se espera del trabajo realizado y cómo será el proceso de evaluación (Cebrián, 2007). Asimismo la evaluación entre grupos ayuda positivamente a avanzar en el aprendizaje al poner el resultado global a disposición de todo el alumnado, provocando y facilitando la reflexión sobre el trabajo realizado. Esta labor de co-evaluación, invisible para el resto del alumnado, se ejecuta a través del Servicio de Teledocencia y puede llegar a suponer un 25% de la nota correspondiente al Proyecto de Física.

Con una periodicidad mensual aproximada, cada vez que se finaliza uno de los tres bloques en los que se distribuye la materia, se propone una Prueba Voluntaria de Problemas (PVP) coincidiendo aproximadamente con las evaluaciones voluntarias parciales. El alumnado de acuerdo con su Grupo C entrega individualmente en cada PVP dos ejercicios resueltos en detalle e ilustrados suficientemente entre uno de los ejercicios no resueltos de los Boletines de Problemas y entre uno de los ejercicios resueltos en sus Grupos C. El profesorado distribuye estos ejercicios entre los diferentes grupos. Con antelación, el alumnado tiene a su disposición en el Servicio de Teledocencia las PVP del curso académico anterior con ejercicios similares resueltos por el alumnado correspondiente. De nuevo, esa recomendada labor de consulta

supone un refuerzo adicional al trabajo presencial realizado en el aula. Actualmente estas PVP son realizadas por el 80% del alumnado. Este incremento respecto a los cursos anteriores (gráfica 1) se debe al trabajo ahora realizado en los Grupos C. Las PVP no eximen de la evaluación de los contenidos correspondientes en el examen e incrementan hasta un 4.5% la calificación del examen de Problemas siempre que se superen unas notas mínimas de 3.5 en ambas evaluaciones examinables de Teoría y Problemas. En nuestra experiencia, esta condición hace que prácticamente este incentivo sea aplicado sólo a aquel alumnado que realiza el esfuerzo de resolver las PVP, adquiriendo el conocimiento práctico necesario para resolver luego con éxito el examen de Problemas. Una vez evaluada la PVP, se pone a disposición del alumnado en el Servicio de Teledocencia todas las respuestas proporcionadas, de forma que la solución de todos los ejercicios de los Boletines de Problemas están visibles previamente a los exámenes parciales/final bien como fruto del trabajo personal presencial en el aula (en Grupos B y C) bien por el trabajo no presencial del alumnado en su conjunto (PVP).

A lo largo del cuatrimestre se realizan dos evaluaciones voluntarias parciales con cuatro cuestiones teóricas de respuesta corta similares a las PVT y un ejercicio práctico similar a las que se plantean en las PVP. El alumnado cuenta con un formulario como material de apoyo y en cada caso su correcta resolución supone un 30% de la nota final. Si no fueran superados cualquiera o ambos de los exámenes voluntarios parciales, pueden ser recuperados en el examen oficial final, en donde se convoca a todo el alumnado a realizar cuando menos la tercera evaluación parcial. El alumnado interesado que supere los dos primeros exámenes voluntarios parciales puede también presentarse al examen oficial final para modificar su calificación. Estas evaluaciones escritas se realizan en las sesiones de Grupo A y en ellas se evalúan contenidos completos de la materia. Las sesiones de Grupo C se hacen coincidir con las semanas previas a éstas. En ellas también el alumnado entrega las PVP correspondientes.

La nota de la materia se obtiene a partir de una media ponderada entre las diversas actividades realizadas durante todo el cuatrimestre (Romero, 2004). A la media del examen de la parte de Teoría y de Problemas se le suma directamente la calificación de las memorias del trabajo experimental de laboratorio y el Proyecto de Física que actualmente representan un 10% de la calificación final. Tanto en las PVT como en las PVP se observa una alta correlación entre la resolución con éxito de las mismas y la calificación finalista de la materia, siendo además un indicador de la marcha del aprendizaje que pueden inducir ajustes a corto plazo en la metodología aplicada.

Evidentemente el alumnado sigue teniendo a su disposición, además de las herramientas anteriormente descritas, tutorías individualizadas que ahora utilizan con mayor frecuencia debido posiblemente al continuo proceso de evaluación voluntaria que se efectúa durante todo el cuatrimestre.

Resultados y conclusiones

Parece claro que la necesaria reducción de presencialidad docente requiere una adaptación metodológica para mejorar la calidad del proceso de aprendizaje. La propuesta materializada en los Grados en Ingeniería de la Energía y en Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos que se imparten en la ETSI de Minas de la Universidad de Vigo parece que indica una mejor comprensión de

las cuestiones básicas de la materia. Los resultados se basan en una evaluación que implica la valoración tanto del trabajo presencial como del no presencial y que supone un esfuerzo más constante para los estudiantes. Al finalizar el cuatrimestre el profesorado posee un mayor número de datos del alumnado para su evaluación. El cambio metodológico, entre otros factores, parece el responsable de la bondad de los resultados obtenidos toda vez que el temario y el profesorado son esencialmente los mismos, pero requiere una adaptación gradual que implica sin lugar a dudas un mayor volumen de trabajo, una atención más personalizada y un aumento del contenido práctico. Exige así un esfuerzo adicional por parte del profesorado, tanto durante el desarrollo de la misma como en su preparación previa, puesto que se hace necesaria la creación de material didáctico de apoyo, la organización de diversa documentación para el trabajo en pequeños grupos y la corrección-evaluación de todas las evidencias generadas por el alumnado.

Con objeto de facilitar una evaluación continua durante el cuatrimestre se realizan exámenes parciales voluntarios, esencialmente con contenidos de las sesiones magistrales (Grupo A) y de las de resolución de ejercicios (Grupo B), que de ser aprobadas liberan los contenidos correspondientes en el examen final escrito de primera convocatoria. Otras pruebas voluntarias de teoría o de problemas incrementan solamente la nota final si se consigue un mínimo de 3.5 en los exámenes escritos. La asistencia a las sesiones de Grupos B y Grupos C es obligatoria y por lo tanto la calificación obtenida en la Memoria del Proyecto de Física y en la Memoria de Prácticas de Laboratorio se pondera de acuerdo con la asistencia. La experiencia adquirida nos indica que, de acuerdo con el volumen de trabajo realizado, el peso del trabajo en el laboratorio (Grupo B) y en el Proyecto de Física (Grupo C) debe aumentarse a un 15% en cada caso. También parece necesario hacer un seguimiento, tal vez mensual, de los Grupos C durante la realización de los Proyectos de Física con objeto de mejorar la calidad del producto final. Cada una de las herramientas empleadas proporciona información útil sobre el proceso de aprendizaje que se lleva a cabo y son complementarias unas de otras. Se entiende que el proceso puede ser exportado y adaptado a otras materias y titulaciones.

Titulación	Curso	NP	SUS	APR	NOT	SOB	MH
Ing. Técnica Superior	2006-2007	45,26%	24,21%	10,53%	13,68%	2,11%	4,21%
	2007-2008	31,34%	28,35%	14,18%	18,66%	2,99%	4,48%
	2008-2009	35,61%	20,45%	21,21%	13,64%	6,06%	3,03%
	2009-2010	31,20%	20,80%	22,40%	16,00%	4,80%	4,80%
Grado en Ing.	2010-2011	19,04%	20,09%	21,74%	23,91%	11,96%	3,26%

Tabla 3. Porcentajes de calificaciones calculados sobre la matrícula total por cuatrimestre de primeras convocatorias ordinarias en los cinco años académicos recientes

Al alumnado se le plantea un proceso de aprendizaje en donde trabajan los contenidos de forma constante y continua a lo largo del curso poniéndoles además en situación de adquirir al mismo tiempo competencias de diversa índole: bien instrumentales (capacidad de análisis y síntesis, resolución de problemas o capacidad de organización y planificación, ...), bien personales (trabajo en equipo, habilidades en las relaciones interpersonales o razonamiento crítico, ...), bien sistémicas (aprendizaje autónomo, creatividad o iniciativa y espíritu emprendedor, ...). El alumnado de forma mayoritaria y subjetiva manifiesta estar satisfecho con la metodología empleada, teniendo la percepción de haber alcanzado el objetivo. Su asistencia a clases magistrales no obligatoria

es relevante a lo largo de todo el cuatrimestre y su participación en las diversas actividades voluntarias es mayoritaria, esto último tal vez influenciado por la tradición de su empleo ya instaurada en los cursos previos a la implantación del Grado (gráfica 1). Esto se refleja asimismo en una mejora cualitativa y cuantitativa de los resultados así como en una reducción significativa de la tasa de abandono (tabla 3). Parece que la realización voluntaria de tareas (PVT, PVP y evaluaciones parciales) a lo largo de todo el cuatrimestre vincula al alumnado con los contenidos dotándole de garantías y confianza para aprender y aprobar la materia. El porcentaje de suspensos (20%) se ha estabilizado en los últimos cursos (tabla 3) y guarda una correlación directa con aquel alumnado (gráfica 1) que no participa en la realización voluntaria de tareas.

Agradecimientos

Se agradecen las contribuciones y los comentarios aportados por el profesorado y el alumnado de la ETSI de Minas de la Universidade de Vigo. Se agradece la financiación recibida (2011-2013) de la Universidad de Vigo para la realización del Proyecto de Innovación Educativa "Actividades Manipulativas en línea para el aprendizaje de la Física en los Grados de Ingeniería".

Referencias

Bain, K. (2007). *O que fan os mellores profesores universitarios*. Vigo: Universidade de Vigo.

Bigg, J. B. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.

Cebrián, M., Raposo, M. y Accino, J. (2007). E-portafolio en el practicum: un modelo de rúbrica. *Comunicación y Pedagogía*, 218, 8-13.

De Miguel, M. (2006). *Metodología de la enseñanza aprendizaje para el desarrollo de competencias*. Madrid: Alianza Editorial.

Dorrío, B. V. y Rúa Vieites, A. (2007). Actividades manipulativas para el aprendizaje de la Física. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42 (7), 1-15.

Ehrlich, R. (1990). *Turning the World Inside Out and 174 Other Simple Physics Demonstrations*. New Jersey: Princenton University Press.

Gairín, J., Freixas, M. y Quinquer, D. (2004). La tutoría académica en el escenario europeo de la Educación Superior. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 18, 61-77.

Guisasola, J., Zubimendi, J. L., Almundi, J. M. y Cebeiro, M. (2007). Propuesta de enseñanza en cursos introductorios de Física en la Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), 91-106.

Lazarowitz, R. y Hertz-Lazarowitz, R. (2003). Cooperative Learning in Science Curriculum. En J. Fraser y K. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Curriculum* (pp. 449-471). New York: Kluwer Academic Publishers.

Romero, M. P. (2004). Evalúe formativa y sumativamente. En L. M. Villar (ed.), *Programa para la mejora de la docencia universitaria* (pp. 510-522). Madrid: Pearson Prentice Hall.

Vázquez Dorrió, J. B., García Parada, E. y González Fernández, P. M. (1994). Introducción de demostraciones prácticas para la enseñanza de la Física en las aulas universitarias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 63-65.

Villa, A. y Poblete, M. (2008). *Aprendizaje basado en competencias*. Bilbao: Universidad de Deusto.

WEB 1: <http://webs.uvigo.es/etseminas/> (Acceso en Octubre 2011).

WEB 2: <http://faitic.uvigo.es/> (Acceso en Octubre 2011).

WEB 3: <http://physicsdemos.phys.cwru.edu/> (Acceso en Octubre 2011).

WEB 4: <http://www.animations.physics.unsw.edu.au/> (Acceso en Octubre 2011)

WEB 5: <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new> (Acceso en Octubre 2011).

WEB 6: <http://www.exploratorium.edu/snacks/> (Acceso en Octubre 2011).

Zabalza, M. (2004). *Guía para la planificación didáctica de la docencia universitaria en el marco del EEES*. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.