

Enseñanza de la Física en la Escuela Universitaria de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid

Montserrat Hernández Viñas y Carmen Navarro Sobejano

Departamento de Sistemas Inteligentes Aplicados, Escuela Universitaria de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, Carretera de Valencia Km. 7, 28031 Madrid.

Resumen

Esta presentación pretende recoger nuestra experiencia docente en la enseñanza de la Física en la Escuela Universitaria de Informática. Los Nuevos Planes de Estudio han reducido de forma considerable el número de créditos asignado así como el programa docente inicial, restringiéndolo a Electromagnetismo y Semiconductores. Todo ello ha supuesto un cambio considerable, que unido a un esfuerzo común por acercar la enseñanza de la Física a la Informática, caracteriza nuestro recorrido durante los últimos años.

1. Presentación

Actualmente conviven dos Planes de Estudios en la E.U. de Informática. Un plan que data del año 83 y otro del 92. El plan antiguo –a extinguir– está formado por tres cursos y un Trabajo Fin de Carrera, habiéndose impartido clases del mismo por última vez en el curso 94/95. El título que se obtiene al finalizar estos estudios es Diplomado en Informática, compuesto por dos cursos comunes y un tercer curso en el que se incluyen las asignaturas optativas conducentes a las dos especialidades: Sistemas Lógicos y Sistemas Físicos. Dentro de este plan de estudios, se contempla una asignatura de *Física* en primer curso, impartida a lo largo de los dos semestres con 5 horas semanales de clase teórica y 2 de prácticas, común a las dos especialidades.

El actual plan de estudios consta de tres cursos y tiene una importante orientación práctica. Desde el curso 92/93 se imparten en la E.U. de Informática dos titulaciones: Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas e Ingeniero Técnico en Informática de Gestión. Este plan de estudios se estructura en créditos, siendo un crédito equivalente a 10 horas de carga lectiva. Existen créditos Troncales y Obligatorios de Universidad que todo alumno debe cursar, y créditos Optativos y de Libre Elección que debe cursar en número indicado entre los ofertados de cada curso. La asignatura de *Fundamentos Físicos de la Informática* es una asignatura troncal y obligatoria respectivamente en ambas especialidades, con 7.5 créditos (4 teóricos y 3.5 prácticos) que se imparte en el primer semestre y cuyos descriptores son: Electromagnetismo. Estado Sólido. Circuitos.

Los objetivos que se pretenden conseguir con esta asignatura son:

- Crear en los alumnos hábitos de razonamiento a través del conocimiento del método científico.
- Lograr que el alumno comprenda las leyes fundamentales del electromagnetismo incidiendo en las aplicaciones que se hacen de ellas en la tecnología relacionada con la informática.
- Que los alumnos lleguen a saber resolver circuitos de c.c. y alterna, comprendiendo el comportamiento de los elementos resistivos, capacitivos e inductivos en relación con la potencia y los desfases que introducen.
- Dar a conocer los fundamentos de estado sólido necesarios para comprender el comportamiento de los semiconductores. Llegar a la unión p-n como base de aplicaciones en dispositivos electrónicos.

El programa que se desarrolla consta de los siguientes temas:

Tema 1.- Campo Electrostático en el Vacío

- 1.1 Carga eléctrica. Propiedades. Unidades.
- 1.2 Ley de Coulomb.
- 1.3 Campo eléctrico. Principio de superposición. Líneas de fuerza.
- 1.4 Potencial eléctrico. Diferencias de potencial. Energía potencial eléctrica.
- 1.5 Flujo eléctrico. Ley de Gauss.
- 1.6 Campo en los conductores cargados en equilibrio. Inducción electrostática.
- 1.7 Aplicaciones de la Ley de Gauss.

Tema 2.- Capacidad. Condensadores

- 2.1 Capacidad de un conductor.
- 2.2 Condensadores. Tipos. Asociaciones.
- 2.3 Energía de un condensador. Densidad de energía electrostática.
- 2.4 Fuerza entre las armaduras de un condensador.
- 2.5 Comportamiento de un dieléctrico en un campo eléctrico.
- 2.6 Condensadores con dieléctrico.

Tema 3.- Corriente Eléctrica

- 3.1 Intensidad y densidad de corriente.
- 3.2 Ley de Ohm. Conductividad y resistencia.
- 3.3 Energía de la corriente eléctrica. Ley de Joule.
- 3.4 Circuitos de corriente continua.
- 3.5 Análisis de circuitos.
- 3.6 Circuitos equivalentes. Teoremas de Thévenin y Norton.

Tema 4.- Campo Magnético en el Vacío

- 4.1 Fuerza Magnética
- 4.2 Vector inducción magnética. Líneas de inducción. Campo magnético.
- 4.3 Movimiento de partículas

cargadas en campos magnéticos. Aplicaciones.

- 4.4 Fuerza magnética sobre un elemento de corriente. Fuerza y momento ejercido por el campo magnético sobre una espira.
- 4.5 Campo magnético creado por un elemento de corriente. Ley de Biot y Savart.
- 4.6 Fuerza entre dos conductores paralelos indefinidos. Definición de Amperio.
- 4.7 Ley de Ampère. Aplicaciones.

Tema 5.- Inducción Electromagnética

- 5.1 Fenómenos de inducción e-m. Leyes de Faraday y Lenz.
- 5.2 Coeficientes de autoinducción y de inducción mutua.
- 5.3 Energía de un campo magnético.
- 5.4 Circuitos RL y RC.
- 5.5. Aplicaciones de los fenómenos de inducción.

Tema 6.- Corriente Alterna

- 6.1 Fundamentos y nomenclatura.
- 6.2 Análisis de circuitos de C.A. Notación fasorial. Impedancia compleja.
- 6.3 Potencia
- 6.4 Resonancia

Tema 7.- Estado Sólido. Semiconductores

- 7.1 Introducción al estado sólido
 - 7.1.1 Interacción entre materia y radiación.
 - 7.1.2. Espectros atómicos. Modelos.
 - 7.1.3. Partículas y ondas.
- 7.2. Clasificación de los sólidos según el enlace.
- 7.3. Semiconductores.
 - 7.3.1. Teoría de bandas.
 - 7.3.2. Electrones y huecos
 - 7.3.3. Conductividad intrínseca. Movilidad. Conductividad extrínseca (tipos p y n).
 - 7.3.4. Recombinación.
 - 7.3.5. Unión p-n. Dispositivos.

En cuanto a la bibliografía recomendada, aparecen clásicos como los de Tipler [1] y Alonso y Finn [2], junto con algunos otros que incluyen aplicaciones a la informática como son el de R. M. Eisberg [3] y el de N. García y A. C. Damask [4].

2. Metodología

Bajo el punto de vista de que la enseñanza debe ser activa, el ideal del proceso de enseñanza-aprendizaje sería basarlo en el trabajo continuado e individual del alumno, con el profesor como guía-asesor y poniendo a su alcance todo el desarrollo de medios necesarios y adecuados. No obstante, existen numerosos impedimentos que en la práctica no nos permiten seguir dicho proceso (excesivo número de

alumnos, cuestiones económicas, etc.). Por tanto, es necesario elaborar una metodología posible compaginando las dotaciones clásicas de medios, número de profesores y alumnos con el principio de actividad.

Para ello, desarrollamos el curso de *Fundamentos Físicos de la Informática* compaginando cuatro tipos de actividades diferentes:

1. Clases teóricas en el aula, con pizarra y retroproyector (3 horas a la semana).
2. Proyección de videos de la serie El Universo Mecánico [5] (uno o dos videos de una media hora por semana).
3. Prácticas en el Laboratorio y/o Centro de Cálculo (dos o tres prácticas por alumno).
4. Práctica voluntaria: en general una visualización con ayuda del ordenador de algún fenómeno físico (representación gráfica de líneas equipotenciales y líneas de campo eléctrico o magnético, movimiento de partículas cargadas en el seno de campos eléctricos y/o magnéticos, etc.) o un trabajo bibliográfico muy concreto sobre algún tema que no ha sido tratado con profundidad en las clases teóricas (uno por grupo de tres o cuatro alumnos al año) y que después se presenta ante el resto del alumnado (por ejemplo, materiales ferromagnéticos, efecto Hall, etc.).

Es de destacar, que parte de los créditos prácticos (lo equivalente a una hora a la semana, es decir, 1.5 créditos), se desarrollan en el aula, bien para proyección de videos, o para presentación de algunos trabajos voluntarios, resolución de problemas, etc. El resto de los créditos prácticos corresponden a las prácticas realizadas en el Laboratorio y/o Centro de Cálculo. Hay que decir que debido a la gran cantidad de alumnos matriculados en primer curso, el desarrollo de estas prácticas resulta complicado y queda mucho más reducido de lo que nos gustaría: dos o tres prácticas de electromagnetismo de carácter muy básico. En este sentido hemos llevado a cabo la experiencia con ciertas variantes que resumimos a continuación. Los alumnos se reparten en grupos de 20 que son atendidos por uno o dos profesores (uno de ellos responsable del grupo y el otro ayudante):

- a) Todos los alumnos, trabajando por parejas, realizan las mismas prácticas (un total de tres prácticas en sesiones de dos horas) en el Laboratorio de Física. La evaluación se lleva a cabo con la elaboración de una memoria conjunta que responde a lo que se precisa en los guiones correspondientes. La memoria se entrega personalmente al profesor responsable que realiza algunas preguntas sobre el trabajo realizado
- b) Los alumnos, trabajando por parejas, realizan tres prácticas aleatorias de entre las cinco diferentes montadas en el laboratorio. La evaluación se lleva a cabo con la elaboración de una memoria conjunta que responde a lo que se precisa en los guiones correspondientes. La memoria se entrega al profesor responsable y se corrige en ausencia de los alumnos.
- c) Todos los alumnos, trabajando por parejas, realizan las mismas prácticas: una en el Laboratorio de Física y una segunda opcionalmente en el Centro de Cálculo. Estas prácticas son más amplias que las anteriores (3 horas por sesión). La evaluación se lleva a cabo con un examen realizado en el aula. Cada profesor es responsable en las prácticas de los alumnos pertenecientes a su grupo de teoría.

La evaluación global se lleva a cabo con un peso proporcional del 80% y 20% para el examen teórico y el laboratorio respectivamente. Las prácticas voluntarias sólo sirven para aumentar la nota final. El examen teórico consta de tres partes: un test (puntuable 4 puntos sobre 10) de cuestiones teóricas, una pregunta teórica a desarrollar de entre tres posibles propuestas (puntuable 2 puntos sobre 10), dos problemas a resolver con libros de entre tres posibles propuestos (puntuables 4 puntos sobre 10).

3. Resultados obtenidos

A continuación mostramos una tabla en la que se incluye el número de matriculados, aprobados y tanto por ciento de aprobados sobre presentados a lo largo de los últimos cuatro cursos (incluyendo sus tres convocatorias de febrero, junio y septiembre) en los que se está impartiendo la asignatura de *Fundamentos Físicos de la Informática* distinguiendo entre las dos titulaciones de Sistemas y Gestión:

CURSO	SISTEMAS			GESTION		
	Matriculados	Aprobados	% (Aprob./Present.)	Matriculados	Aprobados	% (Aprob./Present.)
92/93	541	149	41.9	512	107	31.1
93/94	594	215	43.8	590	162	41.7
94/95	552	257	53.3	551	208	48.8
95/96	487	188	54.6	516	145	45.8

Es preciso señalar que el número de alumnos de nuevo ingreso en cada titulación es de unos 300. El resto de los matriculados corresponde a alumnos repetidores.

En cuanto al porcentaje de alumnos aprobados sobre presentados, no advertimos diferencias apreciables al comparar los datos referentes al plan antiguo con los recogidos en la tabla anterior.

Como puede observarse, en todos los casos el tanto por ciento de aprobados frente a alumnos presentados es ligeramente mayor en Sistemas que en Gestión, estando en ambos casos siempre próximo al 50%. Un dato importante a tener en cuenta es el tanto por ciento de alumnos no presentados en ninguna convocatoria a lo largo del curso:

CURSO	(%) ALUMNOS NO PRESENTADOS	
	SISTEMAS	GESTION
92/93	34.3	32.8
93/94	17.4	34.2
94/95	12.6	12.6
95/96	29.3	38.6

4. Conclusiones

En el aspecto cuantitativo, tal y como muestran las estadísticas presentadas, el nivel de éxito (50% de aprobados frente a alumnos presentados) en los estudiantes parece aceptable, más aún tratándose de una asignatura básica de primer curso. A pesar de todo, los porcentajes de alumnos no presentados, aunque hay variaciones importantes de un curso a otro, nos parecen bastante elevados. Entre las razones que originan este fenómeno está la presencia de un tercio de alumnos que proceden de Formación Profesional, para los cuales, la Física es una materia completamente nueva, a lo que hay que añadir el alto porcentaje de alumnos que trabajan y que han estado desconectados de estas enseñanzas básicas durante varios años. Creemos que los alumnos procedentes de COU (opciones A y B) no deberían tener ningún problema en superar los niveles exigidos.

La motivación sin duda también juega un papel importante, ya que se observa una cierta tendencia a obtener mejores resultados en los alumnos matriculados en Sistemas frente a los matriculados en Gestión.

En cuanto a la metodología, tras las experiencias llevadas a cabo en los últimos años sobre todo en relación con los créditos prácticos, hemos observado que el hecho de que sea el profesor de teoría el que imparta también las prácticas a los alumnos de su grupo permite una mayor coordinación entre la teoría y la práctica, que lleva a mejores resultados en cuanto al logro de los objetivos propuestos. Asimismo hemos constatado la necesidad de que los alumnos plasmen su trabajo de laboratorio y el tratamiento de datos correspondiente en una memoria. La evaluación de dicha memoria debería llevarse a cabo mediante una entrevista personal con el alumno.

Con respecto al tipo de prácticas a realizar en el contexto de una Escuela de Informática, la utilización del ordenador como herramienta parece que debería aumentar la motivación de los estudiantes. Con este fin, se han creado prácticas simuladas para llevar a cabo en el Centro de Cálculo, en las que se reproducen las experiencias realizadas en el Laboratorio utilizando *Physics Academic Software* del *American Institute of Physics* [6]. Los resultados obtenidos de una y otra forma se pueden comparar y analizar invitando a los alumnos a reflexionar sobre los fenómenos físicos estudiados. También se utiliza el ordenador para realizar el tratamiento de datos experimentales, introduciéndolos en el manejo de paquetes de *software* estándar. Los resultados obtenidos nos llevan a pensar que las prácticas en el Centro de Cálculo son un buen complemento para las experiencias realizadas en el Laboratorio, pero por sí solas no parecen ser suficientes para que el alumno capte la realidad física del fenómeno estudiado. Esto ha sido observado en el diseño de circuitos con aparatos de medida y más concretamente en el estudio de circuitos RC.

En cuanto a la proyección de vídeos, nos ha resultado muy positivo su utilización para aclarar y afianzar conceptos explicados en las clases teóricas. Opinamos que lo ideal sería incorporarlos a la explicación mostrando experiencias imposibles de realizar en un aula como las que tenemos disponibles. Hay que señalar que la aceptación por parte de los alumnos ha sido muy buena.

Los trabajos voluntarios resultan muy positivos para aquellos alumnos con mayor interés en la asignatura, pero indudablemente sería inviable pretender extenderlos a todo el alumnado.

Para terminar decir que venimos observando un paulatino descenso del nivel en Matemáticas y Física de los alumnos que llegan a nuestras aulas, lo cual entraña el riesgo de que de forma imperceptible sea el propio profesor el que tienda a rebajar el nivel de conocimientos del curso.

Bibliografía

- [1] Tipler, P. A.: *Física, vol. II*, Reverté (tercera edición, 1992).
- [2] Alonso, M., Finn E.J.: *Física, vol. II: Campos y Ondas*, Fondo Educativo Interamericano (1971).
- [3] Eisberg, R. M., Lerner, L. S.: *Física: Fundamentos y Aplicaciones, vol II*, McGrawHill (1990).
- [4] García, E., Damask, A.C.: *Physics for Computational Science Students*, John Wiley & Sons (1986).

- [5] *El Universo Mecánico*, California Institute of Technology y Southern California Consortium, Arait Multimedia (1992).
- [6] Schartz, J. L.: *Newtonian Sandbox* ; Sipson, R.F.: *Dynamic Analyzer*; Aguirregabiria, J.: *ODE Workbench* . Physics Academic Software, American Institute of Physics.