

**INVESTIGAR EN DISEÑO CURRICULAR**  
**Redes de docencia en el Espacio Europeo**  
**de Educación Superior**  
**Vol. II**

M. J. Frau Llinares y N. Sauleda Parés (Edits.)  
ICE – Vicerrectorado de Calidad y Armonización Europea  
Universidad de Alicante



Esta publicación no puede ser reproducida, ni totalmente ni parcialmente, ni registrada, ni transmitida por un sistema de recuperación de información, ya sea fotomecánico, electrónico, por fotocopia o cualquier otro medio, sin el permiso previo de los propietarios de copyright.

© del texto: Los autores

© de esta edición: Editorial Marfil, S.A.  
C/ San Eloy, 17 • 03804 Alcoy  
Tel.: 96 552 33 11 • Fax: 96 552 34 96  
e-mail: editorialmarfil@editorialmarfil.com

Universidad de Alicante  
Campus de Sant Vicent del Raspeig  
03080 Alicante

Foto portada: M. A. Martínez Ruiz

I.S.B.N. Obra completa: 84-268-1249-X  
I.S.B.N.: 84-268-1248-1

Depósito legal: A-1047-2005

Fotomecánica, fotocomposición e impresión:  
Artes Gráficas Alcoy, S.A. • San Eloy, 17 • 03804 ALCOY



## 4.4. LOS PROBLEMAS DE FÍSICA EN LAS TITULACIONES DE ARQUITECTURA

J. C. Moreno Marín; J. J. Rodes Roca; C. Neipp López; T. Beléndez Vázquez

*Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal  
Universidad de Alicante*

### RESUMEN

La mejora en el aprendizaje de la Física en las asignaturas de *Fundamentos Físicos* de las titulaciones de Arquitectura, y la obtención de mejores resultados académicos en las mismas pasa por la identificación de las deficiencias conceptuales y procedimentales previas de los estudiantes, y la necesaria adaptación de la docencia con la modificación del desarrollo de las asignaturas, la optimización de los materiales a utilizar y la aplicación de las técnicas y acciones docentes más adecuadas.

En este trabajo se presenta la experiencia docente que se ha llevado a cabo durante el presente año en el primer curso de las titulaciones de Arquitectura en la Universidad de Alicante, con la introducción de clases prácticas de resolución de problemas, como respuesta a algunas de las necesidades anteriormente planteadas, entendiendo que para mejorar en nuestra actividad docente se deben conocer y emplear los mejores recursos educativos acordes con el contexto académico concreto.

**Palabras clave:** resolución de problemas, metodología activa, trabajo no presencial.

## 1. INTRODUCCIÓN

En general la enseñanza en las titulaciones técnicas tiene como fin proporcionar una formación adecuada en las bases teóricas y las tecnologías propias de cada profesión. La Física, entendida como materia y herramienta básica del saber científico y tecnológico, constituye un pilar fundamental de cualquier titulación técnica, y en particular de las de Arquitectura Superior (A) y Arquitectura Técnica (AT).

Los fundamentos de Física se estudian en el primer curso de ambas titulaciones: El plan de estudios de la titulación de Arquitectura de la Universidad de Alicante (1996) contempla los contenidos básicos de Física en dos asignaturas cuatrimestrales del primer curso: una de carácter troncal en el primer cuatrimestre, *Fundamentos Físicos I* con un tamaño de 6 créditos teóricos y 1,5 créditos prácticos; y otra de carácter obligatorio en el segundo cuatrimestre, *Fundamentos Físicos II* de 4,5 créditos teóricos y 3 créditos prácticos. Mientras que en el plan de estudios de Arquitectura Técnica (1999), los contenidos de Física se revisan en la asignatura de *Fundamentos Físicos de la Arquitectura Técnica*, de primer curso y de carácter anual, de tipo troncal y con doce créditos de extensión, de los que nueve están dedicados a clases teóricas y tres a clases prácticas.

Los estudiantes de primer curso de las titulaciones de Arquitectura, al igual que sus compañeros de otras titulaciones técnicas, se incorporan a estos estudios con algunas deficiencias en conocimientos y destrezas previas en materias instrumentales como la Física y las Matemáticas. El análisis del nivel competencial en Física y Matemáticas con el que los estudiantes comienzan estos estudios, y el reconocimiento de las principales dificultades que encuentran en el aprendizaje de esta materia, aconsejaba dedicar especial atención a la resolución de problemas de Física como estrategia docente para mejorar la adquisición de conocimientos y destrezas, concretando con estas clases la mitad de los créditos prácticos de estas asignaturas.

## 2. OBJETIVOS DE LAS CLASES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

El objetivo general de las asignaturas es proporcionar a los estudiantes los conocimientos formales y conceptuales básicos de la Física, y la destreza en su aplicación con técnicas concretas, para la resolución de problemas prácticos propios de su ejercicio profesional.

La resolución de problemas de Física es, junto a la adquisición de los conocimientos teóricos, una parte fundamental del aprendizaje de esta materia. La introducción de clases de problemas supone el reconocimiento de que uno de los objetivos de aprendizaje básicos de la asignatura es desarrollar las técnicas propias de resolución de situaciones prácticas a partir de los conocimientos teóricos.

Esta innovación educativa en las asignaturas de *Fundamentos Físicos* de

Arquitectura y Arquitectura Técnica pretende contribuir al objetivo final de aumentar la calidad en la enseñanza de la Física, y dar respuesta a estas necesidades de mejora, mediante la consecución de diferentes objetivos específicos:

Las clases de resolución de problemas han constituido un espacio docente de especial importancia que ha permitido, mediante la atención personalizada del profesor, la superación de carencias y errores conceptuales, la adquisición de prerrequisitos de la asignatura no alcanzados anteriormente, y el aprendizaje de técnicas y procedimientos generales y específicos de resolución de problemas.

Con la introducción de las clases de problemas se ha obtenido una mayor implicación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. La metodología activa utilizada en estas clases ha promovido la imprescindible participación de los estudiantes en las tareas desarrolladas, y el trabajo no presencial que se les propuso, fomentó la atención y el incremento de la actividad sobre la materia durante todo el periodo lectivo.

La evaluación del trabajo no presencial realizado por los estudiantes y la estimación de los tiempos de trabajo necesarios para el aprendizaje han sido dos resultados interesantes de la incorporación de estas clases de problemas.

Por último, estas clases también han motivado la actualización de materiales docentes de la asignatura, la utilización de colecciones de problemas propuestos y resueltos, y una mayor aplicación de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la enseñanza de la Física.

### **3. EL TRABAJO EN LAS CLASES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

A pesar de su relevancia en las titulaciones de Arquitectura, la Física, entendida como materia y herramienta imprescindible en estos los estudios técnicos, padece un déficit de créditos disponibles a favor de otras asignaturas de conocimientos y aplicaciones técnicas propias de esta profesión.

El amplio número de asignaturas de los planes de estudios, y el tiempo de trabajo requerido en algunas de contenidos principalmente prácticos, limitan extraordinariamente el tiempo de trabajo –que incluye el estudio teórico, la resolución de problemas, el repaso de cursos anteriores, etc– disponible para el aprendizaje de la Física. A esto se añade una importante desmotivación hacia la materia, pues aún admitiendo su relevancia, los estudiantes de Arquitectura no consideran a la Física como una de las materias fundamentales o más interesantes de su titulación. Por todo ello resulta imprescindible la optimización de metodologías, recursos y actividades docentes.

Este débil entorno para las asignaturas de Física, junto con una asistencia presencial irregular a las clases teóricas y la infrautilización de la tutoría docente ofertada por los profesores, da lugar a que el proceso de enseñanza-aprendizaje

de la Física se desarrolle con muchas dificultades y los resultados académicos sean globalmente deficientes.

Estos malos resultados se traducen en un número considerable de abandonos y repeticiones, que se constatan con indicadores estadísticos como el porcentaje de aprobados, la relación entre los estudiantes matriculados en la titulación y los que la acaban, o la duración media de permanencia en la Escuela para obtener la titulación correspondiente. Algunos de estos valores son:

- Desde el inicio de los estudios de Arquitectura en la Universidad de Alicante en el curso 1996-97, y durante los siete cursos transcurridos, los estudiantes que aprueban *Fundamentos Físicos I* representan solamente el 36% de los evaluados en cada convocatoria, y el 61% de los matriculados en esta asignatura en cada curso, consideradas las tres convocatorias anuales del mismo.
- Los datos de los últimos tres cursos académicos son suficientes para cuantificar este bajo rendimiento, que da lugar a que:

[1] Los estudiantes que aprueban *Fundamentos Físicos de la Arquitectura Técnica* representan, en este periodo, solamente el 27% de los matriculados en la asignatura de cada curso, consideradas las tres convocatorias anuales del mismo.

[2] Los estudiantes felizmente aprobados en las asignaturas de *Fundamentos Físicos* en Arquitectura se distribuyen conforme se representa en la tabla 1.

Aprobados en la	1ª convocatoria	2ª convocatoria	3ª convocatoria	4ª convoc. o más
%	63	26	9	3

**Tabla 1.** Distribución en porcentajes de los estudiantes que superan las asignaturas de *Fundamentos Físicos* en Arquitectura atendiendo a la convocatoria en la que aprueban durante los últimos cursos académicos.

Los porcentajes de estudiantes aprobados por curso y por asignatura pueden detallarse como aparecen en la tabla 2.

Asignatura \ Curso	Curso		
	2000/01	2001/02	2002/03
<i>Fundamentos Físicos I (A)</i>	61%	63%	57%
<i>Fundamentos Físicos II (A)</i>	55%	47%	50%
<i>Fundamentos Físicos (AT)</i>	20%	43%	43%

**Tabla 2.** Porcentajes de estudiantes aprobados en las asignaturas de *Fundamentos Físicos de Arquitectura* y *Arquitectura Técnica* en la Universidad de Alicante en los últimos cursos académicos.

Pero estos resultados insatisfactorios no se manifiestan por igual en todas las asignaturas, ni en todas las titulaciones, sino especialmente en algunas como las de Arquitectura, que cuentan con estudiantes que acceden con buenos expedientes académicos (al menos con las notas mínimas de acceso en las PAU más altas). No es ajena a esta situación, a pesar de toda la formación académica de la enseñanza secundaria, la dificultad conceptual y procedimental de la Física y de su lenguaje matemático.

Desde hace dos años, los profesores que impartimos la docencia de Física en Arquitectura y Arquitectura Técnica hemos recabado, utilizando cuestionarios de respuesta múltiple, información sobre el nivel competencial previo alcanzado por nuestros estudiantes en Física y Matemáticas, así como las dificultades que encuentran su aprendizaje.

Como consecuencia de estos estudios sobre esas deficiencias en el aprendizaje de la Física en las titulaciones técnicas (Beléndez y otros, 2003), y en particular en las titulaciones de Arquitectura (Moreno-Marín y otros, 2003) adoptamos, como una de las primeras medidas correctoras, la modificación de la estructura de las prácticas de Física con el desarrollo de unas clases de resolución de problemas.

La mitad de los créditos prácticos de las asignaturas se han dedicado a clases de resolución de problemas, y la otra mitad al desarrollo de prácticas experimentales de Física en laboratorio. La reducción del número de prácticas de laboratorio que realizan los estudiantes, se suple seleccionando aquellas más adecuadas y de mayor interés para su formación, principalmente las dedicadas al manejo de instrumentos y procedimientos de medida, y las de observación de fenómenos y comprobación de leyes físicas de mecánica y electricidad.

En esta nueva estructura de las asignaturas, el tiempo asignado a las clases presenciales de resolución de problemas era claramente insuficiente para los objetivos formativos que se pretendían con ellas, por lo que se ha optado por un modelo que incorpora el trabajo de aprendizaje no presencial, mediante la realización de problemas y ejercicios fuera de clase. Este trabajo no presencial ha resultado fundamental en el aprendizaje, contribuyendo de forma distinta y complementaria a la formación que se pretendía.

### **3.1. EL TRABAJO PRESENCIAL**

Para estas clases se concibió nuestra acción educativa en el marco de la propuesta, debate y resolución de ejercicios y problemas de cada uno de los temas desarrollados en las clases teóricas, estableciendo estrategias y procedimientos de resolución mediante una colección amplia y variada de problemas de Física. Se trata del tiempo lectivo de mayor calidad docente, en el que la ratio profesor-alumno es inferior a 1:30, frente a las clases de teoría donde se alcanza la ratio 1:90. En este curso, los 145 estudiantes matriculados en Arquitectura constitu-

yen dos grupos para las clases teóricas y seis grupos para las clases de problemas; y los 344 matriculados en Arquitectura Técnica forman cuatro grupos para las clases teóricas y doce para las de problemas.

Aunque en las clases de teoría también se propongan y resuelvan ejercicios relativos a los contenidos de la asignatura, el tamaño del grupo no permite al profesor que la atención personal, la interpelación y el debate puedan realizarse de forma individual y con el detalle necesario. Es en las clases de problemas, con pequeños grupos de estudiantes, utilizando una metodología mucho más activa, donde esa interacción se produce con normalidad, favoreciendo el aprendizaje significativo. Se consideran pues, estas clases de problemas, fundamentales para la consecución de los objetivos de la asignatura.

En las clases de resolución de problemas se comprueba que los estudiantes tienen muchas y muy diferentes formas de aprender, de establecer estrategias y de seguir trayectorias de pensamiento diferentes. Un buen problema pone en funcionamiento numerosas actividades: intuición y formulación de hipótesis, y relación entre conceptos ya aprendidos de materias distintas, permitiendo así aclarar conceptos y ser sistemáticos en la observación. De esta manera, no sólo se revisarán las estrategias básicas sino que se propondrán problemas muy variados para ofertar oportunidades de implicación a todos los alumnos. En las clases, además de reconocer las distintas formas de pensar y orientar el proceso de resolución, se puede atender a los estudiantes con mayores dificultades, disponiendo de tiempo para la atención personal.

Las sesiones de resolución de problemas se han desarrollado durante el primer cuatrimestre del curso, donde los contenidos teóricos de las asignaturas de Física en las dos titulaciones corresponden a Estática Mecánica, con unos componentes geométricos fundamentales, que numerosos estudiantes no manejan con la necesaria destreza. Se ha elegido este periodo por coincidir con unos contenidos bastante especializados, lejos de los que puedan conocer de la enseñanza secundaria, y en los que las representaciones gráficas de los problemas, y los ejercicios de observación visual y reconocimiento sobre las mismas son particularmente importantes.

Los problemas de Estática de cuerpos sólidos, y en general de Mecánica, necesitan de un detallado lenguaje gráfico para su expresión y resolución. Como decía el pedagogo ruso Leo Vigotsky, “el proceso entero de la resolución de un problema está básicamente determinado por la percepción”, por lo que resulta fundamental la estimulación perceptiva para este aprendizaje. De alguna manera “vemos lo que sabemos ver”, por lo que es preciso en la observación de estas figuras el entrenamiento y aprendizaje de actividades como la selección –para aislar lo que interesa olvidando el resto–, la clasificación –para ordenar, jerarquizar y categorizar–, el simbolismo –para significar y abstraer–, y la evaluación –para asignar valor y ponderar para actuar–.



Además, los numerosos métodos gráficos de resolución de problemas estáticos son, y aún más han sido históricamente, muy importantes y eficaces, constituyendo una parte ineludible de los contenidos de las asignaturas.

El propósito fundamental de estas clases es conseguir que todos los estudiantes, con la ayuda del profesor, logren asimilar las técnicas de resolución que se han demostrado efectivas, hasta convertirse en buenos resolutores de problemas. Según Polya, fundador de la heurística moderna, el estudiante aprende por imitación y práctica, por lo que se debe combinar la resolución de problemas en clase, con las orientaciones y tutela del profesor, con la resolución fuera de clase mediante la utilización de las estrategias y el proceso más adecuado. En estas clases, además del aprendizaje del tratamiento adecuado de los problemas, para asentar técnicas fundamentales también son necesarios ejercicios de aplicación y de rutina que automaticen destrezas imprescindibles para su posterior ejercicio profesional.

Todos los modelos de resolución de problemas establecen cuatro fases en el proceso de resolución como las propuestas por Schoenfeld (1979 y 1985) de *Análisis, Exploración, Ejecución y Comprobación* en la resolución de un problema, además de las sugerencias heurísticas o intervenciones del profesor a utilizar en el proceso.

Las intervenciones del profesor en clase se centran en lo que se denominan sugerencias heurísticas, una serie de preguntas del tipo ¿Qué es lo que queremos determinar? ¿Se han empleado los datos necesarios?... provocando que el estudiante revise los aspectos más importantes del problema. Un catálogo de estas sugerencias son las planteadas por Lorenzo Blanco (1996):

En la primera fase de análisis o familiarización con el problema:

- ¿De qué se trata? ¿Con qué datos contamos? ¿Qué pide determinar el problema?
- Construye una representación gráfica del problema.
- Saca partido a las posibles simetrías que simplifiquen el problema.
- Examina algunos casos particulares útiles para ejemplificar el problema.
- Examina casos límite.

En la segunda fase de exploración o búsqueda de estrategias:

- Sustituye las condiciones del problema por otras equivalentes. Busca analogías o semejanzas.
- Elige el sistema de ejes coordenados más adecuado.
- Cambia la posición del origen de coordenadas o las direcciones del sistema de ejes.
- Supón que existe una solución y determina cuales serían sus propiedades.
- Construye problemas análogos con menos variables.
- Mantén fijas todas las variables menos una para ver qué efecto tiene esa variable.

Y en la cuarta fase de comprobación de la solución y revisión del proceso:

- ¿Está acorde con las predicciones o estimaciones razonables?
- ¿Resiste a ensayos de simetría, análisis dimensional o cambios de escala?
- Tratemos de entender que la solución funciona y por qué funciona.
- ¿Utiliza todos los datos pertinentes?
- ¿Es posible reducirla a resultados conocidos o concretarse en casos particulares?
- ¿Qué otros resultados similares podríamos obtener con este método?

Los aspectos fundamentales que el profesor ha atendido para el éxito de las clases de problemas son las llamadas *categorías de conocimiento*, divididas en tres:

- Por una parte los Recursos o conjunto de conocimientos físicos y matemáticos básicos necesarios para enfrentarse a los problemas de la asignatura.
- Los Heurísticos o técnicas generales de resolución de problemas.
- Y los de Control, o la forma en que cada persona se maneja en la resolución de problemas, los recursos y heurísticos que conoce.

Otro concepto incorporado al análisis de la resolución de problemas, es el de *protocolo*. Como decía M. de Guzmán (1991) “El protocolo es el acta en el que queda constancia de los fenómenos interesantes que han ocurrido a lo largo de nuestra ocupación en el problema”. A través de la reflexión sobre la resolución del problema, revisando su protocolo, se puede realimentar nuestra experiencia y mejorar nuestra capacidad en la resolución de problemas ante situaciones similares, depurando la técnica de forma rápida y efectiva.

Y además, el profesor durante las clases de problemas ha pretendido ser propiciador de actitudes positivas en los estudiantes, como la confianza, la tranquilidad, la disposición para aprender y la curiosidad, entendiendo que una actitud inicial negativa sólo conduce al bloqueo, al desánimo y al abandono de la tarea. La calidad del trabajo de los estudiantes en las clases de problemas requiere que se mantenga el necesario interés en las mismas, por lo que reclamamos en este sentido una mayor preparación en psicología del aprendizaje para conseguir que la adecuada valoración del trabajo desarrolle en los estudiantes la seguridad y autoestima fundamentales para multiplicar su rendimiento académico.

### 3.2. EL TRABAJO NO PRESENCIAL

El nuevo Espacio Europeo de Educación Superior propone el Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS) en las titulaciones oficiales de grado y postgrado, que en el establecimiento de equivalencias de estudios entre países, produce un desplazamiento de la atención de los docentes hacia el trabajo de los estudiantes, incorporando en la evaluación todas las actividades de aprendizaje que el estudiante realiza. Según la Comisión Europea, los créditos ECTS no se basan en las horas de asistencia a clase, sino más bien en el volumen de trabajo que estas implican, quedando definidos por el MEC como “la unidad de valora-

ción de la actividad académica que integra las enseñanzas teóricas y prácticas, así como otras actividades dirigidas, con inclusión de las horas de estudio y de trabajo que el estudiante debe realizar para alcanzar los objetivos formativos propios de cada una de las materias del correspondiente plan de estudios” (R.D. 1125/2003 del M.E.C. y D.).

Tomando como módulo el propuesto de veinticinco horas/crédito, forman parte del mismo el crédito actual (diez horas de docencia presencial en clase) y quince horas más a cubrir con las tareas que el estudiante realiza en la asignatura. Las clases de problemas han integrado esas otras actividades en el desarrollo de la asignatura y han permitido la evaluación posterior de los créditos.

La introducción de las clases de resolución de problemas ha posibilitado además realizar la primera experiencia de evaluación del trabajo no presencial en las asignaturas. Los créditos de estas clases resultaban insuficientes para el trabajo que se quería abordar, por lo que una parte del trabajo de resolución de ejercicios se ha realizado fuera de clase.

En la evaluación continua de las clases de problemas, se corregían y calificaban los ejercicios resueltos fuera de clase. Para evitar posibles manipulaciones de ese trabajo individual se incorporó la calificación de algunos problemas resueltos en clase. De esta manera el profesor adquiere la información sobre el aprendizaje de los estudiantes, indispensable para las modificaciones y rectificaciones necesarias, y a su vez los estudiantes conocen cuanto antes su situación respecto a los objetivos perseguidos así como el trabajo que aún necesitan para conseguirlos.

A pesar de las dificultades de dedicación que los estudiantes expresaban, su implicación con la realización de problemas fuera de clase ha sido muy buena. En promedio se han recogido el 66% de los problemas solicitados, pero de su distribución por estudiantes se deduce que una mayoría de ellos entregaba más del 80% de los ejercicios que se les proponían.

También se ha ensayado la cuantificación del tiempo dedicado a realizar esas actividades de aprendizaje programadas, preguntando a los estudiantes el tiempo de trabajo empleado fuera del aula en la resolución de los ejercicios y problemas propuestos que debían entregar. Ellos siempre consignaban en los ejercicios entregados el tiempo dedicado a su resolución, dato que refleja tanto las dificultades con que se han tenido que enfrentar, como su nivel competencial alcanzado. El análisis de estos datos es una primera aproximación a la valoración de los tiempos de aprendizaje necesarios para esta materia que constituirán su acreditación en la estructura universitaria europea (ECTS).

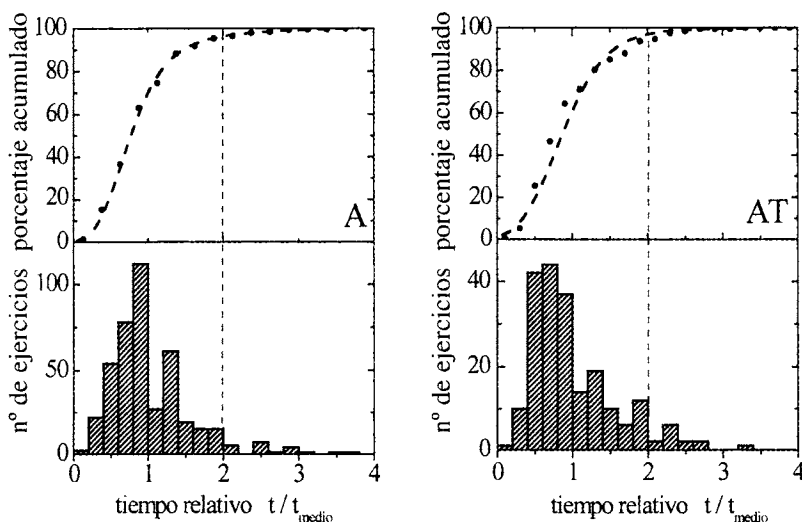
En el análisis de los tiempos utilizados por los estudiantes en la resolución de cada problema, se obtiene que, en todos los casos, alrededor del tiempo medio de resolución, la distribución muestra una dispersión considerable, con una desviación típica comprendida entre el 50% y el 60% de ese tiempo. Los resultados

de los estudiantes de Arquitectura Técnica presentan una dispersión algo mayor que los tiempos de los de Arquitectura.

La validez del tiempo medio de resolución depende de la homogeneidad de los resultados. Para conocer la distribución del tiempo de realización de ejercicios, se han normalizado los datos del tiempo de trabajo que utilizó cada estudiante para los problemas propuestos. Para ello, se calculó el tiempo promedio en que habían resuelto cada uno de ellos, y se obtuvo el tiempo relativo empleado por los estudiantes (tiempo absoluto / tiempo promedio). En los histogramas de la figura 1 se presentan los tiempos relativos para un amplio conjunto de ejercicios seleccionados, representativos de los distintos contenidos de la asignatura.

La primera columna representa el número de estudiantes que resolvieron sus ejercicios empleando un tiempo inferior al 20% del tiempo promedio de todos los estudiantes, la segunda representa a aquellos que utilizaron entre el 20% y el 40% del tiempo promedio, etc. Se han dividido los histogramas en dos partes, con la gran mayoría de estudiantes representados en la parte izquierda, donde la forma de la distribución manifiesta la heterogeneidad de los grupos, y en la parte derecha hay una pequeña cola de pocos estudiantes con tiempos utilizados muy grandes (desde 2 hasta 4 veces el tiempo promedio) que además de no ser relevantes por su número, puede entenderse que el tiempo que reflejaron no puede ser exclusivo de la resolución de los problemas sino también del estudio de los contenidos teóricos necesarios para su resolución.

En la parte superior de las figuras, se presentan los porcentajes acumulados de problemas según el tiempo relativo de resolución. La línea representada es la interpolación funcional de los datos. Los resultados son muy parecidos en las dos titulaciones, con más del 60% de los ejercicios resueltos en menos tiempo que el promedio, y más del 90% por debajo del doble del tiempo promedio.



**Figura 1.** Distribución del tiempo relativo utilizado por los estudiantes de Arquitectura (izqda) y Arquitectura Técnica (dcha) en resolver problemas fuera de clase.

Como se muestra en estos resultados, resulta difícil que de los datos aportados pueda obtenerse una conclusión definitiva porque nos introducimos en el campo personal de los ritmos y tiempos del trabajo individual. Cada estudiante, con su personalidad, caracterología y biografía, organiza de forma distinta su tiempo disponible y tiene su propio sistema de adquisición, procesado y aplicación de los conocimientos.

No obstante, la consulta a los estudiantes de cómo administran su tiempo para realizar los trabajos de aprendizaje requeridos –resolución de ejercicios y problemas– es una tarea previa al ejercicio responsable, por parte del equipo de profesores, de la cuantificación temporal de esta actividad, aunque sus resultados no deban condicionar los cómputos horarios de los créditos asignados. Como aconseja R. de Lavigne (2003) “Cualquier método utilizado para medir el esfuerzo del estudiante será en mayor o menor medida una forma taquigráfica de calcular esa carga de trabajo, lo que significa que resulta esencial proceder con extrema cautela y diseñar mecanismos que verifiquen de forma continuada la validez de lo que se ha hecho”.

#### **4. EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA**

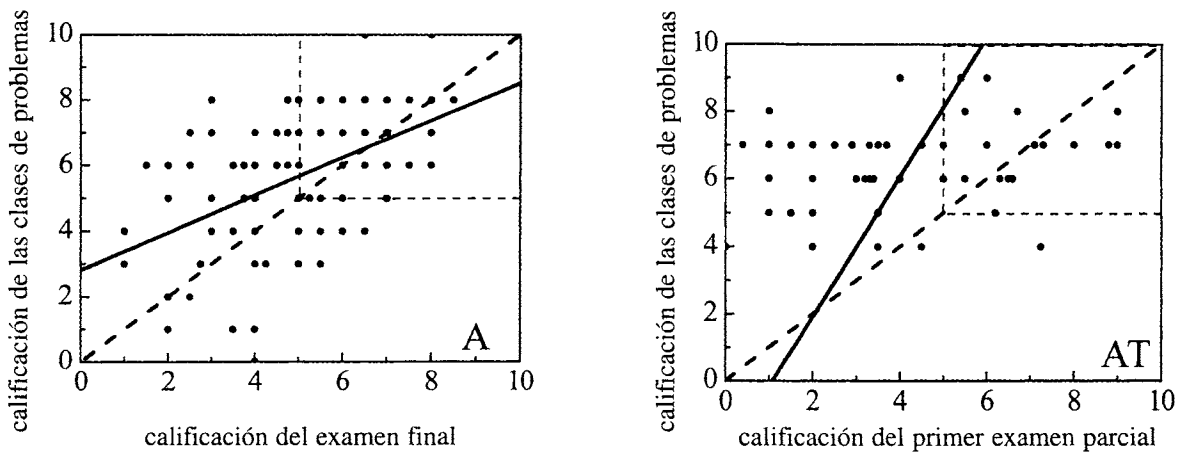
El resultado de la evaluación de los estudiantes en las clases de problemas ha sido satisfactorio, el porcentaje de estudiantes cuyo trabajo en estas clases ha sido suficiente para su evaluación positiva es del 70%. Pero, al igual que ocurre con las clases teóricas, se produce aquí un importante absentismo, pues cerca de la mitad de los estudiantes matriculados en las asignaturas no han asistido o trabajado suficientemente en las mismas. En analogía con estos resultados, en el primer parcial de la asignatura de AT durante este curso, han obtenido evaluación positiva el 54% de los estudiantes presentados, pero presentándose a la prueba solamente el 58% de los estudiantes matriculados en la misma.

Esta situación apunta que el principal problema que aún se tiene que abordar y corregir, con las acciones docentes adecuadas, es el alto absentismo a las clases y a los exámenes. La oferta de actividades formativas de todo tipo tiene que conseguir que los estudiantes no abandonen ni aplacen el estudio de las asignaturas de Física como si sus objetivos formativos fueran inalcanzables.

En principio puede parecer razonable que estudiantes que repiten las asignaturas (aprox. el 40% del total) no asistan a algunas clases teóricas, para acudir a las de otras materias, sin embargo no se justifica su ausencia a las clases de problemas, que pueden permitirles la consecución de las destrezas y objetivos que aún precisan para superarla. Suponemos que una mayor implicación de los estudiantes ayudará a evitar estas contradicciones.

La estimación de la eficacia de estas clases de problemas como estrategia docente, y por lo tanto de esta experiencia, nos lleva a la comparación entre los

resultados de la evaluación de esta parte de la asignatura, consecuencia de la valoración que el profesor ha realizado del trabajo en estas clases, y los resultados en el primer examen parcial, en AT, o final, en A. La valoración de las clases de problemas contribuye con el 15%(AT) y el 20% (A) a la calificación de la asignatura, y el examen teórico correspondiente con el 37,7% (AT) y el 80% (A) respectivamente. Si las clases han resultado útiles, se habrá contribuido a mejorar el índice de aprobados en la asignatura respecto a cursos anteriores, pudiéndose esperar una buena correlación entre las calificaciones de cada estudiante en estas clases y el examen final.



**Figura 2.** Comparación entre las calificaciones de las clases de problemas y el examen final de la asignatura de Fundamentos Físicos I (Arquitectura), y el primer examen parcial (Arquitectura Técnica).

En la figura 2 se presentan las dos calificaciones de cada estudiante que permiten deducir la vinculación entre ambas. Los datos que aparecen en la figura corresponden a los estudiantes que tienen calificación en las clases de problemas y se presentaron al examen parcial (en AT) o final (en A) de la asignatura. Para cuantificar esta comparación se ha calculado la correlación lineal de la distribución de ambas calificaciones, con una pendiente de 0,57(A) y 2,07(AT) y un coeficiente de correlación de 0,51(A) y 0,25(AT). Para su interpretación se ha representado también la recta diagonal (a trazos) que correspondería a las mismas calificaciones en el examen y en las clases de problemas, y los puntos en el recuadro superior izquierdo corresponden a estudiantes con ambas notas aprobadas.

Que la recta de regresión lineal esté por encima de la diagonal en casi toda la figura significa que los estudiantes en promedio han obtenido mejor calificación en las clases que en el examen [mientras la nota media de estos estudiantes en el examen es de 4,2 (AT) y 4,8 puntos (A), en las clases de problemas es de 6,4

(AT) y 5,6 (A) puntos], y el bajo coeficiente de correlación debe interpretarse como poca vinculación entre ambas calificaciones, y por lo tanto poca validez de la recta como expresión de la relación entre ellas. De todas maneras, en ambos casos la nube de puntos se reparte por el centro de la figura sin aproximarse a las esquinas superior izquierda e inferior derecha, reflejando una suficiente coherencia en los resultados.

La evolución de la asignatura en los próximos cursos deberá responder también de forma favorable a la inclusión de esta innovación, con la mejora de los resultados, como uno de los objetivos perseguidos por esta actividad docente. Esta mejora será la mejor justificación de las clases de problemas y el aliciente imprescindible para que los estudiantes participen y se impliquen en ellas.

Un procedimiento complementario de evaluación de las clases de problemas se realizó a través de la opinión de los propios estudiantes. En la última sesión se les entregó un cuestionario con veintidós preguntas de respuesta múltiple para que lo cumplimentaran de forma anónima y añadieran en él comentarios, críticas y sugerencias de mejora.

Algunas de las cuestiones eran relativas a la estructura y metodología de las propias clases: la utilización de ejercicios propuestos y resueltos en el texto de la asignatura, el número total de sesiones y las dedicadas a cada tema, la adecuación de los problemas propuestos por el profesor, y la contribución de las clases en la evaluación de la asignatura.

En otro grupo de preguntas se pedía la valoración del estudiante sobre estas clases: el interés de las mismas, su apreciación del aprendizaje en las clases, y la utilidad de las clases para la asignatura.

También se les preguntaba sobre su propio trabajo en relación con las clases de problemas: sus conocimientos teóricos al abordar la resolución de problemas, la preparación previa de las clases repasando los conceptos teóricos, la dificultad de los problemas propuestos para resolver en clase, la cantidad de problemas propuestos para resolver fuera de clase y su dificultad, así como la satisfacción con su trabajo en esta parte de la asignatura.

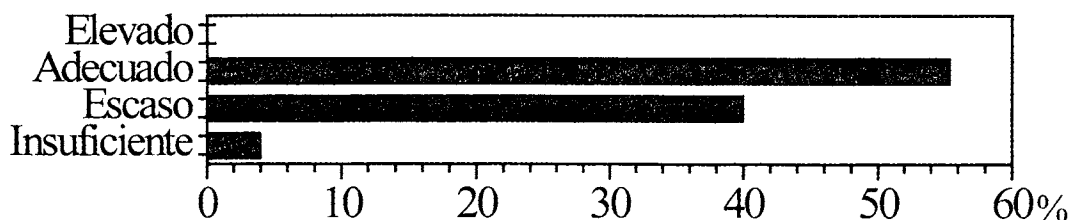
Por último, en otras cuestiones se les preguntaba sobre el trabajo del profesor: asistencia a las clases, actitud receptiva con los estudiantes, cantidad y claridad en sus explicaciones, así como clarificación de los aspectos más fundamentales en cada problema, accesibilidad al profesor, y globalmente su satisfacción con el trabajo llevado a cabo por el docente.

La valoración de los estudiantes fue muy favorable en todas las cuestiones planteadas, donde algunas respuestas contienen aspectos interesantes: se comprueba que los estudiantes son más críticos y están menos satisfechos con el trabajo propio que con el del profesor en estas clases; les resultan más difíciles los problemas propuestos para casa que los propuestos para resolver en clase, a pesar de que son muy similares; reconocen que sus conocimientos teóricos para

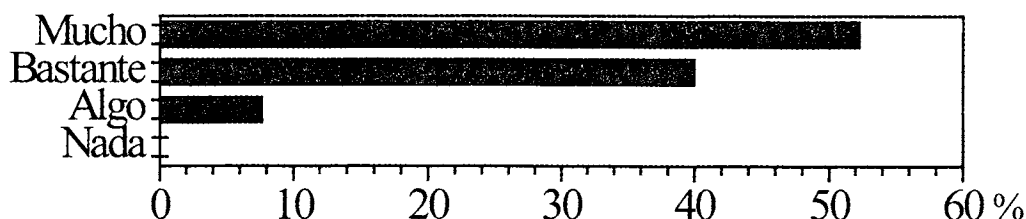
abordar la resolución de problemas no son siempre los adecuados; y consideran muy útiles las clases e incluso les parece insuficiente el número de sesiones de las mismas.

Como ejemplo se presentan a continuación las respuestas a una cuestión de cada uno de los cuatro bloques mencionados:

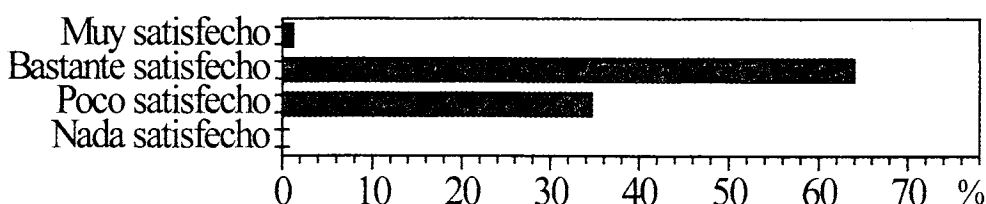
**El número de sesiones de problemas te ha parecido:**



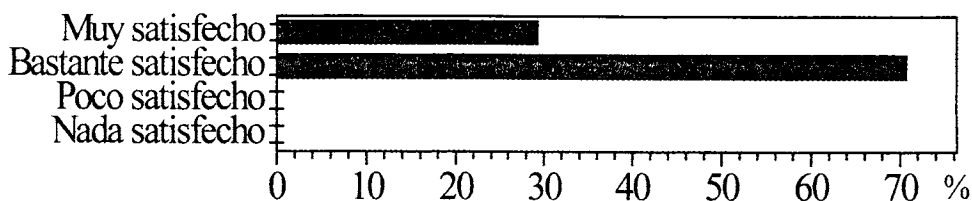
**¿Crees que las clases de problemas han sido útiles para la asignatura?**



**En general, ¿cuál es el grado de satisfacción con tu trabajo en esta parte de la asignatura?**



**En general, ¿cuál es tu grado de satisfacción con el trabajo del profesor en las clases de problemas?**





## 5. CONCLUSIONES

Se ha presentado en este trabajo una experiencia docente, iniciada en el presente curso, que quiere renovar la docencia de la Física en las titulaciones de Arquitectura en la Universidad de Alicante. La modificación de la estructura de las asignaturas con la incorporación de las clases prácticas de resolución de problemas no ha supuesto dificultades especiales y ha permitido la aplicación de una metodología más activa y participativa en las aulas, con una atención personalizada a las dificultades de aprendizaje de nuestros estudiantes, lo que supone una evidente mejora de la calidad docente.

Los estudiantes han recibido con satisfacción esta iniciativa y ha aumentado su implicación en las actividades de aprendizaje que se les proponían, mientras que los profesores han fomentado el empleo de TIC que favorecen el trabajo no presencial. Para facilitar las actividades en estas clases se han utilizado numerosos materiales y tecnologías: además de amplias referencias bibliográficas, los estudiantes cuentan con una amplia colección de ejercicios y problemas propuestos y resueltos en un texto docente elaborado por profesores de la asignatura, y con archivos de soluciones a los problemas propuestos a su disposición, así como de exámenes resueltos de convocatorias previas, en el apartado de la asignatura de la intranet –Campus Virtual– de la Universidad de Alicante. Las consultas al profesor a través del Campus Virtual es otra posibilidad de acción tutorial y atención personal que se ha fomentado.

La experiencia ha permitido la evaluación de trabajo no presencial y confirma las dificultades en la estimación del tiempo de trabajo necesario para el aprendizaje en nuestra materia. La dispersión de los datos del tiempo de trabajo refleja la diversidad de nuestros estudiantes en su forma de trabajar. No obstante, parece conveniente que en lo sucesivo, las propuestas de resolución de problemas fuera de clase vayan acompañadas de un tiempo adecuado a emplear. Para este dato de referencia puede utilizarse el tiempo medio utilizado este curso en tareas similares.

Las clases de problemas constituyen en los planes de estudios de las titulaciones técnicas universitarias una nueva forma de trabajo formativo que potencia el necesario *transfer* de conocimientos hacia la solución de problemas (Rico Vercher, 2004). En las respuestas de los estudiantes a las cuestiones que valoraban las dificultades de los problemas resueltos en clase y los propuestos para casa se comprueba cómo la ausencia de la ayuda del profesor hace que ejercicios similares sean considerados de mayor dificultad por el hecho de realizarlos de forma autónoma. Esta dificultad añadida es la adquisición por parte del estudiante de habilidades como la delimitación y el reconocimiento de los problemas, así como la utilización de forma eficaz de la información adecuada, que produce el *transfer* referido desde los conocimientos a la aplicación de los conocimientos, básico en la formación académica de los técnicos superiores.

Debido al alto absentismo en las clases de la asignatura, esperamos que la mejora en los resultados académicos no sea muy evidente en su primer curso de aplicación, necesitándose para ello un desarrollo mayor, y la resolución de este problema. La evolución de los resultados académicos de la asignatura en los próximos cursos deberá responder de forma favorable a esta innovación, como uno de los objetivos perseguidos por esta actividad docente.

No obstante, la opinión de los estudiantes confirma que estas clases contribuyen de forma muy directa al aprendizaje significativo en la asignatura. Esta aceptación de la experiencia garantiza la continuidad de la misma, con la decidida actitud de revisión y perfeccionamiento para que se constituya en una significativa mejora de la actividad docente.

Para el curso próximo se están elaborando colecciones de cuestiones y problemas, de respuesta inmediata, relativos a cada una de las lecciones de la asignatura. Incluyen cuestiones para contestar definiciones básicas, para confirmar o rechazar la afirmación planteada, así como otras de respuesta múltiple; y problemas sencillos que requieren la representación de un diagrama, o que necesitan un breve cálculo para su solución. La versión informática de las colecciones permitirá su utilización en clase, como material de reflexión y/o evaluación de los conocimientos y destrezas adquiridos, o fuera de clase, instalando los ficheros correspondientes en una sección del Campus Virtual llamada *Examinador*, y proponiendo a los estudiantes que los respondan a través de internet, pero con un tiempo máximo de conexión. De esta manera los cuestionarios, de calificación casi automática, serán otra actividad formativa y una nueva aportación al trabajo no presencial en el aprendizaje de la Física. No se descarta que estas colecciones también se coloquen en la sección de *Materiales de la asignatura* del Campus Virtual para que los estudiantes puedan utilizarlo en el estudio de la misma.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- BELÉNDEZ VÁZQUEZ, A. y otros (2003), “Investigación docente sobre la enseñanza de las materias de Física en las titulaciones técnicas”, *Investigar en Docencia Universitaria*, Ed. Marfil – Universidad de Alicante.
- GUZMÁN, M. de (1991), *Para pensar mejor*, Ed. Labor, Barcelona.
- LORENZO BLANCO, J. (1996), “La resolución de problemas. Una revisión teórica”, *Suma* (21) 11.
- LAVIGNE, R. de (2003), en *Seminario Internacional. Orientaciones Pedagógicas para la Convergencia Europea de Educación Superior*, Universidad de Deusto.
- MORENO-MARÍN, J.C. y otros (2003), “La enseñanza de la Física en las titulaciones de Arquitectura”, *Investigar Colaborativamente en Docencia Universitaria*, ICE / Vicerrectorado de Convergencia Europea y Calidad, Universidad de Alicante.

RICO VERCHER, M. (2004), *El portfolio discente*, Ed. Marfil–Universidad de Alicante.

SCHOENFELD, A. H. (1979) “Explicit Heuristic Training as a Variable in Problem Solving Performance”, *Journal for Research in Mathematics Education*, vol 10; y (1985) *Mathematical problem solving*, Academic Press, New York.