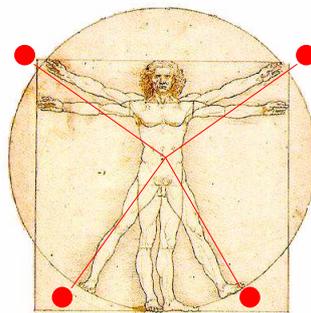


# TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

*Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*

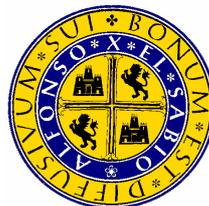
VOLUMEN VIII. AÑO 2010

SEPARATA



EXPERIENCIA PILOTO: ENSEÑANZA DE LAS FUERZAS EN FÍSICA  
GENERAL EN EL MARCO DEL EEES

Rafael Magro Andrade, Laura Abad Toribio, M<sup>a</sup> Soledad Sánchez Sánchez,  
Marta Serrano Pérez, José Tejedor de las Muelas, Ana I. Velasco Fernández



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO  
Escuela Politécnica Superior  
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Rafael Magro Andrade, Laura Abad Toribio, M<sup>a</sup> Soledad Sánchez Sánchez, Marta Serrano Pérez, José Tejedor de las Muelas, Ana I. Velasco Fernández  
Febrero, 2010

[http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE10\\_002.pdf](http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE10_002.pdf)

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*  
Escuela Politécnica Superior.  
Universidad Alfonso X el Sabio.  
28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).  
ISSN: 1696-8085

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

*Tecnol@ y desarrollo. ISSN 1696-8085. Vol.VIII. 2010.*

## **EXPERIENCIA PILOTO: ENSEÑANZA DE LAS FUERZAS EN FÍSICA GENERAL EN EL MARCO DEL EEES**

**Rafael Magro Andrade (a), Laura Abad Toribio (b),  
M<sup>a</sup> Soledad Sánchez Sánchez (c), Marta Serrano Pérez (d),  
José Tejedor de las Muelas (e)  
Ana Isabel Velasco Fernández (f)**

- (a) Dr Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director de la Escuela Politécnica Superior.  
Universidad Alfonso X el Sabio.  
Avda de la Universidad nº 1, Villanueva de la Cañada, 28691  
Tf: 918105087, email: rmagrand@uax.es
- (b) Dra en Ciencias Físicas. Área de Matemáticas y Física Aplicadas.  
Tf: 918105207, email: labad@uax.es
- (c) Dra en Ciencias Físicas, Área de Sonido e Imagen  
Tf: 918109156, email: marisol@uax.es
- (d) Lcda en Ciencias Físicas, Área de Matemáticas y Física Aplicadas 918105207,  
email: mserrper@uax.es
- (e) Lcdo en Ciencias Físicas, Área de Matemáticas y Física Aplicadas 918109218,  
email: hispano@uax.es
- (f) Lcda en Ciencias Físicas, Área de Matemáticas y Física Aplicadas 918109139,  
email: aivelfer@uax.es

### **RESUMEN:**

En este trabajo se centra en el proceso de enseñanza-aprendizaje de uno de los conceptos claves en física: las fuerzas. Mediante un seminario teórico impartido por el profesor y una serie de experimentos y cálculos realizados por un grupo de alumnos se pretende que los alumnos sepan distinguir, medir y calcular una serie de fuerzas, así como todos los conceptos relacionados con ellas.

**PALABRAS CLAVE:** física, seminario, fuerzas, experimentos

### **ABSTRACT:**

*This work focuses on the teaching-learning process of one of the key concepts in physics: the forces. By means of a theoretic seminary given by the professor and a series of experiments and calculations performed by a students group it is tried that the students know to distinguish, to measure and calculate a set of forces, as well as all the concepts associated with them.*

### **KEY-WORDS:**

Physics, seminar, forces, experiments

[http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE10\\_002.pdf](http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE10_002.pdf)

SUMARIO: 1. Introducción, 2. Propuesta y organización de los seminarios, 3. Seminario de fuerzas, 4. Primer experimento: Determinación de la aceleración de un ascensor, 5. Segundo experimento: Determinación del coeficiente de rozamiento estático entre tres superficies diferentes, 6. Tercer experimento: Diseñar un experimento que permite calcular la normal en un plano inclinado, 7. Conclusiones, 8. Referencias.

SUMMARY: 1. Introduction, 2. Offer and organization of the seminars, 3. Seminar of forces, 4. The first experiment: Determination of the acceleration of an elevator, 5. The second experiment: Determination of the coefficient of static rubbing among three different surfaces, 6. The third experiment: To design an experiment that allows to calculate the normal force in a sloping plane, 7. Conclusions, 8. References.

## 1. Introducción

La enseñanza de la Física en la universidad está actualmente en proceso de desarrollo y cambio en todo el mundo, como se puede constatar en las diversas aportaciones que se realizan en diferentes Foros y Congresos Internacionales, Redish y Ridgen (1997), Tiberghien (1998) y Guisasola (2001). Recientemente se han celebrado las IV JORNADAS DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA, Investigación didáctica e innovación en el aula (28 y 29 de noviembre de 2008).

La Física es una de las materias que presenta un mayor fracaso escolar entre los estudiantes de Enseñanza Secundaria y Bachillerato, fracaso que se traslada a la universidad. Sin embargo la Física es una Ciencia de gran importancia que se encuentra presente en buena parte de nuestra sociedad, con múltiples aplicaciones en otras áreas. La física impartida en primer curso aporta las bases teóricas y prácticas necesarias para asignaturas como Mecánica, Termodinámica, Mecánica de Fluidos, Hidráulica, Resistencia de Materiales, Cálculo de Estructuras, Electromagnetismo o Electrotecnia. La asignatura de física debe por tanto proporcionar a los alumnos los fundamentos físicos necesarios para el desarrollo de sus estudios, relacionados con el programa de esta asignatura, con el objeto de cimentar la formación de los futuros titulados sobre una sólida base.

Debemos lograr que los estudiantes realicen un aprendizaje significativo, de ahí nuestro gran interés en invertir esta tendencia al fracaso a través de experimentos y, de paso, fomentar el interés por la Física Experimental. Una de las principales razones de esta nueva dinámica es la constatación como profesores de Física, del desajuste existente entre lo que enseñamos a nuestros estudiantes y la visión que ellos acaban teniendo de la Física y sobre todo la imperiosa necesidad de la adecuación de la enseñanza de la física en el nuevo marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

Con el fin de conseguir un marco de trabajo-aprendizaje (Zabalza, 2004), los objetivos fundamentales de partida en el nuevo enfoque que hemos dado a la asignatura han sido:

- Realizar un esfuerzo por impartir una Física General que resulte atractiva para los alumnos de las diferentes titulaciones inmersas en la adaptación al crédito europeo.
- Crear en el aula y fuera de ella un clima de participación y motivación.

- Que el estudiante sea capaz de llevar a cabo un aprendizaje autónomo, guiado por el profesor que se convierte en gestor del proceso de aprendizaje, al mismo tiempo que el profesor lleva a cabo también un aprendizaje del proceso de enseñanza.
- Lograr que los estudiantes adquieran las competencias generales y específicas de la titulación.
- Proporcionar a los alumnos todo el material didáctico necesario para guiar el estudio de la teoría, facilitando el acceso a la información y documentación, así como favorecer el intercambio de ideas y de opiniones.
- Llevar a cabo una evaluación continua de la asignatura, realizando diversas pruebas intermedias a lo largo del curso.

Teniendo en cuenta que las competencias genéricas, que deben ser adquiridas por cualquier estudiante universitario, son entre otras:

- Aprender a aprender.
- Organizar y planificar.
- Analizar y sintetizar.
- Aplicar los conocimientos a la práctica.
- Adaptarse a nuevas situaciones.
- Expresar con claridad de manera oral y escrita en la propia lengua.
- Capacidad crítica y autocrítica.
- Trabajar de forma cooperativa en equipo.
- Capacidad de iniciativa.
- Capacidad de liderazgo.

Se necesitaba un cambio en la enseñanza de la física de forma que los alumnos adquiriesen realmente esas competencias.

## **2. Propuesta y organización de los seminarios**

La materia de Física en la Universidad Alfonso X el Sabio da lugar a diferentes asignaturas en las diferentes titulaciones, con un creditaje actual entre 9 créditos (por ejemplo en Arquitectura y la Ingeniería Técnica de Diseño Industrial) y 15 créditos (en Ingeniería Industrial). Al encontrarse la asignatura en primer curso, los conocimientos adquiridos en el bachillerato son básicos para cursarla con éxito. Los estudiantes que llegan a la universidad muchas veces carecen de dichos conocimientos.

La asignatura se ha dividido en cuatro bloques teóricos (más en algún caso un quinto bloque experimental que se realiza íntegramente en el laboratorio de física). Los bloques teóricos se dividen a su vez en una parte correspondiente al examen, una parte correspondiente a entregas de problemas en

grupos de tres o cuatro alumnos y una tercera parte correspondiente a los trabajos realizados por el grupo a partir de los seminarios de física impartidos por el profesor.

El objetivo fundamental de estos seminarios es:

- Conocer los conceptos básicos, principios y modelos teóricos de las diferentes partes de la física.
- Aplicar las leyes de la física a la interpretación y resolución de problemas.
- Familiarizarse con la terminología propia de la física, incluyendo interpretación de ecuaciones, gráficos y diferentes tipos de modelos físicos.
- Familiarizarse con los métodos y la experimentación.
- Analizar las relaciones de la física con otras ramas de la ciencia y la tecnología.

El esquema de la propuesta de los seminarios se puede ver en la Figura 1.

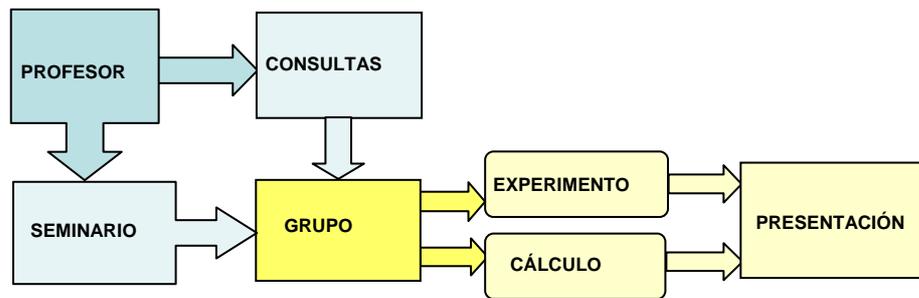


Figura 1: Esquema de la propuesta de didáctica de la enseñanza de fuerzas

La organización de los Seminarios corresponde al siguiente esquema:

1. Clase teórica de una hora de duración
2. Propuesta de trabajos en el portal de la asignatura
3. Formación de equipos de 3 ó 4 alumnos
4. Entrega de trabajos y presentación de los mismos
5. Evaluación de los trabajos

En todo momento el grupo de alumnos es asesorado por el equipo de profesores de cara a la realización de los seminarios.

### 3. Seminario de fuerzas

La enseñanza de las fuerzas es clave en física y la base para otras asignaturas como mecánica, fluidos, resistencia de materiales, estructuras, etc. Es uno de los conceptos que ha dado lugar a más trabajos de investigación en la didáctica de la enseñanza de la física. Así por ejemplo Stinner (1994) cuenta la evolución del concepto de fuerza desde Aristóteles hasta Einstein.

Son muchos los enfoques en la enseñanza de las fuerzas. Por ejemplo, algunos autores como Larra-Barragán (2008), presentan una forma de acercarse a la enseñanza de los conceptos de fuerza y de trabajo para un curso introductorio de física basado en Álgebra. La relación entre las fuerzas y la cantidad de movimiento es presentada por Díaz Jiménez (1990) y Hermman (2000). García Borrás (2005), presenta una propuesta didáctica para afianzar conceptos, tales como las leyes de la Dinámica, utilizando un atrayente recurso didáctico: el cine. Se han publicado libros donde se muestran la realidad o la ficción de las llamadas películas de ciencia ficción y su relación con la física, Amengual (2005)

La distinción entre fuerza centrípeta y centrífuga, conceptos que causan una gran confusión entre los alumnos es analizada por Casadellá (1985) y (1997), y Oliva (1996).

Otros conceptos, como por ejemplo, cómo resuelven los estudiantes un problema común en Física, la máquina de Atwood, y otros relacionados y las serias dificultades que tienen con la aceleración, y el papel de las fuerzas internas y externas se muestra en el trabajo de McDermott (1994).

Otros autores como Mendoza (1997) se centran en las fuerzas de rozamientos entre sólidos. Las fuerzas de fricción son también el objeto de estudio de otros autores como Concari (1997) y García (1992). Éste último describe modelos microscópicos para explicar mejor las fuerzas de rozamiento, por deslizamiento y de rodadura. Krim (1996) hace un análisis del rozamiento a escala atómica.

Incluso aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar física ha sido también objeto de investigación, Campanario (2003).

Como podemos ver la enseñanza de los conocimientos teóricos clave es un problema que preocupa cada vez más al profesorado debido a la constatación de altos porcentajes de respuestas erróneas de los estudiantes a cuestiones teóricas que exigen no sólo la mera repetición de la teoría impartida en clase sino la aplicación creativa de dichos conocimientos. Cómo hacer para que la física sea realmente un pretexto, para que los alumnos puedan desarrollar su pensamiento a través del análisis y reflexión de las leyes y principios es uno de los objetivos de este trabajo.

El primer seminario que hemos realizado ha sido sobre “Fuerzas”. Uno de los principales objetivos es que debe quedar claro que toda fuerza describe una interacción. Existen muchos conceptos erróneos relacionados con fuerzas: Muchos estudiantes tienden a identificar fuerza con velocidad, no saben separar cuerpos y tienen dificultad en identificar el cuerpo sobre el que han de dibujar las fuerzas. El

Principio de acción y reacción les crea también muchas dificultades, aceptan por ejemplo que la Tierra ejerza una fuerza sobre un objeto, pero les es difícil aceptar que el objeto ejerza una fuerza igual y de sentido contrario sobre la Tierra.

Otra dificultad proviene de la confusión que tienen algunos respecto al método que deben aplicar para resolver los problemas. Ponen fuerzas de inercia actuando sobre un cuerpo cuando se describe su movimiento desde el sistema de referencia inercial. En otras ocasiones dibujan en el mismo diagrama de fuerzas una fuerza centrípeta y otra centrífuga. Confunden el sentido de la fuerza de rozamiento, dibujan mal una reacción normal, en muchas ocasiones no saben si deben dibujar una reacción normal o dos, confunden las reacciones que aparecen en los diferentes tipos de apoyos, llegan incluso a confundir los problemas de estática con los de dinámica, no saben distinguir entre una fuerza conservativa y otra que no lo es, confunden masa con peso, etc.

El punto de partida para la implantación de esta metodología de enseñanza-aprendizaje, tal y como se muestra en la Figura 1, es la impartición por parte del profesor de un seminario sobre fuerzas en el salón de actos. A este seminario asisten todos los alumnos de la Escuela Politécnica matriculados en Física General. En dicho seminario se explican las principales fuerzas que se utilizan en los problemas de física general en el contexto de la Dinámica de la partícula, el Sólido Rígido y la Estática:

- Peso
- Reacción normal
- Tensiones en cuerdas o cables
- Fuerzas elásticas en muelles
- Fuerzas de rozamiento
- Fuerzas de inercia
- y Fuerzas aplicadas.

Estos conceptos son fundamentales para cualquier alumno que quiera cursar las titulaciones de grado pertenecientes a la rama de ciencias, y de ingeniería y arquitectura.

A partir de dicho seminario se propone a los alumnos realizar un trabajo sobre dichas fuerzas. El objetivo de dicho seminario es distinguir entre los diversos tipos de fuerzas presentes en la naturaleza. La propuesta de trabajo correspondiente a este seminario se detalla en el portal de la asignatura. Esta propuesta es la que se muestra en la Figura 2.

<u>1º SEMINARIO DE FÍSICA:</u>	<b>LAS FUERZAS</b>
<b><u>Desarrollo del trabajo de los equipos</u></b>	
<p>En este trabajo se evaluará, no solo el desarrollo propio de los experimentos propuestos, si no también la forma de la resolución, la originalidad de la misma y la <b>presentación tanto a nivel documental como a nivel oral</b>.</p>	
<p>Este trabajo consta de <b>tres sencillos experimentos</b> que los alumnos deben desarrollar por medios simples, utilizando todo aquello que consideren necesario para la comprensión de lo resultados finales.</p>	
<p>1.- Determinar la aceleración de un ascensor cuando sube y baja, utilizando una báscula.</p>	
<p>2.- Con ayuda de un dinamómetro (se vende en cualquier ferretería), calcular el coeficiente de rozamiento estático de tres superficies diferentes.</p>	
<p>3.- Apoyándose en el apartado anterior y una vez conocido el coeficiente de rozamiento, diseñar un experimento que permita calcular la normal que un plano inclinado ejerce sobre un cuerpo.</p>	
<p>Los profesores de la asignatura asesorarán en todo momento a los alumnos durante el desarrollo de los trabajos.</p>	

Figura 2. Propuesta del seminario expuesto en el portal de la asignatura

#### **4. Primer experimento: determinación de la aceleración de un ascensor.**

La aceleración de un ascensor se puede medir de diversas formas, por ejemplo con una máquina de Atwood colgada en el techo del ascensor, Cros Stötter (2005), Franco (2006) o con un manómetro (2006). Mucho más sencillo es medirlo con una báscula. Para la determinación de la aceleración de un ascensor los estudiantes han colocado un objeto dentro de un ascensor. Este ascensor era el de su domicilio particular, el de la residencia de estudiantes de la Universidad e incluso el ascensor de algún edificio público. El objeto colocado varía desde una masa de 100 g hasta la del mismo estudiante.

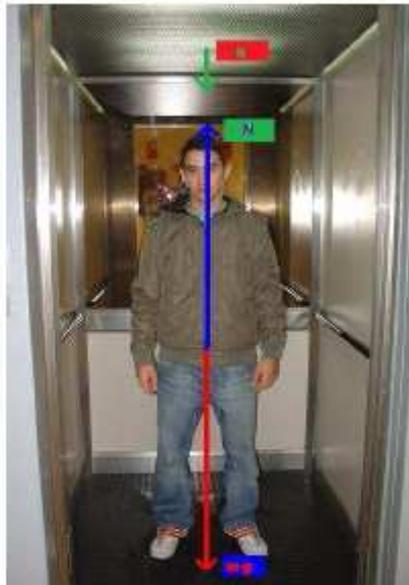


Figura 3. Determinación de la aceleración de un ascensor



Figura 4. Diferentes lecturas de la balanza

Algunos alumnos confunden los conceptos de peso y masa. ¿Qué es lo que realmente medimos con la balanza y qué unidades tiene, g o kg o kg fuerza? Erróneamente creen que la lectura de la balanza es el peso (subiendo o bajando) lo que les llevaría a concluir que por ejemplo al tirarse por una ventana su masa serían menor (con lo que no sería necesario realizar ningún régimen alimenticio salvo lanzarse al vacío si uno quisiera adelgazar). En algunos casos la masa del alumno bajando por el ascensor la presentan con valores de 600 g (ni siquiera la masa de un bebé recién nacido). No obstante la mayoría de los alumnos son capaces de distinguir entre masa, peso y reacción normal y de calcular correctamente por tanto la aceleración de un ascensor.

Incluso en páginas Web de Internet dedicadas a la divulgación de temas de física se confunden estos conceptos.

Si a un estudiante cualquiera le preguntaran cuánto pesa, diría algo así como peso 75 kg, por ejemplo. Si le preguntaran cuánto pesaría en la Luna, y dicha persona supiera que la gravedad lunar es seis veces menor que la terrestre, contestaría sin dudar que 12,5 kg. Y sin embargo, todas estas respuestas serían incorrectas. No por las cifras, sino por las unidades. En el colegio nos enseñaron que los kilogramos, las toneladas y demás múltiplos y submúltiplos (gramos, miligramos, etc) son unidades de masa, no de peso. ¿Y no es lo mismo? Pues no, ya que el peso es una fuerza, concretamente la fuerza con la que un objeto es atraído por la gravedad, y por tanto se mide en unidades de fuerza. La fuerza y la masa están relacionadas mediante la segunda ley de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

Hay que hacer notar que esta ecuación sería errónea en sistemas de masa variable, algo que es fácilmente demostrable si se escribe la fuerza en la forma

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (2)$$

Si pedimos en un supermercado 250 g de lomo, queremos precisamente eso, una cantidad de lomo cuya masa sea de 250 g. Y si la tienda está en la Luna, queremos la misma cantidad, independientemente de que su peso sea diferente.

Dado que en nuestra vida cotidiana, hay una relación biunívoca entre masa y peso, es fácil entender por qué se intercambian los conceptos. Es más fácil decir peso 75 kg que tengo una masa de 75 kg. Y es aún mucho más fácil decir en la Luna pesaría 12,5 kg, que en la Luna tendría un peso igual al de un objeto de 12,5 kg de masa en la Tierra.

Como todos sabemos en el Sistema Técnico Inglés la unidad de fuerza es el kilogramo-fuerza, también llamado kilopondio. Se define como la fuerza necesaria para acelerar un objeto de 1 kg de masa a 9,81 m/s<sup>2</sup>. Entonces un objeto de 1 kg de masa, pesa exactamente 1 kgf (o kp). Sin embargo, si se nos ocurre decir peso 75 kilogramos-fuerza, o peso 75 kilopondios, aunque sea físicamente correcto, la mayoría de la gente nos mirará raro.

**5. Segundo experimento: determinación del coeficiente de rozamiento estático entre tres superficies diferentes.**

Muchos estudiantes piensan erróneamente que la fuerza de rozamiento se opone SIEMPRE al movimiento de los cuerpos, siendo cierto que lo que se opone es al movimiento relativo de un cuerpo sobre otro. Y además ante dos coeficientes nunca saben cual utilizar, si el coeficiente de rozamiento estático o el coeficiente de rozamiento dinámico. Los estudiantes tienden, erróneamente, a usar la fórmula  $F_r = \mu N$  cada vez que se presenta una fuerza de rozamiento por deslizamiento.

El objetivo de este segundo experimento consistía en distinguir entre el coeficiente de rozamiento estático y dinámico y además observar el principio de acción y reacción. La mayoría de los alumnos ha realizado el experimento en el laboratorio de física general, con masas pequeñas de 100 g y el dinamómetro del laboratorio (entre 1 y 5 N de rango y 0.1 N de precisión). Otros alumnos que utilizaron un dinamómetro mayor se vieron obligados a arrastrar objetos muy pesados (por ejemplo cajas con libros, mesas, etc).

Entre las conclusiones que obtuvieron los alumnos son de destacar:

- 1) El coeficiente de rozamiento no depende de la forma ni del tamaño de la superficie
- 2) Es una magnitud adimensional
- 3) Cuanto más rugosa sea la superficie mayor será dicho coeficiente de rozamiento
- 4) El coeficiente de rozamiento entre dos superficies depende de las dos superficies, así por ejemplo, no es el mismo el de latón sobre cerámica que el de latón sobre madera.

Las superficies utilizadas han sido muy diversas, cartón, lija, papel charol, suelo de cerámica, madera, tela de algodón (toalla), formica, etc. Sobre estas superficies han colocado una gran variedad de objetos, cajas, cestos, botellas, vasos, móviles, libros, etc. Algunas de estas superficies se pueden ver en la Figura 5.



Figura 5. Determinación del coeficiente de rozamiento estático

**6. Tercer experimento: diseñar un experimento que permita determinar la normal en un plano inclinado.**

Siempre que tenemos un cuerpo sobre otro nos aparece una reacción normal. Muchos estudiantes piensan erróneamente que la reacción normal aparece sólo si se tiene un cuerpo apoyado sobre una superficie horizontal y no dibujan dicha normal en cualquier otra situación. La mayoría de los alumnos tienden a pensar que esa reacción normal es igual al peso, algo erróneo ya que esto es únicamente cierto cuando no hay ninguna fuerza vertical y el cuerpo se mueve en horizontal. En problemas de cuerpos en planos inclinados los estudiantes resuelven muchas veces los problemas diciendo que la reacción normal es la proyección del peso en la dirección perpendicular al plano, lo que de nuevo sería falso en general en el caso de tener otras fuerzas implicadas.

Si el cuerpo se mueve en una curva tampoco saben en qué dirección tienen que dibujar la normal, llegando incluso a dibujarla erróneamente en la dirección tangente, y en el caso de saber correctamente su dirección no saben si dibujarla hacia fuera de la curva o hacia dentro de la misma.

Este tercer experimento ha sido el que les ha supuesto una mayor dificultad. Muchos estudiantes han calculado teóricamente la reacción normal y no la han llegado a medir experimentalmente, no obstante en muchos casos se ha constatado la teoría con la evidencia experimental. El ingenio desarrollado en la construcción de planos inclinados se puede ver en la Figura 6 (mesas inclinadas, cristales, puertas que se han quitado de las paredes, cristales, chapas, etc.).

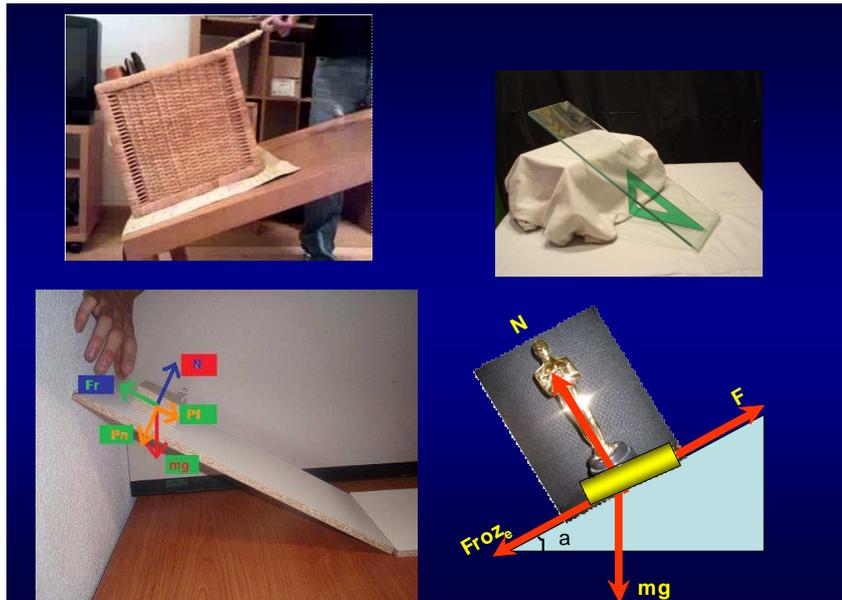


Figura 6. Medida de la reacción normal

Este experimento debía basarse en los resultados obtenidos en el segundo experimento (cálculo del coeficiente de rozamiento estático). Se ha dado el caso que un grupo de alumnos ha diseñado incluso una maqueta “El Normalleitor” para medir la reacción normal. Básicamente consta de un plano inclinado, graduable a voluntad, con un muelle fijo al plano por un extremo y con el otro extremo unido a un móvil con ruedas.

## 7. Conclusiones

Entre las conclusiones son de destacar

- Se fomenta un aprendizaje activo, no pasivo como ocurre frecuentemente en las aulas
- El aprendizaje respeta el ritmo de trabajo del alumno
- Fomenta el desarrollo de estrategias en la resolución de problemas
- Se ha desarrollado el trabajo en equipo
- Se ha fomentado la iniciativa y con ello la motivación
- Los alumnos han interrelacionado con otras disciplinas (como Matemáticas y Dibujo)

- Se han introducido en el uso de las TIC como complemento a la enseñanza de la física
- Los alumnos han realizado una búsqueda bibliográfica
- Se ha incidido en conceptos claves
- Se ha producido un acercamiento de la teoría a situaciones prácticas cercanas al alumno
- El trabajo en grupo implica también una responsabilidad en el reparto de tareas, en las relaciones personales, etc.

A la vez, esta experiencia piloto ha servido como guía para agilizar los sucesivos cambios previstos en el resto de centros y titulaciones de la Universidad Alfonso X el Sabio. Se ha conseguido una metodología didáctica reconocible y propia del Área de Física de la universidad extrapolable a las diferentes asignaturas y centros, con unas señas de identidad características y que al mismo tiempo atiende las singularidades específicas de cada titulación. El intercambio de ideas e inquietudes con otros profesores de diferentes áreas de conocimiento y centros nos ha llevado a un proceso de mejora continua y a mantener las distintas líneas de trabajo siempre abiertas.

Los profesores de Física tenemos, cada día más, el reto de estimular a los alumnos en el estudio de esta materia y evitar que sean meros espectadores que lo único que hacen es escuchar y, en ocasiones, grabar en su memoria lo que les decimos, limitándose a transcribir al folio los contenidos escritos en la pizarra o escuchados en clase. Las experiencias prácticas permiten que los alumnos se impliquen en un grado mayor en su propio aprendizaje y evitan que la Física, que es una ciencia experimental, se convierta en un disciplina puramente teórica, aparentemente lejana de la realidad y de la vida cotidiana.

La valoración que han realizado los estudiantes tras la experiencia de este primer seminario se considera muy positiva.

## 8. Referencias

- (1) Redish y Rigden (editors), 1997, *The changing role of Physics departments in modern universities*. Proceedings of International Conference on Undergraduate Physics Education, American Institute of Physics, New York
- (2) Tiberghien A., Leonard Jossem E. y Barojas J. (editors), 1998. *Connecting research in Physics education with teacher education*, editado por International Commission on Physics Education (ICPE).
- (3) Guisasola J. y Pérez de Eulate. (editores), 2001, *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada*, Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco
- (4) M. A. Zabalza, *Guía para la planificación didáctica de la docencia universitaria en el marco del EEES*, Documento de trabajo, Universidad de Santiago, Octubre 2004.

- (5) Stinner A. *The story of force: from Aristotle to Einstein*. Physics Education, V-12, n° 2, March 1994, pp. 77-86.
- (6) A. Lara-Barragán Gómez, *Acerca de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de Fuerza y Trabajo*. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 2, No. 3, Sept. 2008
- (7) Díaz-Jiménez A, Alfonso , René Mathieu Valderrama. *Redistribuyendo la masa con la velocidad: El cohete clásico* . Revista Española de Física. Volumen 4, n° 3, 1990.
- (8) F. Herrmann , *Temas a reformar en la enseñanza de la física*, Revista Cubana de Física Vol. 17, No.1-2, 2000
- (9) Francisco José García Borrás , *Star Trek: Un viaje a las leyes de la dinámica Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2005), Vol. 2, N° 1, pp. 79-90*
- (10) Amengual Colom, Antoni, *Hablando de física a la salida del cine: licencias cinematográficas* , Universidad de Palma de Mallorca. Servicio de Publicaciones; Edicions (2005)
- (11) Casadellá Rig, Bibiloni Matos. *La construcción histórica del concepto de fuerza centrípeta en relación con las dificultades de aprendizaje*. Enseñanza de las Ciencias, V-3, n° 3, 1985, pp. 217-224.
- (12) Casadellá J, Miró C. *La enseñanza de los conceptos de fuerza centrípeta y fuerza centrífuga. Una propuesta inspirada en la historia de la mecánica*. Enseñanza de las Ciencias 15 (3) 1997, 393-399
- (13) Oliva J. M., Ponts A. *Fuerza de inercia y enseñanza de la Física*. Revista Española de Física, V-10, n° 3, 1996, pp. 38-43.
- (14) McDermott L. C., Shaffer P., Somers M. D. *Research as a guide for teaching introductory mechanics: An illustration in the context of the Atwood machine*. American Journal of Physics 62(1) January 1994, pp 46-55
- (15) A. Mendoza, *Experiencia metodológica sobre la enseñanza de la Física*, Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte. 2: 43-51, 1997
- (16) Concari, Pozzo, Giorgi. *Estudio sobre el rozamiento en libros de Física de nivel universitario*. Enseñanza de las Ciencias 17(2) 1999, 273-280.
- (17) García A. *Rozamiento en Física General*. Revista Española de Física, V-6, n° 3, 1992, pp. 44-48.
- (18) Krim J. *Rozamiento a escala atómica*. Investigación y Ciencia, Diciembre 1996, pp. 46-53.

(19) Campanario, Juan Miguel, *De la necesidad, virtud: Cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar Física*, Enseñanza de las Ciencias, 2003, 21 (1), 161-172

(20) Ana Cros Stötter, Andrés Cantarero y Chantal Ferrer Roca, “Atrapado en un ascensor”, Técnicas de Mecánica y ondas, 2005 <http://www.uv.es/cros/docencia/mecanica/p9%20maquinadeatwood.pdf>, Consulta Diciembre 2008

(21) Ángel Franco García, Física con ordenador, Aplicaciones de los manómetros. Acelerómetros , 2006 <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/acelerometro/acelerometro.htm>, Consulta Diciembre 2008