

**X Congreso de Innovación Educativa
en las Enseñanzas Técnicas**

ACTAS DEL CONGRESO





X Congreso de Innovación Educativa
en las Enseñanzas Técnicas

© Edita: **X Congreso de Innovación Educativa**
en las Enseñanzas Técnicas.
I.S.B.N. 84-9705-207-2
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera 14. 46022 Valencia
Telf. 963 877 180 fax. 963 877 189
Página Web: www.euiti.upv.es
Página Web Congreso: www.xcongreso.upv.es

CREACIÓN DE APPLETS EDUCATIVOS PARA LA DOCENCIA DE LA FÍSICA EN TITULACIONES TÉCNICAS

*Autores: Cristian Neipp, Andrés Márquez, José Miguel Torrejón, José Joaquín Rodes, Augusto Beléndez
Dpto. Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Escuela Politécnica Superior Universidad de Alicante.
Apartado 99, 03080 Alicante
Correo electrónico: cristian@disc.ua.es
Tel: 96 590 36 82
Fax: 96 590 36 82*

Ref: 007

RESUMEN

La rápida y constante evolución que experimenta el campo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), unido a sus aplicaciones a la docencia, obliga a realizar al profesorado un aprendizaje continuo en ésta área con el objetivo de aplicarlas en sus clases. Sin embargo, este esfuerzo adicional no siempre consigue los objetivos marcados como consecuencia de la falta de recursos materiales, tanto por parte del profesorado como por parte del alumnado. Es necesario señalar que las nuevas tecnologías son un apoyo a la docencia, pero no pueden sustituir la enseñanza tradicional. En ese sentido, más que en sustitución de la enseñanza tradicional, es interesante la presentación de material como complemento de la propia exposición en clase. En esa dirección, desde el Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante se han desarrollado durante los dos últimos años una serie de s educativos mediante el lenguaje de programación java, cuyo objetivo es el de ofrecer un apoyo a la docencia convencional. Cada uno de los applets permite visualizar de manera sencilla alguna ley o principio de la Física, con la ventaja de ser una herramienta interactiva que permite al alumnado interactuar directamente con el ordenador. Además, debido a que muchos de estos programas permiten obtener valores numéricos, el alumno puede utilizarlos en la comprobación de problemas planteados en clase o diseñados por él mismo. Estos applets, a su vez, pueden ser utilizados por el profesorado durante la exposición de una clase con el objeto de explicar un proceso físico que requiera una representación gráfica de naturaleza dinámica.

Los applets desarrollados se han clasificado en función de su contenido físico en los siguientes temas: Errores y medidas experimentales, Mecánica, Termodinámica, Electricidad y magnetismo, Oscilaciones y ondas. En este trabajo se pretende mostrar algunos de los applets desarrollados, explicando a su vez su función y el contexto en el que se deben utilizar.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas con los que se encuentra la comunidad de docentes es la correcta adecuación de las tecnologías de la información y las comunicaciones al campo de la docencia. Un ejemplo claro de este problema lo constituye la inclusión de internet como complemento a la asistencia a clase. Es bien sabido que un uso adecuado de internet constituye una herramienta eficaz para completar la formación que el alumno recibe. Internet proporciona una multitud de recursos que agrupados convenientemente pueden significar herramientas útiles para el aprendizaje de una materia específica. Además permite que los alumnos tomen una actitud activa a la hora de utilizar un determinado software proveniente de Internet. También ofrece la posibilidad de una continua actualización de los materiales que se pueden encontrar, permitiendo controlar de manera adecuada la calidad y adecuación de los materiales a las materias específicas que se van a impartir. La contrapartida es que no existe orden ni jerarquía en los recursos publicados en Internet. Este hecho puede representar un inconveniente, ya que la búsqueda de recursos resulta ser, en muchas ocasiones, improductiva. Por esta razón se debe dirigir al alumno en la búsqueda ordenada de materiales. La forma más inmediata de hacer uso de las posibilidades generadas por Internet es la construcción de una página “web” específica, en la cual se publiquen los materiales que se van a utilizar en un curso. Como se ha comentado una de las ventajas que posee Internet es la de disponer de una infinitud de recursos relacionados con un área en concreto. Una página web permite la creación de enlaces a direcciones concretas de Internet, con la ventaja de que dicho redireccionamiento se puede realizar de una manera ordenada. Además la construcción de una página web específica es una continua fuente de referencia para el alumno, a partir de la cual puede organizar de una manera personal el material, pudiendo elegir su propio ritmo de trabajo.

En el Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante se está desarrollando un portal web educativo que pretende mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje orientado a las diferentes carreras técnicas impartidas en la Universidad de Alicante. Este portal educativo debe englobar las asignaturas de Física de primer año que se están impartiendo en todas las carreras de ingeniería impartidas por la Escuela Politécnica Superior. En principio, el portal está compuesto por una serie de páginas individuales en cada una de las cuales se ha diseñado un *applet*, herramienta interactiva en realizada en lenguaje de programación “java”. Además del *applet* aparece una breve explicación que permite la reflexión del alumno sobre el fenómeno que está estudiando. En este Trabajo presentamos algunos de los *applets* desarrollados en el Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante, junto a los cuales se presenta una breve introducción similar a la que el alumno encontrará en la página web.

2. CARGA DE UN CONDENSADOR.

Este muestra el proceso de carga de un condensador en un circuito RC. En particular muestra cómo varía la corriente y la carga en la rama donde se encuentra el condensador.

2.1. INTRODUCCIÓN.

Un condensador es un dispositivo que almacena temporalmente energía electrostática en un circuito eléctrico [1]. Consta de dos placas conductoras, llamadas armaduras, separadas por un dieléctrico. Cuando estas armaduras se conectan a una diferencia de potencial, la corriente

fluye cargando las armaduras con una carga $+q$ y $-q$ respectivamente. Se define la capacidad de un condensador como el cociente entre la carga adquirida y la diferencia de potencial aplicada.

$$\text{Ec 1.- } C = \frac{Q}{V}$$

Un condensador, por construcción, posee una diferencia de potencial máxima a la cual se puede conectar más allá de la cual el dieléctrico se perfora. Por lo tanto, existe una cantidad máxima de carga Q que un condensador puede almacenar. Cuando esta cantidad de carga máxima se alcanza la corriente no puede fluir más y la rama donde se halla el condensador queda cortocircuitada. Esta caída de la corriente no es, sin embargo, abrupta sino que varía gradualmente con la carga almacenada.

2.2. CARGA DE UN CONDENSADOR.

Vamos a establecer ahora las leyes que gobiernan el proceso de carga de un condensador. Consideremos un condensador de capacidad C , conectado en serie a una resistencia R y un generador de fuerza electromotriz ε .

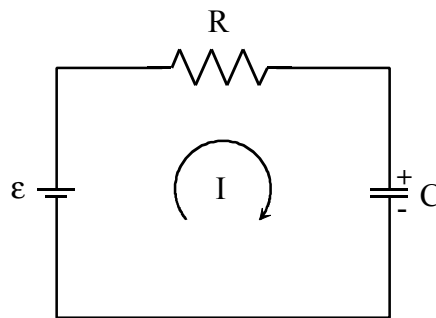


Fig. 1- Circuito compuesto por una resistencia, R , y un condensador, C .
La expresión que relaciona la carga en función del tiempo es

$$\text{Ec 2.- } Q(t) = C\varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Veamos esta expresión con detenimiento. Si se hace tender el tiempo a infinito, es evidente que la exponencial tiende a cero y la carga tiende a $C\varepsilon$. Por lo tanto, este factor es la carga final que adquiere el condensador, Q_f . Por otra parte, el factor RC tiene unidades de tiempo: $[\Omega F] = [VA^{-1}CV^{-1}] = [A^{-1}C] = [sC^{-1}C] = [s]$. Se le llama la constante de tiempo del circuito $\tau = RC$ ya que de ella depende la rapidez con la que se carga el condensador y por tanto, también de la rapidez con la que disminuirá la intensidad. En efecto, para obtener la intensidad basta con derivar la expresión anterior:

$$\text{Ec 3.- } I(t) = \frac{dQ}{dt} = -C\varepsilon e^{-\frac{t}{RC}} \left(-\frac{1}{RC}\right) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

En $t = 0$ la exponencial es la unidad y por tanto la corriente inicial es ε/R como proporcionaría la ley de ohm en ausencia del condensador. A efectos de corriente, en el instante inicial, con el condensador completamente descargado, su efecto es nulo. Cuando t tiende a infinito la exponencial tiende a cero y también la corriente.

Por tanto, las ecuaciones para el proceso de carga de un condensador en un circuito RC son las siguientes:

$$\text{Ec 4.- } Q(t) = Q_f \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\text{Ec 5.- } I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Donde $Q_f = C\varepsilon$, $I_0 = \varepsilon/R$ y $\tau = 1/RC$

2.3. DESCRIPCIÓN DEL APPLET.

A continuación se muestra el . En R se introduce la resistencia del circuito en Ω , en C se introduce la capacidad en μF , mientras que en f.e.m. se introduce la fuerza electromotriz del generador en V. Cuando se pulsa el botón dibujar en el *applet* se calculan los valores de $Q_f = C\varepsilon$ e $I_0 = \varepsilon/R$, asimismo se calcula el valor de la constante de tiempo $\tau (=RC)$. También se dibujan las gráficas que muestran la evolución de la carga y de la intensidad con el tiempo. El incrementador, permite incrementar la constante de tiempo para observar el efecto en las gráficas anteriormente mencionadas. En la figura 2 se muestra el *applet* en funcionamiento.

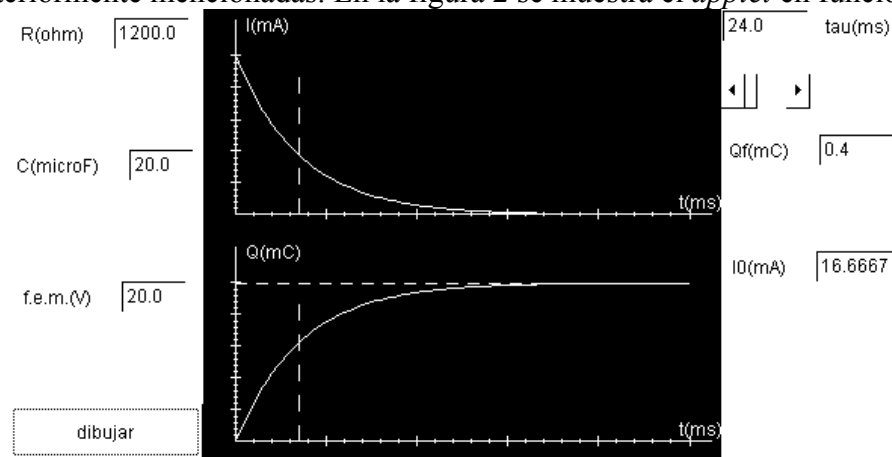


Fig. 2- *Applet* que muestra el proceso de carga de un condensador en un circuito RC

3. CAMPO ELÉCTRICO CREADO POR UNA DISTRIBUCIÓN DE CARGAS PUNTUALES

En este *Applet* se muestra cuál es la orientación del campo eléctrico \vec{E} creado por una distribución de cargas puntuales.

3.1. INTRODUCCIÓN

La carga eléctrica es una propiedad fundamental de la materia, existiendo dos tipos de carga: positiva y negativa. Dos cuerpos con el mismo tipo de carga se repelen, mientras que si tienen distinto tipo de carga, se atraen entre sí.

Las cargas eléctricas producen un campo eléctrico E en cada punto del espacio que las rodea. Si en un determinado punto (x,y,z) colocamos una carga q_0 , ésta se ve sometida a una fuerza eléctrica F que es proporcional al valor del campo eléctrico $E(x,y,z)$ en dicho punto. Esta fuerza viene dada por [2]:

$$\text{Ec 6.- } \vec{F}(x, y, z) = q_0 \vec{E}(x, y, z)$$

El campo eléctrico \vec{E} creado por una carga puntual q en un punto P viene dado por:

$$\text{Ec 7.- } \vec{E} = K \frac{q}{r^2} \vec{u}_r$$

donde \vec{u}_r es un vector unitario que va desde la carga q hasta el punto P donde se evalúa el campo E . K es una constante, y su valor es $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

3.2. PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN:

Mediante el principio de superposición se puede calcular el campo eléctrico creado por una distribución discreta de cargas, aunque este principio se puede generalizar al estudio del campo eléctrico creado por distribuciones continuas de carga.

En el caso general en que exista más de una carga puntual, el campo en el punto P es la suma de las contribuciones debidas a cada una de las cargas de manera independiente, es decir:

$$\text{Ec 8.- } \vec{E} = \sum_i \vec{E}_i = K \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_{ri}$$

donde el subíndice i indica cada una de las cargas puntuales creadoras del campo.

En las siguientes figuras se muestran las líneas de campo eléctrico generadas por un dipolo y por dos cargas positivas iguales:

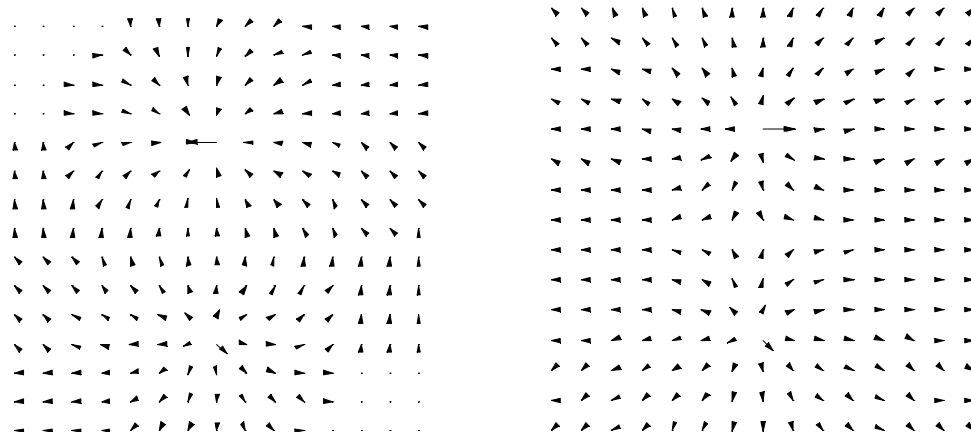


Fig. 3- Líneas de campo eléctrico producidas por un dipolo (izquierda) y por dos cargas puntuales iguales (derecha)

3.3. DESCRIPCIÓN DEL APPLET

En el *applet* que se muestra a continuación el alumno debe introducir los valores de las cargas, en el área de texto, q , así como las coordenadas donde las cargas se hallan aplicadas (en los campos x e y). También el alumno puede elegir el área de visualización de las líneas de campo, introduciendo en x_a e y_a los valores mínimos de las coordenadas x e y , y en x_b e y_b , los valores máximos de la zona donde pretende visualizar las líneas de campo eléctrico. En la Figura 4 se muestra el *applet* en funcionamiento, en el caso de un dipolo.

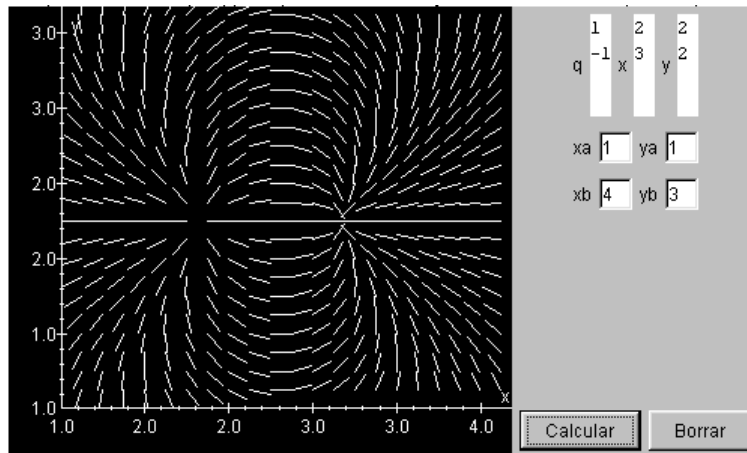


Fig. 4- *Applet* en el que se han introducido los valores de dos cargas iguales pero de distinto signo

4. CÁLCULO DE ERRORES

Este *applet* permite realizar un ajuste de mínimos cuadrados a una serie de pares de valores experimentales.

4.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de la Física es la descripción y cuantificación de los fenómenos físicos y para ello es imprescindible medir lo observado. De ahí que también a la Física se la denomine la ciencia de las medidas. El objetivo de una experiencia es, en general, conocer el valor que tiene una determinada magnitud física [3]. Sin embargo, además de la medida es necesario dar también algún indicador que nos garantice la fiabilidad de los resultados obtenidos. Generalmente la medida se entrega con el denominado error absoluto. Este error indica cual es el intervalo en el que realmente se halla la medida, si E es el error absoluto de un determinado valor V , la medida se encuentra realmente en el intervalo: $[V-E, V+E]$.

Los alumnos que cursan un primer año en cualquier titulación Técnica deben afrontar la experiencia de Laboratorio en la asignatura de Física, como un apoyo a la comprensión de los conceptos que se explican en clase. En el Laboratorio los alumnos realizan una serie de experiencias prácticas mediante las cuales obtienen información acerca de diferentes magnitudes físicas. Debido a que estas magnitudes físicas son obtenidas de forma experimental, es necesario que el alumno entregue un cota del error cometido junto con el valor de la medida. El alumno debe por tanto aprender a calcular errores, así como a expresar correctamente una medida con las cifras significativas adecuadas.

4.2. AJUSTE DE MÍNIMOS CUADRADOS

En numerosas ocasiones es preciso trabajar analíticamente con curvas obtenidas experimentalmente. Para ello habrá que ajustar los puntos obtenidos a una curva de forma que el error introducido al realizar el ajuste sea mínimo. Muchas situaciones en Física corresponden a una ley cuya función analítica es una línea recta del tipo $y = m \cdot x + n$. El problema que soluciona el método de los mínimos cuadrados es el de obtener el par de

valores que caracterizan una recta (m, n) a partir de una serie de pares de puntos (x_i, y_i) obtenidos experimentalmente.

El problema se reduce a calcular la ecuación de la recta $(y = m \cdot x + n)$ de tal forma que el sumatorio de las distancias de cada punto a la recta, elevado al cuadrado, sea mínimo. La recta obtenida es la que mejor se ajusta a los valores experimentales y se denomina **recta de regresión**.

Sea el conjunto de puntos $\{(x_i, y_i)\}$. Sea una recta $y = mx + n$ que no pasa por el origen. La pendiente m y la ordenada en el origen n que cumplen la condición de distancia mínima al conjunto de puntos son las que anulan la derivada.

La suma de distancias euclideas al cuadrado es:

$$\text{Ec 9.- } \sum_i (y_i - mx_i - n)^2$$

Las condiciones de mínimo son independientes, por lo que la anulación de las derivadas respecto de m y respecto de n han de ser simultaneas:

$$\text{Ec 10.- } \frac{d}{dm} \sum_i (y_i - mx_i - n)^2 = 0$$

$$\text{Ec 11.- } \frac{d}{dn} \sum_i (y_i - mx_i - n)^2 = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene finalmente, para un conjunto de N pares de valores

(x_i, y_i) obtenidos experimentales, tenemos:

$$\text{Ec 12.- } m = \frac{D \cdot N - A \cdot B}{C \cdot N - A^2} \quad \text{Ec 13.- } n = \frac{C \cdot B - A \cdot D}{C \cdot N - A^2}$$

donde:

$$\text{Ec 14.- } A = \sum_i x_i, \quad B = \sum_i y_i, \quad C = \sum_i x_i^2, \quad D = \sum_i x_i y_i$$

El cálculo de errores es un poco más complicado, pero se pueden obtener expresiones de los errores de x y de los errores de y

$$\text{Ec 15.- } E_m = \sum_j \frac{1}{\sum_i x_i^2} |y_j - 2mx_j| E_{x_j} + \sum_j \frac{|x_j|}{\sum_i x_i^2} E_{y_j}$$

$$\text{Ec 16.- } E_n = |m| \frac{\sum_j E_{x_j}}{N} + \frac{\sum_j E_{y_j}}{N} + |\bar{x}| E_m$$

siendo \bar{x} el valor medio de los valores de x

4.3. DESCRIPCIÓN DEL APPLET

En este *applet* el alumno introduce los pares de valores (x, y) junto con sus respectivos errores (E_x, E_y) . Al pulsar el botón calcular en el *applet* se dibuja, junto con los puntos experimentales la recta de regresión, obtenida por mínimos cuadrados. Además en el *applet* aparecen los datos de la pendiente y la ordenada en el origen de dicha recta.

En la figura 5 se muestra el *applet* de mínimos cuadrados en acción.

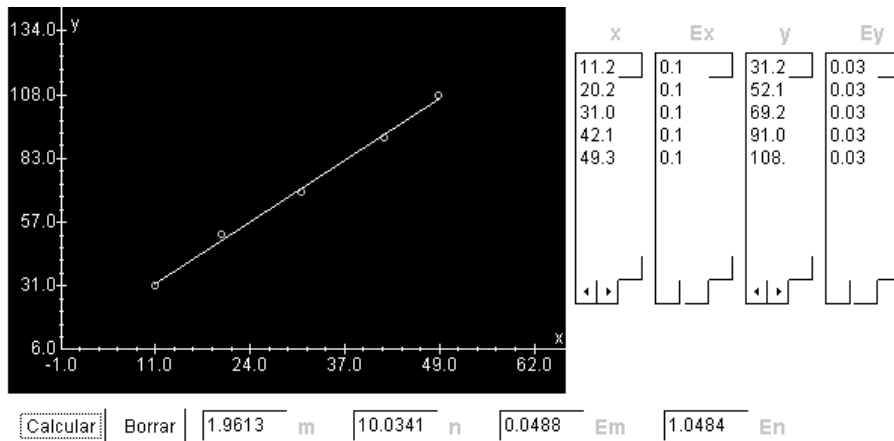


Fig. 5- *Applet* que permite el cálculo de la recta de ajuste de mínimos cuadrados a una serie de puntos experimentales

5. Experimento de la doble rendija de Young

En este *applet* se presenta el experimento de la doble rendija de Young. Este es un experimento clásico, realizado por Young en el siglo XIX, quien probó de un modo concluyente que la luz era un fenómeno ondulatorio.

5.1. INTRODUCCIÓN

En el experimento de Young [4] se genera una onda luminosa, mediante la fuente S, que ilumina dos rendijas paralelas, S₁ y S₂, separadas una distancia a. De acuerdo con el Principio de Huygens, S₁ y S₂ se comportan como fuentes secundarias coherentes, cuyo diagrama de interferencia se observa en una segunda pantalla, P, alejada una distancia, d, de las dos rendijas.

Las ondas emitidas por S₁ y S₂ tendrán las siguientes amplitudes complejas:

$$\text{Ec 17.-} U_1(\mathbf{r}) = A_1 \exp(-jkr_1)$$

$$\text{Ec 18.-} U_2(\mathbf{r}) = A_2 \exp(-jkr_2)$$

La diferencia de fase entre las dos ondas será:

$$\text{Ec 19.-} \delta = kr_2 - kr_1 = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)$$

La condición de interferencia constructiva es:

$$\text{Ec 20.-} \delta = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1) = 2m\pi$$

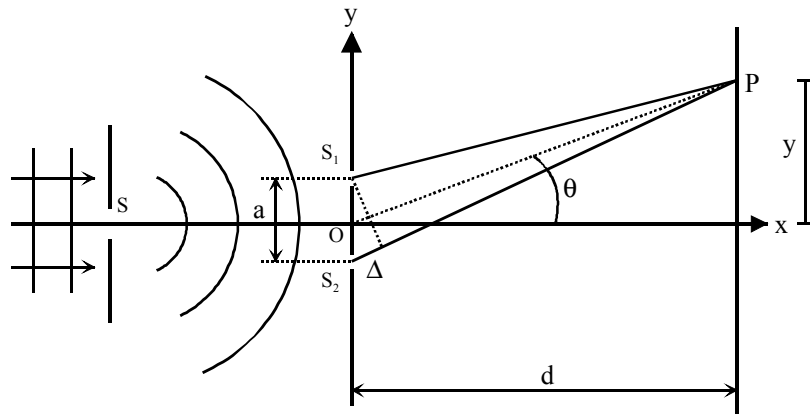


Fig. 6- Experimento de la doble rendija de Young

En el caso en el que la separación a de las fuentes S_1 y S_2 sea pequeña en comparación con la distancia d entre el plano de las rendijas y la pantalla P , se puede establecer la siguiente relación:

$$\text{Ec 21.- } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \approx \frac{2\pi}{\lambda} \sin \theta = \frac{2\pi a y}{\lambda d}$$

La intensidad resultante en los puntos de la pantalla posee el siguiente patrón cosenoidal:

$$\text{Ec 22.- } I = I_0 \cos^2\left(\frac{\pi a y}{\lambda d}\right)$$

Los puntos de intensidad máxima corresponden a:

$$\text{Ec 23.- } \frac{2\pi a y}{\lambda d} = m\pi$$

y la separación entre dos máximos consecutivos es:

$$\text{Ec 24.- } \Delta y = \frac{\lambda d}{a}$$

5.2. DESCRIPCIÓN DEL APPLLET

En este *applet* el alumno puede variar los valores de la longitud de onda, λ , la separación entre las dos rendijas, a , y la distancia de las rendijas a la pantalla, d . De esta forma se puede visualizar en la pantalla el fenómeno de interferencia producido, observándose cómo varía el patrón de interferencia en función de los parámetros introducidos por el alumno. En la Figura 7 se muestra el *applet*:

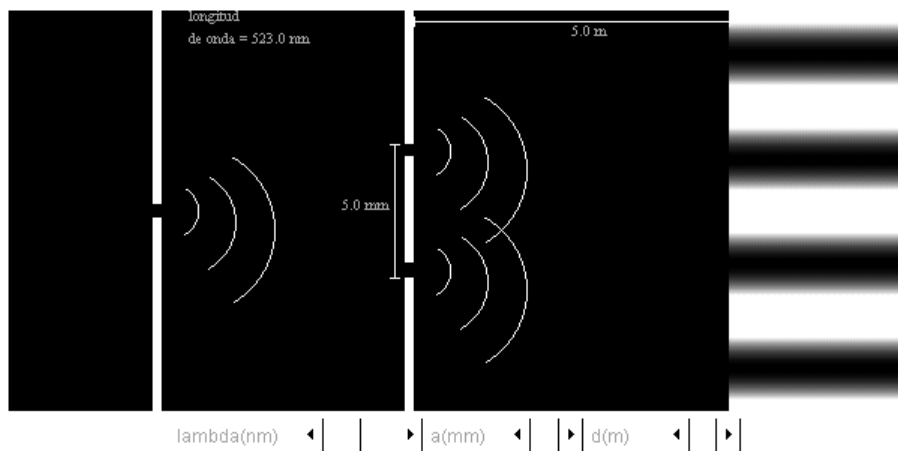


Fig. 7- *Applet* que muestra el experimento de la doble rendija de Young

6. Ciclo de Carnot

En este *applet* se pretende que el alumno compare tres ciclos funcionando entre las mismas temperaturas extremas, de esta forma podrá comprobar que el mayor rendimiento se consigue cuando una máquina térmica funciona realizando un ciclo de Carnot. Además se observará que el rendimiento obtenido en un ciclo de Carnot únicamente depende de las temperaturas del foco caliente y del foco frío.

6.1. INTRODUCCIÓN

El ciclo de Carnot es un proceso cíclico ideal de bastante importancia en la Termodinámica [5]. Aunque aquí se va a estudiar para un sistema termodinámico compuesto por un gas perfecto, en principio el sistema de trabajo que realice un ciclo de Carnot puede ser cualquiera. El ciclo de Carnot consta de cuatro transformaciones: dos de ellas son adiabáticas y las otras dos son isotermas:

- 1) el sistema parte de un estado (p_1, V_1) y experimenta una expansión isoterma hasta llegar al estado (p_2, V_2) , absorbiendo una cantidad de calor Q_1
- 2) El sistema se expande adiabáticamente hasta el estado (p_3, V_3) realizando trabajo.
- 3) El gas se comprime isotérmicamente desprendiendo una cantidad de calor Q_2 hasta el estado (p_4, V_4)
- 4) El gas vuelve al estado P_1, V_1 mediante una compresión adiabática

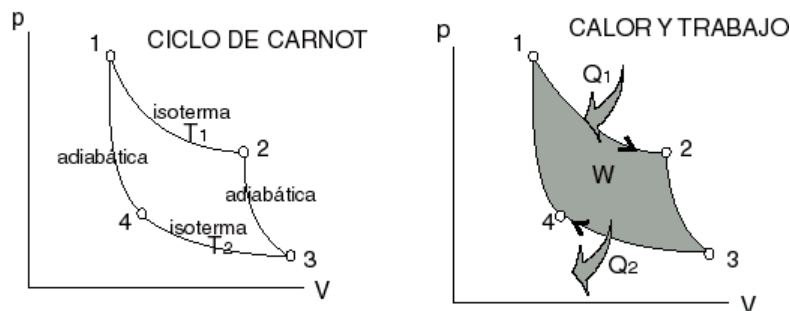


Fig. 8- Ciclo de Carnot

6.2. RENDIMIENTO DE UN CICLO DE CARNOT

En un ciclo de Carnot se puede demostrar que la relación entre los calores intercambiados entre el sistema y el medio externo con las temperaturas extremas es:

$$\text{Ec 25.} - \frac{Q_1}{Q_2} = - \frac{T_1}{T_2}$$

o

$$\text{Ec 26.} - \frac{Q_1}{|Q_2|} = \frac{T_1}{T_2}$$

Lo que indica que la razón entre el calor absorbido y el calor desprendido por el sistema durante un ciclo de Carnot únicamente depende de las temperaturas T_1 y T_2 .

Se hallará ahora el rendimiento de una máquina térmica que funcione como un ciclo de Carnot.

El rendimiento de una máquina térmica se define como la razón entre el trabajo realizado por el sistema, W y el calor absorbido del foco caliente, Q_C :

$$\text{Ec 27.- } \eta = \frac{W}{Q_C}$$

Debido a que el proceso realizado por una máquina térmica es cíclico la variación de energía interna es cero, $\Delta U = 0$, por lo que el calor es igual al trabajo, $Q = W$. Si Q_F es el calor cedido al foco frío podemos obtener las siguientes relaciones:

$$\text{Ec 28.- } Q = Q_C + Q_F = Q_C - |Q_F|.$$

$$\text{Ec 29.- } W = Q_C - |Q_F|$$

Por lo que el rendimiento de una máquina térmica se puede expresar como:

$$\text{Ec 30.- } \eta = 1 - \frac{|Q_F|}{Q_C}$$

Si utilizamos la ecuación 26, obtenemos el interesante resultado de que en el caso en que el ciclo realizado por el sistema fuese un ciclo de Carnot obtendríamos:

$$\text{Ec 31.- } \eta = 1 - \frac{T_F}{T_C}.$$

Es decir el rendimiento de una máquina térmica de Carnot funcionando entre dos focos sólo depende de la temperatura de los focos. Además debido a que $T_C > T_F$ se puede observar que η será siempre $\eta < 1$ para una máquina de Carnot y en general para cualquier tipo de máquina térmica.

6.3. DESCRIPCIÓN DEL APPLET

En este *applet* el alumno debe introducir los valores del volumen del primer estado y del segundo, el número de moles, la constante adiabática (que depende de si el gas es diatómico o monoatómico) y las temperaturas extremas (temperatura del foco frío y temperatura del foco caliente). En el *applet* aparecerá el ciclo de Carnot, así como los valores del rendimiento del ciclo, calor absorbido, calor cedido y trabajo realizado durante el ciclo. El alumno puede también comparar los resultados con otros dos ciclos funcionando entre las mismas temperaturas extremas: un ciclo compuesto por dos isocoras y dos isotermas y otros ciclo formados por dos isobaras y dos isotermas. Aquí es interesante darse cuenta de que el máximo rendimiento se conseguirá siempre en un ciclo de Carnot (si las temperaturas extremas son las mismas).

En las figuras 9 y 10 se muestra el *applet* en el que aparece dibujado el ciclo de Carnot y un proceso formado por dos isocoras y dos isotermas funcionando entre las mismas temperaturas extremas (200 K y 300 K).

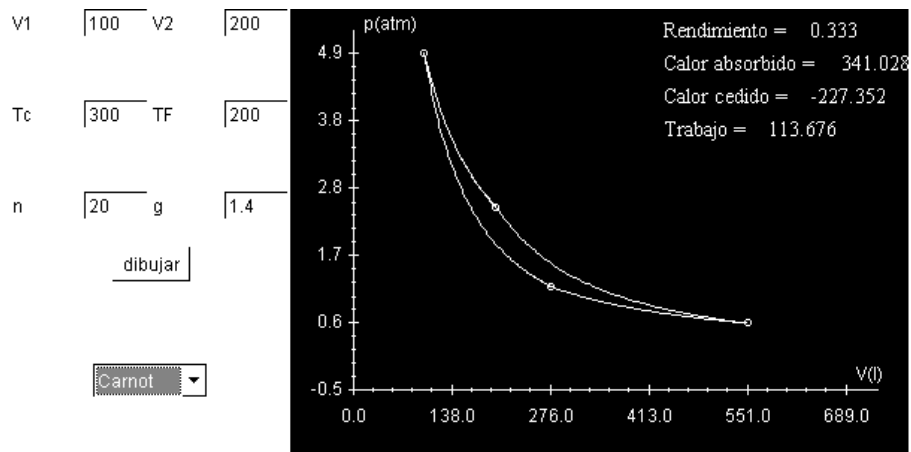


Fig. 9- *Applet* que muestra un ciclo de Carnot funcionando entre las temperaturas 200 K y 300 K

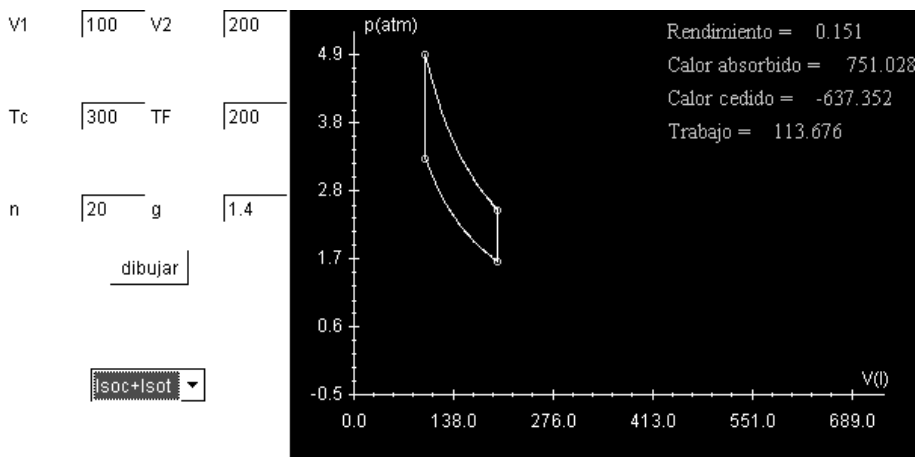


Fig. 10- *Applet* que muestra un ciclo compuesto por dos isocoras y dos isotermas

7. Propagación del calor

Este *applet* permite el cálculo del flujo de calor a través de una pared compuesta por diferentes materiales que separa dos medios que están a diferentes temperaturas. El *applet* también dibuja el perfil de temperaturas que aparece en la pared.

7.1. INTRODUCCIÓN

Vamos a considerar el caso de una pared de espesor finito e , estando una de sus caras a la **temperatura** t_1 y la otra a la temperatura t_2 ($t_1 > t_2$). Transcurrido un cierto tiempo se alcanza la situación estacionaria, donde el flujo de energía calorífica (Cantidad de calor que atraviesa la pared por unidad de tiempo) viene dada por la ley de Fourier [5]:

$$\text{Ec 32.- } \Phi = \frac{dQ}{dt} = -\lambda S(x) \frac{dt}{dx}$$

siendo λ una constante característica del material de la pared, llamada **conductividad térmica**, $S(x)$ es el área de la pared a una cierta distancia x del origen y dt/dx es el gradiente de temperaturas entre dos puntos próximos en la pared. La conductividad de un material varía

con la temperatura y nunca es nulo. En general depende de distintos factores como son la densidad, la naturaleza química y la humedad del material.

Al inverso de la conductividad $\rho = 1/\lambda$ se le llama **resistividad térmica**.

En el caso en que el muro sea homogéneo (esté compuesto de un mismo material) la conductividad λ es constante y si además $S(x)$ es constante (pared plana), en condiciones de régimen estacionario el flujo de calor es constante en toda la pared y como consecuencia el gradiente de temperaturas dt/dx también es constante.

$$\text{Ec 33.- } \frac{dt}{dx} = \text{Const} = \frac{\Delta t}{\Delta x} = \frac{t_2 - t_1}{e}$$

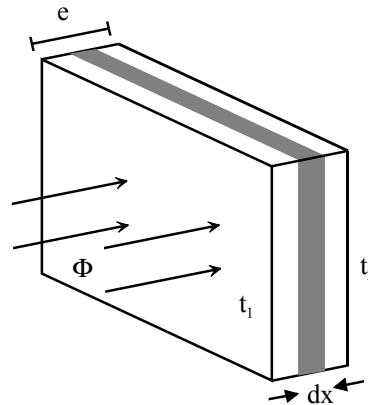


Fig. 11- Flujo de calor a través de una pared

El flujo de calor en cualquier punto de la superficie vendrá dado por:

$$\text{Ec 34.- } \Phi = \frac{-\lambda S(t_2 - t_1)}{e}$$

Siendo e el espesor del muro.

Reordenando los términos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Ec 35.- } \Phi = \frac{t_1 - t_2}{\frac{e}{\lambda S}}$$

Podemos establecer una similitud con la ley de Ohm, donde la caída de temperaturas juega el papel de la diferencia de potencial $V_1 - V_2$ y $e/\lambda S$ el papel de la resistencia en un circuito eléctrico R . Al término $e/\lambda S$ se le denomina **resistencia térmica** del muro.

7.2. DESCRIPCIÓN DEL APPLET

En este *applet* aparecen cuatro campos de texto. En las casillas t_e y t_i se deben poner las temperaturas externa e interna respectivamente, en el campo conductividad se debe poner la conductividad térmica del material que compone una capa de pared y en el recuadro espesor el espesor de la capa. Con el botón añadir se añade una nueva capa de material a la pared. Presionando el botón Calcular el *applet* dibuja el perfil de temperaturas en la pared y calcula la densidad de flujo de calor que atraviesa la pared (flujo de calor por unidad de superficie).

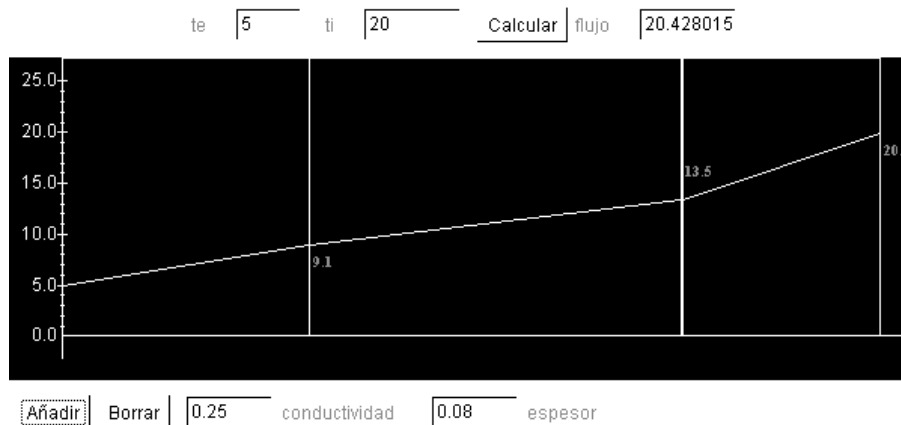


Fig. 12- *Applet* que muestra el perfil de temperaturas en una pared compuesta por diferentes materiales

8. ELÁSTICA DE UNA VIGA EN VOLADIZO

En este se muestra la curva que forma una viga en voladizo, elástica, cuando ésta está sometida a una carga puntual colocada en un extremo. También se representa en el *applet* el diagrama de esfuerzos internos que aparecen en el interior de la viga para compensar la fuerza externa y el peso de la viga.

8.1 INTRODUCCIÓN

La viga es un elemento constructivo individual que permite la transmisión de las fuerzas exteriores en el interior de cualquier construcción técnica [6]. Se trata de cuerpos alargados en los que predomina una dimensión frente a las otras. La misión principal de las vigas es trabajar a flexión, absorbiendo fuerzas perpendiculares a la directriz de los mismos.

Denominamos **elástica** o deformada a la forma que adopta la viga a consecuencia del sistema de cargas soportado. Si $y(x)$ es la curva que describe la elástica, E es el módulo de Young del material del que está compuesto la viga e I es el momento de inercia de la sección lateral de la viga, en el caso de pequeñas deformaciones se puede relacionar $y(x)$ con el momento de flexión, $M(x)$ a través de la siguiente relación [7]:

$$\text{Ec 36.} - \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{EI} M(x)$$

8.2. VIGA EMPOTRADA POR UN EXTREMO SOMETIDA A UNA CARGA PUNTUAL EN EL EXTREMO LIBRE

Analizaremos ahora una viga empotrada por un extremo de longitud L y sometida a una fuerza, F en el extremo libre (Figura 13)

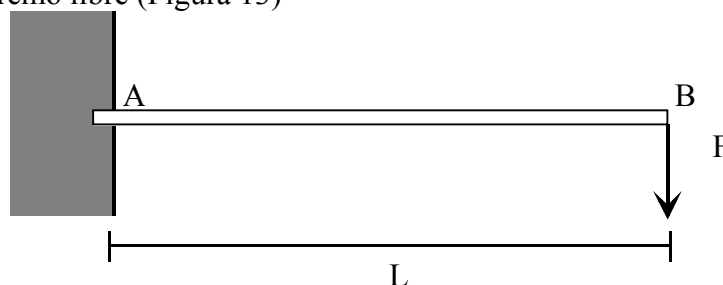


Fig. 13- Viga empotrada por un extremo sometida a una fuerza puntual en el extremo libre. Para calcular el valor de los esfuerzos internos en función de la distancia perpendicular al empotramiento, x , se realiza un corte transversal a la viga. Aparecerán esfuerzos internos para garantizar el equilibrio de la viga a ambos lados del corte.

Si nos fijamos en el lado izquierdo del corte aparecerán un momento flector, M , y un cortante, V , que deben compensar los efectos producidos por la fuerza F .

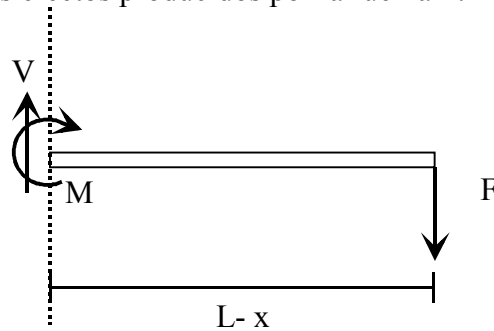


Fig. 14- Corte transversal de la viga

Debido a que se debe cumplir el equilibrio para este elemento de viga.

$$\text{Ec 37.- } \sum F_y = 0 \Rightarrow V - F = 0$$

$$\text{Ec 38.- } \sum M_A = 0 \Rightarrow M + F \cdot (L - x) = 0$$

Se obtiene entonces que el valor del cortante es $V = F$, mientras que el momento flector es: $M = -F \cdot (L-x)$. El cortante permanece constante en la viga y con un valor igual a F , y el momento flector depende linealmente de x .

Estamos interesados en el cálculo de la elástica de la viga, que como habíamos comprobado anteriormente estaba relacionado con el momento flector a través de la relación:

$$\text{Ec 39.- } \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M(x)}{I \cdot E} = \frac{1}{I \cdot E} [F \cdot (x - L)]$$

Integrando dos veces esta expresión e imponiendo las condiciones: $dy(0)/dx = 0$; $y(0) = 0$.

$$\text{Ec 40.- } y(x) = \frac{F}{I \cdot E} \left[\frac{x^3}{6} - L \frac{x^2}{2} \right]$$

Si se pretende calcular la flecha en el extremo, se impone la condición $x = L$. Con lo que queda:

$$\text{Ec 41.- } y_{max} = -\frac{F \cdot L^3}{3 \cdot I \cdot E}$$

8.3. DESCRIPCIÓN DEL APPLET

En este *applet* se pueden introducir mediante los incrementadores los valores de la fuerza, F , en el extremo libre, el peso de la viga, P , y la longitud, L . En el *applet* aparecen dibujados los diagramas de esfuerzos cortantes y momentos flectores en el interior de la viga, así como la elástica de la viga. En la Figura 15 aparece una muestra del *applet*.

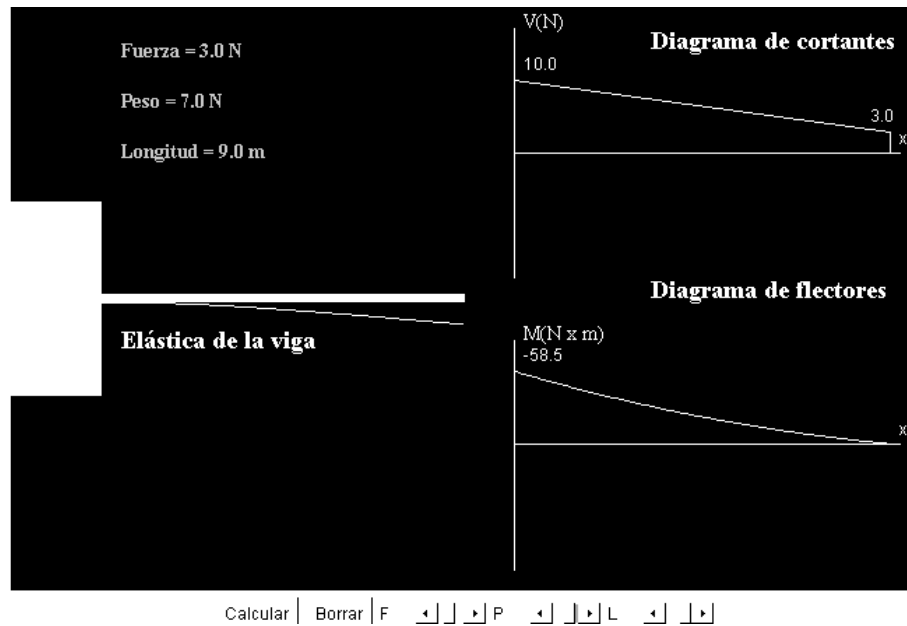


Fig. 15- *Applet* que muestra los diagramas de esfuerzos internos y la elástica de una viga en voladizo

9. CONCLUSIONES

En este Trabajo se han comentado los beneficios que pueden surgir de utilizar Internet como herramienta de apoyo a la docencia, quedando claro que no puede sustituir la enseñanza presencial pero si complementarla. Como ejemplo del uso de Internet se ha desarrollado en el Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante una portal web educativo en el que se han incluido diferentes *applets*, herramientas interactivas en lenguaje java, que abordan distintos temas de la Física. Los *applets* permiten la interacción directa del alumno, mediante la introducción por parte de éste de valores numéricos en los distintos parámetros que gobiernan las leyes físicas que los *applets* tratan de reproducir. Se han comentado diferentes *applets* correspondientes a distintas partes de la Física acompañados de breves comentarios introductorios similares a los que el alumno dispondrá en la Página web.

10. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen una ayuda concedida por la Universidad de Alicante en la “Convocatoria de Ayudas para fomentar la aplicación de las nuevas tecnologías en la mejora de la enseñanza de materias específicas de la Universidad de Alicante”.

11. REFERENCIAS

- [1] Tipler P., *Física para la ciencia y la tecnología, vol 2* (Reverté (Barcelona), 1999)
- [2] Gettys W. E., Keller F. J. y Skove M. J., *Física clásica y moderna* (Mcgraw-Hill (Madrid), 1991)
- [3] Beléndez A., Bernabéu J. G., Vera J., Pastor C. y Martín A., *Prácticas de Física* (Universidad Politécnica de Valencia (Valencia), 1988)
- [4] Beléndez A., *Fundamentos de Óptica para Ingeniería Informática*, (Universidad de Alicante, 1996)
- [5] Aguilar J., *Curso de Termodinámica* (Alhambra (Madrid), 1987)
- [6] Belmar F., Garmendía A. y Llinares J., *Curso de Física Aplicada: Estática* (Universidad Politécnica de Valencia (valencia), 1987)
- [7] Feynman R., Leighton R. B. y Sands M., *The Feynman Lectures on Physics: Electromagnetism and Matter, vol 2* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1989)