

Familiarización de los estudiantes con la actividad científico- investigadora: método dinámico para caracterizar el movimiento de traslación de un cuerpo

Carlos A. Alejandro Alfonso, Regla Sánchez Ruiz y Kenia Herrera Lemus

Departamento de Física, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Camajuaní Villa Clara, Cuba. E-mail: calfonso@mfc.uclv.edu.cu

Resumen: El objetivo principal de este trabajo es mostrar la necesidad de realizar transformaciones en la educación dirigidas a alcanzar una educación científica en la que juegue un papel trascendental la actividad científica – investigadora en los estudiantes. Se describe una experiencia pedagógica, realizada teniendo en cuenta los aspectos fundamentales de la actividad científico- investigadora contemporánea, en el aprendizaje de la Mecánica en la Física a nivel universitario.

Palabras clave: física, enseñanza, investigación, aprendizaje, actividad científica, mecánica.

Title: Familiarization of students with the scientist-researcher activity: dynamic method to characterize a body translational motion.

Abstract: The main objective of this work is to show the necessity to carry out transformations in the directed education to reach a scientific education in which plays a momentous paper the scientific activity - investigator in the students. A carried out pedagogic experience is described keeping in mind the fundamental aspects of the activity scientist - contemporary investigator in the learning of the Mechanics in the teaching of the Physics at university level.

Keywords: physics, teaching, research, learning, scientific activity, mechanics.

Introducción

En nuestra práctica cotidiana nos encontramos con estudiantes que dan respuestas incorrectas ante preguntas simples, esto es un reflejo de que no dominan los conceptos básicos fundamentales y no son capaces de demostrar nexos cognitivos ante cuestiones conocidas, este es un aspecto que ha sido tratado ampliamente (Perales y Canal 2000, Salinas, Cudman y Pesa 1996, Solbes, Calvo y Power 1994 y Valdés y Valdés 1999). En consecuencia a esta situación aparece una línea de investigación en la didáctica de la ciencia vinculada con las concepciones (Wandersee 1994), cuyos resultados han constituido un aspecto esencial en el desarrollo del aprendizaje como actividad investigadora, presentándose como una tendencia que aporta una gran significatividad en la enseñanza de la ciencia.

Resulta importante aclarar que nuestro criterio coincide con (Valdés y Valdés 1995) cuando señalan que el "rasgo más general que caracteriza el concepto de investigación es, precisamente el de ser una actividad intencionalmente orientada a la búsqueda del conocimiento que no resulta obvio, que está más allá de la apariencia de las cosas". Siendo consecuente con el criterio anterior hay que considerar por tanto que la actividad científica dentro del proceso de enseñanza debe ser un elemento motivador al mostrar al estudiante situaciones problemáticas que lleven implícito un cuestionamiento y que conduzcan a lograr un avance durante el aprendizaje.

Desde esta misma óptica es incuestionable el hecho de que la actividad científica ejerce su influencia en la esfera de las actitudes, ya que la misma educa actitudes de insatisfacción, cuestionamiento y crítica de lo que parece obvio y, a la vez, los prepara para enfrentar las dificultades y solucionar los problemas surgidos; estos son criterio que defienden varios autores (Ausubel, Navak y Hanesian 1983, Leontiev 1981 y Valdés y Valdés 1994.), desde nuestro punto de vista, esta actividad también contribuye a la formación de valores en el ser humano como por ejemplo eleva la disciplina, perseverancia, voluntad, las relaciones interpersonales, entre otros valores que contribuyen a la formación de la personalidad del estudiante como ser social. Por lo antes planteado es que resulta de vital importancia el insertar esta actividad en el proceso de aprendizaje.

Esto hace que la didáctica de la ciencia actual tenga irremediamente que caracterizar algunos aspectos de dicha actividad investigadora (Gil y Valdés 1996, Marton, Fensham y Chiklin 1994.). Entre estos tenemos el acotamiento de la situación que se examina; que posibilita la formulación de preguntas o problemas a descubrir, la necesidad de darle solución a estos problemas; a partir de la formulación de hipótesis, creando en este sentido estrategias; que en caso necesario contendrían el diseño de experimentos, esto conduciría a incluir como punto medular la evaluación de los resultados obtenidos, la que debe estar dirigida al análisis de la coherencia con el resto del sistema de conocimientos, a la consideración de las posibles aplicaciones y su repercusión social, dándose a conocer mediante la elaboración de esquemas, informes, etc

En relación a lo anteriormente planteado hay que señalar que se presentan diversos criterios de interpretación de estos aspectos en la educación científica, los que se condicionan a partir del nivel de enseñanza que se considere, de la materia de que se trate, e incluso de los autores. Ello se hace notable en conceptos como problema, hipótesis o diseño (Wenham 1993, Norman 1998 y Waks 2001.). El proceso de formulación de hipótesis en la ciencia, representa una extensión y un desarrollo de una tendencia general de los seres humanos a especular y formular conjeturas, sugiriendo que en el campo de la educación, en específico en el contexto de investigaciones sistemáticas en la que se utilizan conceptos y reglas de la ciencia, el concepto de hipótesis científica debe centrarse en su rasgo más general: soluciones tentativas a los problemas planteados (Valdés y Valdés 1994). Se comprende así la necesidad de aproximar el aprendizaje a la actividad científico- investigadora contemporánea. Es por eso que en el presente trabajo abordaremos este tipo de actividad en el campo de la Física.

Desarrollo

Aspectos a considerar en el proceso de enseñanza de la Física como actividad investigadora

Nuestra experiencia se desarrolla en la Universidad Central "Marta Abreu" de la Villas, Villa Clara, Cuba, en la Facultad de Ciencias Empresariales, especialidad de Ingeniería Industrial. La misma parte de un sistema de tareas que se *diseñan* a partir de las interrelaciones entre los siguientes aspectos: el nivel de dificultades, las experiencias previas de los estudiantes, y contextos significativos y de interés, se *orientan* hacia la realización de acciones específicas, donde el estudiante profundiza en el objeto de estudio y se *diseñan* de manera que favorezcan el nivel de generalización y se elaboren modelos genéricos de las situaciones.

Experiencia pedagógica

La experiencia pedagógica se estructuró a partir de un sistema de tareas a desarrollar por el docente y por los estudiantes.

Por los docentes:

1. Realizar el diagnóstico del contexto educativo (análisis de las necesidades educativas de los estudiantes) obteniéndose que :

➤ La situación actual de los laboratorios de Física, en nuestro centro universitario, poco contribuye al desarrollo del sistema de experiencias necesario para la actividad creadora en los umbrales del Siglo XXI. Algunos problemas existentes se relacionan a continuación:

Existencia de equipos obsoletos.

Ausencia de insumos para determinadas prácticas.

Imposibilidad de presentación y demostración física (real) de fenómenos.

Ausencia de determinados instrumentos de medición.

Imposibilidad de realización de variantes en un proceso o fenómeno físico, determinado por inexistencia del medio o método de variación de una característica o propiedad, rotura de equipamiento cuya reparación es costosa o la línea de construcción está desactivada.

➤ Existen dificultades en la realización de las clases de laboratorios, entre ellas las más significativas son:

Falta de habilidades prácticas para la realización de las actividades de laboratorios.

Poca iniciativa para darle solución a determinadas situaciones prácticas.

Bajos rendimientos docentes.

Deficiencias en el vínculo clase práctica – laboratorio.

2. Diseñar y ejecutar secciones de video ciencia, relacionada con la proyección de videos educativos, previamente elaborados sobre Mecánica.

3. Analizar los niveles de sistematicidad de los conceptos: son aquellos elementos que permiten caracterizar propiedades, es decir aspectos de un objeto que determinan su diferencia o semejanza con otros y los rasgos

esenciales de los objetos y fenómenos ya sea mediante palabras o solamente a través de relaciones matemáticas. Entre los conceptos analizados está: masa, inercia, energía, fuerza, aceleración, velocidad, momento de fuerza, trabajo, desplazamiento, tiempo, momento angular, trayectoria y posición. En relación a los conceptos antes mencionados se precisan algunas magnitudes: propiedad del objeto que es posible medir es decir cuantificarse, por ejemplo:

Magnitudes escalares: masa, tiempo, etc.

Magnitudes vectoriales: velocidad, aceleración, fuerza, momento de fuerza, etc.

Consideración de elementos básicos:

Modelo (representación simplificada del objeto o proceso que se analiza, teniendo presente que dicho modelo refleja solo algunas características que son esenciales en el fenómeno en cuestión, obviando las que juegan un papel secundario); se asumen los siguientes: punto material, cuerpo rígido y sistema de referencia inercial.

Ley (es una determinada relación entre objetos, fenómenos o procesos; expresa los nexos internos que tienen carácter esencial), se refiere a las leyes de Newton y leyes de Conservación.

Principio (es el resultado de la generalización de la actividad práctica), se trabaja con el principio de independencia de los movimientos.

Teoría (es un sistema que describe los fenómenos, explica sus características y unifica todas las leyes que se encuentran en ese dominio bajo un elemento común), se considera como núcleo básico la Mecánica (la más antigua de las ciencias físicas, es el estudio del movimiento de los objetos. Cuando describimos el movimiento estamos tratando la parte de la mecánica llamada cinemática. Cuando analizamos las causas del movimiento entramos en el terreno de la dinámica).

Invariantes (son ideas básicas presentes en el núcleo de la teoría), se señalan como ejemplos la masa propia y la velocidad de la luz en el vacío.

Contenidos (partes de una determinada teoría), por ejemplo la cinemática, la dinámica, Leyes de Conservación, etc.

4. Elaboración y diseño del modelo experimental a presentar.

5. Determinación de los conocimientos previos de los estudiantes, mediante una prueba diagnóstica: El nivel cognoscitivo de los estudiantes respecto al conocimiento previo que poseen y a las habilidades que deben traer formada de los niveles precedentes en el manejo de instrumentos de medición es medianamente adecuado.

Para los estudiantes:

1. Se presenta el montaje experimental (anexo 1) y a partir del mismo se precisan sus elementos principales:

Carril de aire con cuerpo que se desliza sobre él.

Platillo con pesas de masa conocida, unido al cuerpo mediante una cuerda.

Polea.

Dos celdas fotoeléctricas.

Fuente para alimentar las celdas.

Reloj milisegundo digital con fuente de alimentación de 9v.

2. Presentación de la situación

Se muestra el sistema constituido por un cuerpo que se desliza por un plano inclinado; formado por un carril de aire, en el cual existen dos celdas fotoeléctricas que se encuentran separadas una determinada distancia y conectadas a un milisegundo, atado mediante una cuerda inextensible y de masa despreciable que pasa a través de una polea simple en forma de disco, a un platillo, al cual se le colocan pesas. No se conocen las masas de los cuerpos, ni la distancia a recorrer. Es posible determinar el tiempo de traslación de los cuerpos. Es muy importante conocer la fuerza de fricción que se opone al movimiento del cuerpo, pero más interesante y útil es poder determinar el coeficiente de fricción dinámico pues esta magnitud no depende de la pulimentación ni del área de las superficies en contacto y es característica de dos superficies dadas, tal es así que aparecen los respectivos valores en tablas. Conocido el coeficiente de fricción es muy fácil determinar la fuerza de fricción.

Aparece aquí nuestro problema científico a resolver. ¿Cómo determinar experimentalmente el coeficiente de fricción dinámico entre el carril y el cuerpo?

3. Desarrollo del modelo teórico

El desarrollo de la actividad se inicia con un análisis cualitativo de la problemática. Específicamente se realizan varias interrogantes, que van guiando las reflexiones y el análisis colectivo.

Presentamos a continuación ejemplos de intervenciones que surgen por la necesidad de ir completando el análisis de la problemática, asumiremos con una *A* las correspondientes a los estudiantes y con *P* a las del profesor:

a) ¿Se mueve el sistema?, si lo hace ¿Cómo se mueve?

A. Si, con velocidad constante

P. ¿Cuándo se pone de manifiesto este tipo de movimiento?, ¿será cero la fuerza resultante que actúa sobre cada cuerpo?, ¿para qué valor de masa en el platillo?

A. Si, con movimiento uniformemente acelerado.

P. ¿Qué significa uniformemente acelerado?, ¿será constante la fuerza resultante que actúa sobre cada cuerpo?

A. No es posible asegurar si se mueve o permanece detenido.

P. Todo depende de la fuerza resultante externa que actúa sobre el sistema.

b) ¿Qué variables influyen en el movimiento?

A. La masa.

P. ¿De qué cuerpo?, ¿dependerá el movimiento del sistema de las masas que se pongan en el platillo?

A. La longitud recorrida.

P. ¿Por cual cuerpo?, ¿Es inextensible la cuerda?,

A. El tiempo.

P. ¿Cuál tiempo?, ¿el que tarda el cuerpo en recorrer una longitud fija?

A. La fuerza de fricción.

P. ¿Entre cuales cuerpos?, ¿Podemos despreciar la fricción entre el aire y el platillo?

A. La fuerza de gravedad.

P. ¿Aplicada sobre cual cuerpo?

c) ¿Cómo determinar el coeficiente de fricción dinámico?

A. Buscando en las tablas.

P. No conocemos la naturaleza de las superficies en contacto.

A. Despejando del valor de la fuerza de fricción.

P. Esa fuerza no es conocida, por tanto debemos trabajar con el sistema, es decir tenemos que analizar todos los cuerpos en interacción.

El análisis anterior condujo a la necesidad de aplicar el método dinámico, donde se identifican las fuerzas que actúan sobre cada uno de los cuerpos que forman el sistema, mostrándose en la figura 1 los diagramas de fuerza.

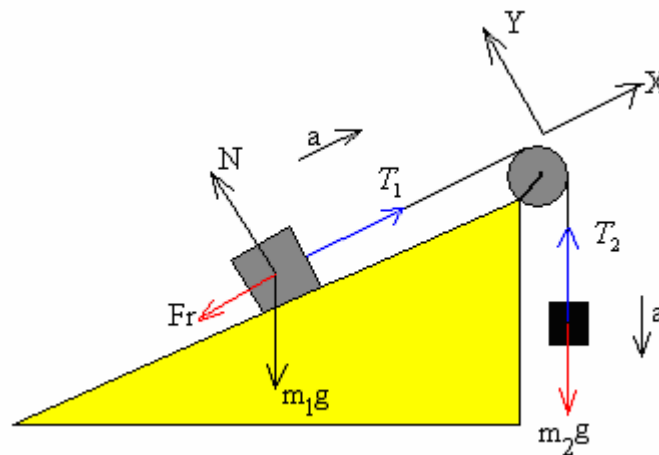


Figura 1.- Diagrama de fuerza de los cuerpos.

Teniendo presente la forma de la puela y las características del momento de inercia, buscamos en una tabla obteniendo que en este caso se puede utilizar la expresión:

$$I_0 = \frac{1}{2} M R^2 \quad (1) \text{ donde } M \text{ es la masa de la puela y } R \text{ su radio.}$$

Utilizando la ecuación fundamental de la dinámica de la traslación se obtiene que:

La ecuación del movimiento del platillo colgante de masa m_2 es:

$$m_2 g - T_2 = m_2 a_2 \quad (2)$$

La ecuación del movimiento del bloque de masa m_1 que desliza es:

$$T_1 - m_1 g \operatorname{sen} \theta - \mu_d m_1 g \cos \theta = m_1 a_1 \quad (3)$$

Pero $a_1 = a_2 = a$, pues la cuerda es inextensible

La ecuación del movimiento de la polea de masa M , que rota alrededor de un eje fijo es:

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2} M a \quad (4)$$

Una vez que los estudiantes arriban al resultado antes presentado surgen dos hipótesis a comprobar durante la investigación científica que se desarrolla en el salón de clase.

a) *¿El diseño experimental con que contamos nos permite determinar la aceleración de los cuerpos, utilizando métodos cinemáticos?*

En la discusión aparecen aspectos importantes:

El sistema posee un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, caracterizado por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at \\ v^2 &= v_0^2 + 2a \Delta x \\ x &= x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \end{aligned}$$

Garantizándose las condiciones iniciales siguientes: $X_0=0$ y $V_0=0$.

Obtenemos

$$a = \frac{2 \Delta x}{t^2} \quad (5)$$

b) *¿El modelo experimental empleado permite determinar el coeficiente de fricción dinámico entre el cuerpo y el carril?*

Sumando ordenadamente las ecuaciones (2), (3) y (4), teniendo presente (5) y despejando se obtiene:

$$\mu_d = \frac{m_2 g - m_1 g \operatorname{sen} \theta - \left(m_1 + m_2 + \frac{1}{2} M \right) 2 \frac{\Delta x}{t^2}}{m_1 g \cos \theta} \quad (6)$$

Que sean los estudiantes los que analicen las limitaciones en las soluciones halladas y trabajen en la búsqueda y comprensión de otras variantes de solución mediante la formulación de hipótesis a comprobar, se eleva el espíritu crítico y la flexibilidad del pensamiento científico de los estudiantes a su vez se refuerza la actitud inquisitiva ya que son ellos los que generan nuevas situaciones problemáticas.

Después de resuelta la problemática analicemos dos casos particulares.

1) ¿Podremos calcular el ángulo de inclinación del carril si conectamos la turbina de aire y cambiamos la inclinación del plano?

Al conectar la turbina en la parte superior del carril, a través de unos orificios comienza a salir el aire, provocando una disminución muy considerable de la fuerza de fricción entre el carril y el cuerpo que se mueve sobre él. Si la consideramos igual a cero nuestra ecuación de trabajo queda en la siguiente forma:

$$\theta = \text{arc sen} \left[\frac{m_2 g - \left(m_1 + m_2 + \frac{M}{2} \right) a}{m_1 g} \right] \quad (8)$$

2) ¿Podremos resolver nuestra problemática inicial si sustituimos la polea simple por una múltiple similar a la que mostramos a continuación?

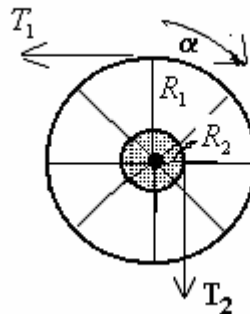


Figura 2.-Diagrama de fuerza de la polea.

Garantizando que el movimiento del sistema siga uniformemente acelerado, para lo cual podemos colocar mas pesas en el platillo, verificamos que con este tipo de polea la aceleración de los cuerpos que se trasladan es diferente. Debemos determinar utilizando la expresión (5) la aceleración del cuerpo en el carril (a_1), calculamos la aceleración angular de la polea y finalmente la expresión para el coeficiente de fricción nos queda:

$$\mu_d = \frac{g(m_2 R_2 - m_1 R_1 \text{sen}\theta) - \alpha(I_0 + m_2 R_2^2 + m_1 R_1^2)}{m_1 g R_1 \text{cos}\theta} \quad (9)$$

Cuando en el transcurso de la actividad los estudiantes van generando nuevas hipótesis sus soluciones se abordan en colectividad, se critican y se rediseñan entre todos dentro de un ambiente de respeto, este método generó una atmósfera en la cual primaba las buenas relaciones interpersonales entre estudiante- estudiante y entre estudiante-profesor apareciendo la disposición para el trabajo colectivo lo que conllevó a que se trabajara con tenacidad y disciplina hasta culminar las tareas propuestas y en ese marco se expresaron los criterios y opiniones de los estudiante contribuyendo al logro de una mejor comunicación en el proceso docente.

Reflexiones pedagógicas de la experimentación en el aula y conclusiones

La investigación descrita se validó en la Educación Superior, desarrollándose en el primer año, segundo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial en los cursos académicos correspondientes a los años 1999 al 2002.

El insertar en el proceso de enseñanza la actividad científica investigadora a través de situaciones problémicas que se refuerzan con un montaje experimental, nos permitió en nuestro contexto poder fusionar esta actividad con las prácticas de laboratorio en las que se le solicita al estudiante, presentar un protocolo de laboratorio que incluya el diseño y montaje de una práctica de laboratorio, debiendo defender el mismo en una sección científica donde se le exige que emplee las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC).

Otro aspecto a señalar es el hecho de relacionar los modelos experimentales, matemático y teórico con el uso de la computadora, también se propició el análisis de los resultados con ayuda de programas como el Excel y el Microcal Origin, con los cuales los estudiantes adquieran un conocimiento más completo sobre las características esenciales del fenómeno tratado.

Nuestra experiencia pedagógica sirvió de marco propicio para que en el contexto educativo se contribuyera a la formación de valores en los estudiantes y al respecto podemos plantear que se elevó: el interés, la motivación, la sinceridad, el respeto hacia los demás y así mismo (al valorar de forma positiva el trabajo del colectivo, incluye el trabajo individual), la austeridad y la capacidad de comunicación entre los estudiantes.

Para finalizar creemos necesario plantear que esta experiencia es incompleta pues solamente se ha realizado para un tema de la Física y, aunque se ha realizado durante varios cursos se le ha aplicado a un número pequeño de estudiantes (36), en cada curso. Nosotros estamos preparando un modelo didáctico completo bajo estos requerimientos para ponerlo en práctica y obtener una evaluación cualitativa y cuantitativa del proceso.

Referencias bibliográficas

Ausubel, D., Novak, J. y H. Hanesian (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México.

Fensham, P. y W. Harlen (1999). School science and public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21, 755-763.

Gil, D. y A. Vilches (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

Gil, D. (1998). El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 69-90.

Gil, D.; Carrascosa, J.; Dumas-Carré, A.; Furió, C.; Gallego, R.; Gené, A.; González, E.; Guisáosla, J.; Martínez, J.; Pessoa De Carvalho, A.; Salinas, J.; Tricárico, H. y P. Valdés (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 503-512.

Gil, D., Vilches, A., Astaburuaga, R. y M. Edwards (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela*, 40, 39-56.

Gil, D. y P. Valdés (1995). Un ejemplo de práctica de laboratorio como actividad investigadora. *ALAMBIQUE. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 6, 93-102.

Gil, D. y P. Valdés (1995). Contra la distinción clásica entre "teoría", "prácticas experimentales" y "resolución de problemas": el estudio de las fuerzas elásticas como ejemplo ilustrativo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 9, 3-25.

Gil, D. y P. Valdés (1999). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 155-163.

Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y J. Martínez-Torregrosa (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Horsori: Barcelona.

Marton, F.; Fensham, M. y S. Chaiklin (1994). A Nobel's eye view of scientific intuition: discussions with the Nobel prize-winners in physics, chemistry and medicine (1979-1986). *International Journal of Science Education*, 16, 457-473.

Norman, E. (1998). The Nature of Technology for Design. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 67-87.

Oñorbe, A. y J. Sánchez (1996). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química. Opiniones del profesor. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 251-260.

Perales, F. y P. Cañal (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Marfil: Alcoy.

Salinas, J.; Cudmani, L. y M. Pesa (1996). Modos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje del conocimiento científico a nivel universitario básico. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 209-220.

Solbes, J. y A. Vilches (1995). El profesorado y las actividades CTS. *Alambique*, 3, 30-38.

Solbes, J.; Calvo, A. y F. Pomer (1994). El futuro de la enseñanza de la física. *Revista Española de Física*, 8, 45-49.

Valdés, P. y R. Valdés (1999). Características del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en las condiciones contemporáneas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 521-531.

Valdés, R. y P. Valdés (1994). Utilización de los ordenadores en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 412-415.

Valdés, R. y P. Valdés (1994). Utilización de los ordenadores en la enseñanza de la Física. *Revista Española de Física*, 8, 50-52.

Waks, L. (2001). Philosophy of Design, Design Education, and Educational Design. Introduction to the Special Issue. *International Journal of Technology and Design Education*, 11, 1-4.

Wenham, M. (1993). The nature and role of hypotheses in school science investigations. *International Journal of Science Education*, 15, 231-240.

Anexo1: Montaje experimental empleado

