

UNA PROPUESTA PARA DESARROLLAR EN EL ALUMNO DE SECUNDARIA UNA VISIÓN UNIFICADA DE LA FÍSICA A PARTIR DE LA ENERGÍA

M^a Carmen Pérez-Landazábal¹ y M^a. Paloma Varela-Nieto²

¹ C.S.I.C. - I.C.E. Universidad de Alcalá (carmen.perez@uah.es)

² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la UCM
(varelap@edu.ucm.es)

[Recibido en Noviembre de 2005, aceptado en Enero de 2006]

RESUMEN (Inglés)

En este trabajo se presenta una propuesta de enseñanza de la Física en la Educación Secundaria Obligatoria centrada en la energía. El estudio, que toma como referencia el enfoque constructivista del aprendizaje, presenta el diseño de los materiales curriculares, así como su aplicación y evaluación en aulas de secundaria. Una exploración inicial de los conocimientos previos de los alumnos sobre la energía constituye la base de los materiales desarrollados, que incluyen una unidad didáctica introductoria y otras tres unidades dedicadas a la energía eléctrica, interna y mecánica.

Palabras clave: educación secundaria; energía; esquemas conceptuales; física; materiales curriculares.

INTRODUCCIÓN

La energía y sus propiedades constituyen un contenido básico incluido en todos los currículos de iniciación a la Física en la enseñanza secundaria. Las investigaciones didácticas han cuestionado la eficacia de las propuestas tradicionales que abordan esta temática comenzando por la mecánica, donde se toma como punto de partida la definición del trabajo introduciendo a continuación las energías cinética y potencial para terminar con el estudio del principio de conservación de la energía. Posteriormente, al abordar otros campos de la Física, aparece de nuevo la energía y sus transformaciones, sin relacionarse de forma explícita con lo tratado en mecánica. Por otro lado, este enfoque mecanicista puede dificultar en el futuro la comprensión por parte de los alumnos del primer principio de la termodinámica.

De acuerdo con los planteamientos expuestos, contrastados en numerosas investigaciones sobre el tema (Doménech, Gil-Pérez, Gras, Guisasola, Martínez-Torregrosa y Salinas, 2001; Driver y Warrington, 1985; Hierrezuelo, Ed., 1993; Pintó, Couso y Gutiérrez, 2004), una propuesta alternativa para enseñar Física en la etapa de secundaria debería conseguir que los alumnos:

- Reconozcan la universalidad del *principio de conservación* de la energía aplicándolo a todo tipo de situaciones.
- Desarrollen la idea de que la energía se degrada en las interacciones, lo que permitirá en su momento que el alumno compatibilice conceptualmente los *dos principios de la Termodinámica*.
- Diferencien los términos fuerza, trabajo y energía que muchos estudiantes confunden, aún después de la enseñanza
- Asuman que el calor, lo mismo que el trabajo, no es una 'forma' de energía sino de intercambio de energía entre sistemas.
- Apliquen en los sistemas eléctricos los principios de conservación de la energía y la carga eléctrica.

Con intención de conseguir estos objetivos se han desarrollado diferentes proyectos curriculares tales como *Children's Learning in Science* de la Universidad de Leeds (Brook y Driver, 1984), *Learning Science Project* de la Universidad de Waikato (Stead, 1980), *Ciencias de la Naturaleza* del Seminario Axarquía de Málaga (Hierrezuelo, Ed., 1993), etc. En esta misma línea, nuestro grupo ha diseñado y contrastado cuidadosamente en el aula una propuesta curricular para el estudio de la Física en el segundo ciclo de la Secundaria Obligatoria. El trabajo ha tomado como referencia el enfoque constructivista sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje (Driver, 1988; Oliva, 1999; Pozo y Gómez, 1998) y ha sido desarrollado en las siguientes fases:

- Exploración de los esquemas conceptuales de los alumnos de este nivel educativo en relación con el concepto de la energía y sus propiedades.
- Diseño de materiales curriculares a partir de los esquemas detectados y de las ideas clave comentadas anteriormente.
- Experimentación dentro del aula con un total de 275 estudiantes (edad 15 -16 años) pertenecientes a tres Institutos de Secundaria del área urbana de Madrid.
- Evaluación de la eficacia de estos materiales tanto en lo relativo a la reestructuración conceptual experimentada por los alumnos como a la modificación en sus procedimientos de trabajo y en sus actitudes hacia la enseñanza de la Física.

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Esta propuesta utiliza la energía como idea estructurante comenzando por una definición descriptiva que se irá completando gradualmente. Entre las distintas aproximaciones existentes en la bibliografía, se ha optado por definir la energía como: "una magnitud fundamental característica de los sistemas, en virtud de la cual éstos pueden transformarse, modificando su estado o situación, así como actuar sobre otros sistemas originando en ellos procesos de transformación". Su introducción debe tener en cuenta cuatro aspectos básicos: el concepto de energía, su *transferencia*, *conservación* y *degradación*.

Trabajo y calor se presentan después unidos siempre a procesos de transferencia de energía entre sistemas (Duit, 1986; Varela, Pérez-Landazábal, Manrique y Favieres, 1999). En todas estas transferencias hay parte de energía que se va al ambiente dado

que no se trata de sistemas aislados; en consecuencia, un estudio global tendría que considerar este ambiente englobado en el sistema (Ametller y Pintó, 2002).

Los alumnos encuentran dificultades para compatibilizar el principio de conservación de la energía con su experiencia cotidiana (existencia de una "crisis energética", necesidad de "ahorrar energía"). En cambio, comprenden con facilidad la idea de que la "energía se dispersa en la atmósfera", idea que conectan fácilmente con el concepto de degradación.

Por otra parte, de acuerdo con el nivel de madurez de los alumnos a los que se dirige la propuesta, no parece oportuno introducir el concepto de *entropía* como la magnitud que rige el sentido de evolución de los sistemas, aunque esta idea subyace cuando se habla a los estudiantes de *degradación* para indicarles la evolución de la energía hacia formas menos aprovechables. Esta idea de degradación resulta útil para introducir en el futuro la idea de irreversibilidad de los procesos naturales, así como la tendencia hacia la uniformidad.

En la misma línea de realizar una trasposición didáctica adecuada, se considera conveniente utilizar en la Educación Secundaria Obligatoria los términos "formas" o "tipos" de energía, tales como eléctrica, interna y mecánica, así como introducir la palabra *transformación* cuando se pasa de una "forma" a "otra" en un mismo sistema (Kaper y Goedhart, 2002). Un esquema global del planteamiento propuesto aparece en la Figura 1.

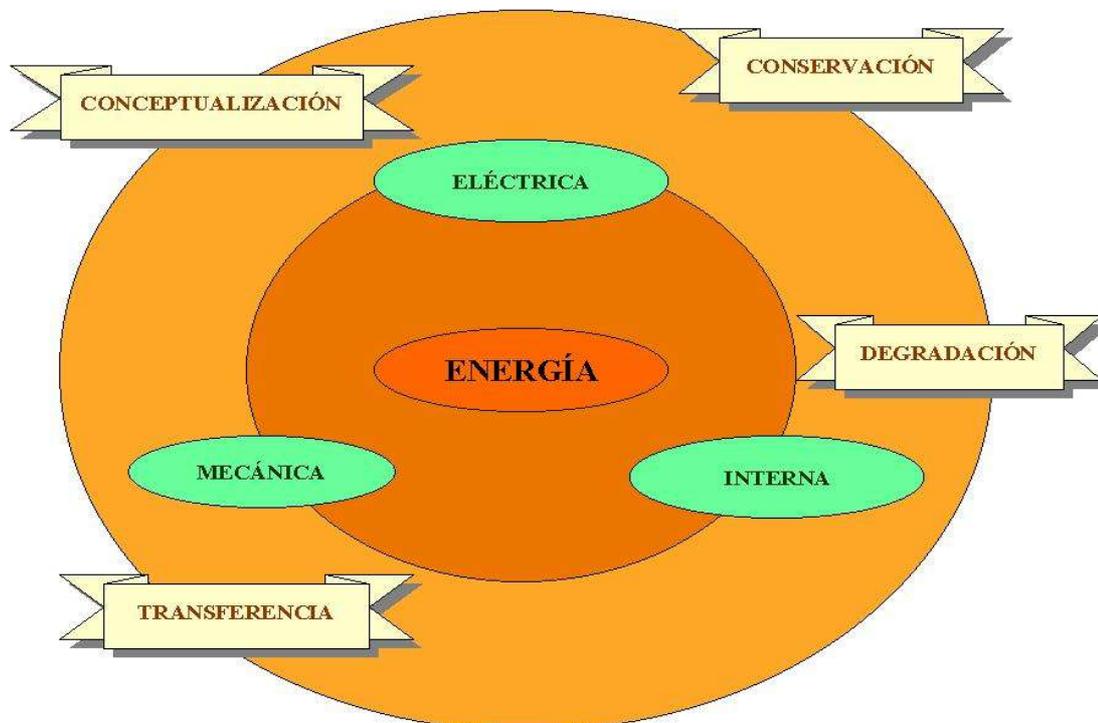


Figura 1. Esquema general de la propuesta.

Otro criterio fundamental a la hora de diseñar los materiales ha sido utilizar temas en que los alumnos están muy sensibilizados, bien por su experiencia personal o por los

mensajes que reciben a través de los medios de comunicación (aspectos CTS: Ciencia-Tecnología-Sociedad). El tratamiento de estos problemas va a servir de puente entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico, lo que va a favorecer un aprendizaje significativo de la física escolar (Membiela, 2001 y Pérez- Landazábal, Varela y Favieres, 2000).

INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA

De acuerdo con la fundamentación que se acaba de comentar, se introduce el concepto de energía a partir de que los alumnos expliciten sus ideas sobre qué es para ellos la energía y para qué la necesitan. El concepto se aborda con un total de seis actividades de las que, a modo de ejemplo y por sus implicaciones para los bloques siguientes, se describen tres de ellas.

Cuantificación de la energía

Los alumnos cuantifican el "consumo" energético manejando tablas de datos, interpretando gráficos y ejercitándose en el uso de las distintas unidades utilizadas cotidianamente. El trabajo se desarrolla en dos vertientes propuestas por los propios estudiantes en la primera actividad: energía *para mantenernos vivos* y energía *para mejorar nuestra vida cotidiana*. Esta orientación permite introducir cuestiones relacionadas con el ahorro energético y sus consecuencias medio-ambientales.

La energía y su transferencia

En esta actividad se analizan cuáles son las *fuentes* de energía disponibles. Se maneja primero un lenguaje familiar, profundizando después en las distintas transferencias que ocurren en cualquier proceso de *producción* de la energía. Se introducen los diferentes tipos de centrales, lo que permite abordar de manera cualitativa el fenómeno de inducción electromagnética como proceso básico en la *producción* de energía eléctrica. Esta actividad permite introducir aspectos CTS como el tratamiento de la "crisis energética" y de las *fuentes* de energía, en particular las *renovables* que se abordan analizando datos reales (Figura 2).

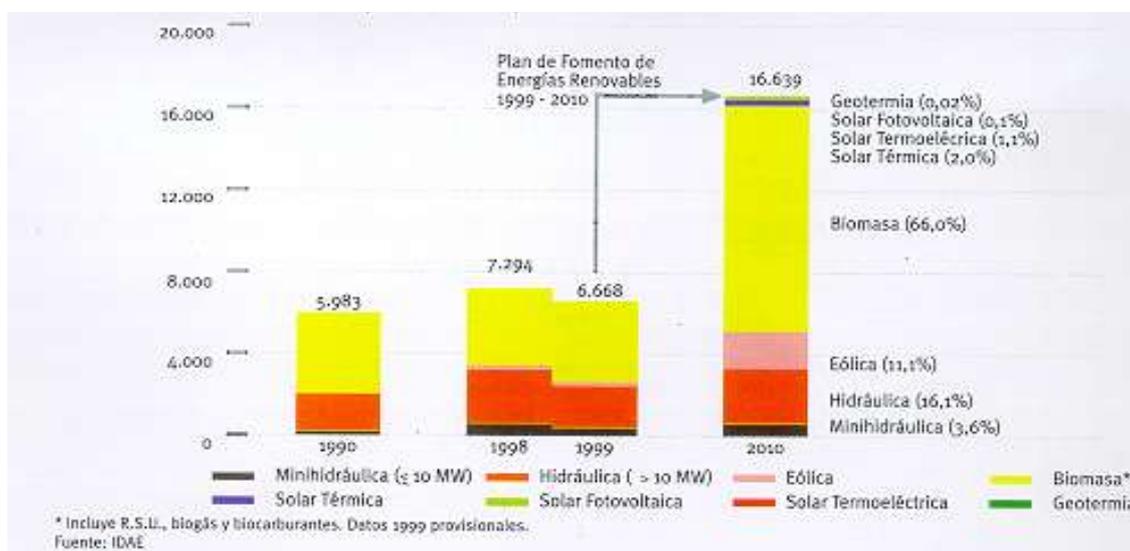


Figura 2. Consumo de energías renovables en España (datos medidos en ktep).

Conservación y Degradación de la energía

Se estudia aquí de forma simultánea los aspectos de conservación y degradación para que los estudiantes asuman que, en los procesos reales, la energía se conserva pero pierde "calidad" y en consecuencia "capacidad" para ser empleada de nuevo: se "degrada". Generalmente se transfiere al medio ambiente aumentando su temperatura, no siendo posible su recuperación, tal como se ha comentado en la descripción de los materiales. Ejemplos que resultan atractivos son la contaminación sonora, el efecto invernadero o el aislamiento térmico de los edificios (Figura 3).

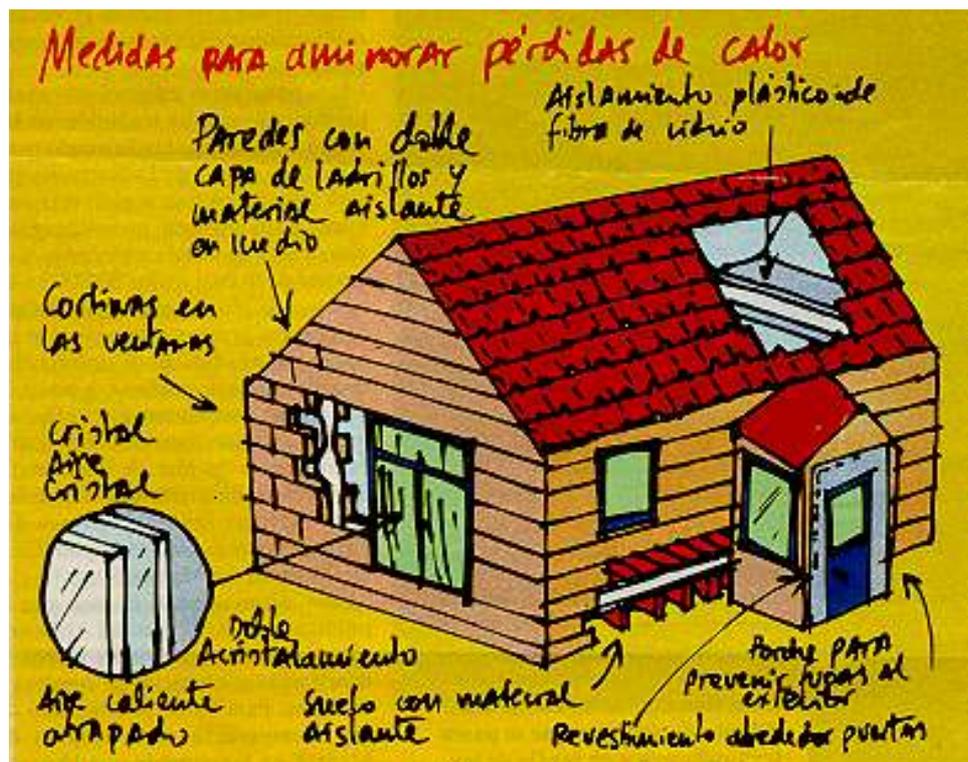


Figura 3. Aislamiento térmico de una casa.

ENERGÍA ELÉCTRICA

El principio de conservación de la energía se usa como hilo conductor aplicándolo a distintas situaciones. La pila química y el generador electromagnético se consideran como dispositivos que transforman energía química o mecánica en eléctrica, mientras que hay elementos (bombillas, resistencias, motores eléctricos, etc.) donde la energía eléctrica se transforma en otros tipos de energía. El desarrollo conceptual de este bloque responde a las siguientes ideas básicas (Shipstone, Rhoneck, Karrqvist, Dupin y Licht, 1988; Varela, Manrique, Pérez de Landazábal y Favieres, 2000):

- Iniciar el tema estudiando de modo cualitativo las transferencias de energía y su conservación para encauzar, dentro del punto de vista científico, la idea de los alumnos de que algo se "gasta" en un circuito.
- Introducir el concepto de intensidad de corriente eléctrica como una explicación del modo en que se transfiere la energía, aprovechando este planteamiento

energético para definir el concepto de voltaje como la energía transformada en cada receptor por unidad de carga.

- Estudiar el circuito como un sistema en el que la modificación de cualquiera de sus elementos afecta a todo el circuito.

La unidad didáctica se presenta estructurada en ocho actividades de las cuales desarrollaremos las dos que sirven de puente de unión con el bloque de *Introducción a la energía*.

Energía eléctrica: cómo se obtiene y cómo se transfiere

Se inicia volviendo a revisar las diversas transferencias energéticas que se producen en las centrales eléctricas. Se retoma el estudio de la inducción electromagnética para analizar el funcionamiento de un generador introduciendo cualitativamente los efectos magnéticos de la corriente.

Mediante circuitos simples (pilas, bombillas, motores, etc.) se analizan las transferencias de energía que se producen en ellos. Se llega a analizar el cambio de energía eléctrica en energía química en un proceso de electrolisis. Se comprueba que los procesos que tienen lugar en la pila y en la electrólisis se producen en sentido inverso con lo que se pueden relacionar las conclusiones con los balances energéticos en las reacciones químicas.

¿Cómo se reparte la energía en un circuito?

Se trata de aclarar que la energía eléctrica proporcionada por la pila se va transfiriendo a los diferentes elementos que constituyen el circuito: la resistencia se calienta, la bombilla luce, el motor gira, etc. Para ello se estudia cómo influye en el funcionamiento de cada aparato la introducción de nuevos elementos en el circuito: la bombilla disminuye su brillo, el motor gira más despacio, etc. porque a cada uno de ellos se le transfiere menos energía. No se habla de diferencia de potencial en su sentido físico, sino que se utiliza el voltímetro como un instrumento que da una idea de la energía transformada en cada receptor del circuito. El análisis de cómo se reparte el potencial total a lo largo del circuito, permite aproximarse al *principio de conservación de la energía*.

ENERGÍA INTERNA

En este bloque, el *principio de conservación* se utiliza para introducir el concepto de energía interna (aproximación al primer principio de la Termodinámica). El calor se presenta en relación con los procesos de transferencia de energía interna entre sistemas. El desarrollo conceptual responde a las siguientes ideas (Kesidou y Duit, 1993; Mak y Young, 1987; Martínez y Pérez, 1997):

- Establecer el concepto de *energía interna* como una magnitud que caracteriza el estado de un sistema.
- Diferenciar los conceptos de temperatura y energía interna a partir del estudio de los cambios de fase (para los alumnos resulta más asequible hablar de estados de agregación), procesos en los que el sistema intercambia energía con el exterior variando su energía interna sin cambiar su temperatura.

- Discriminar entre calor y energía interna
- Introducir el concepto de degradación relacionándolo con la idea de calidad de la energía (ligada al rendimiento de la transferencia) para que el alumno supere la contradicción aparente entre conservación y "pérdida" de energía

La Unidad Didáctica se desarrolla en seis actividades de las que se describen dos relevantes para la comprensión de la propuesta.

Energía interna

Para introducir este concepto se plantean diferentes formas de transferir energía a un sistema desde el exterior, procesos que tienen como consecuencia observable un incremento de la temperatura: una parte de la energía transferida ha aumentado la energía interna del sistema.

En la Figura 4 se muestra con un diagrama cuantitativo el proceso ligado al calentamiento de un vaso con agua mediante una resistencia eléctrica. Los rectángulos que representan la energía interna inicial y final del sistema aparecen siempre con trazos discontinuos, debido a que no es posible conocer su valor sino que solamente se pueden determinar sus variaciones.

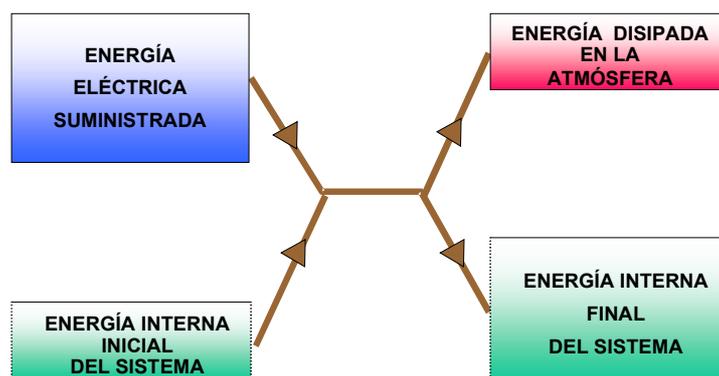


Figura 4. Esquema de conservación de la energía en un proceso de calentamiento

¿A qué se llama calor en física?

Tal como se ha señalado en la justificación teórica, es preciso insistir en el concepto de calor como un proceso de transferencia de energía entre sistemas a causa de una diferencia de temperatura. Para llegar a esta idea se parte de los diagramas energéticos en los que un sistema ha aumentado su temperatura - y por tanto su energía interna - al entrar en contacto con otro sistema cuya temperatura es más elevada, tal como se ha representado en la Figura 4.

Los problemas tradicionales de calcular la temperatura de equilibrio de dos sustancias (supuestamente aisladas del exterior) inicialmente a temperaturas diferentes, se enfocan a partir de la idea central de que los cuerpos "NO tienen calor" (muchísimo menos frío), sino que poseen una determinada energía interna. Por ello, los alumnos utilizan la expresión:

$$\text{Disminución energía interna de una sustancia} = \text{Aumento energía interna de la otra sustancia}$$

ENERGÍA MECÁNICA

La propuesta destaca el punto de vista energético en la solución de los problemas mecánicos. El desarrollo conceptual de este bloque responde a las siguientes ideas básicas (McDermott, 1993; Varela, Manrique, Pérez-Landazábal y Favieres, 1998):

- Iniciar la unidad con la presentación del concepto de energía potencial como una forma de energía mecánica no asociada al movimiento sino a la posición relativa de los sistemas.
- Desarrollar el estudio de la energía cinética a partir de la aplicación de la conservación de la energía mecánica a los cuerpos que caen en el seno de un campo gravitatorio.
- Introducir el concepto de trabajo como un proceso de transferencia de energía entre sistemas.
- Estudiar el concepto de fuerza como resultado de una interacción donde tienen que intervenir al menos dos sistemas.
- Interpretar la aceleración como el cambio de velocidad debido a la existencia de una fuerza resultante, que no siempre tiene el mismo sentido que el movimiento.

La Unidad didáctica consta de ocho actividades de las que se describen dos de ellas como ejemplos concretos de la propuesta en este campo.

Energía cinética

El concepto de energía cinética como energía asociada al movimiento se introduce a partir de los medios de transporte: coche, tren, avión, etc. Se plantea la cuestión de los factores que deben determinar el consumo de combustible de un tren, por ejemplo, para destacar entre ellos el papel de la masa y sobre todo de la velocidad.

La transformación de energía potencial en energía cinética se aborda a partir del estudio de la caída de los cuerpos, contrastando sus opiniones con experiencias reales. Tras concluir que la velocidad aumenta según el cuerpo cae, se propone un análisis energético de tipo cualitativo para concluir que la energía potencial gravitatoria va disminuyendo mientras que la energía cinética va aumentando, conservándose la energía total o suma de ambas siempre que el incremento de energía interna de los sistemas implicados, debido al rozamiento, sea despreciable.

Trabajo mecánico

El concepto de trabajo se plantea para el caso concreto de transferir energía a un cuerpo aumentando su energía potencial. Se analizan los factores que intervienen mediante ejemplos cotidianos tales como un obrero de la construcción que sube materiales por medio de una polea, la subida de un piano utilizando una rampa, etc. (Figura 5).

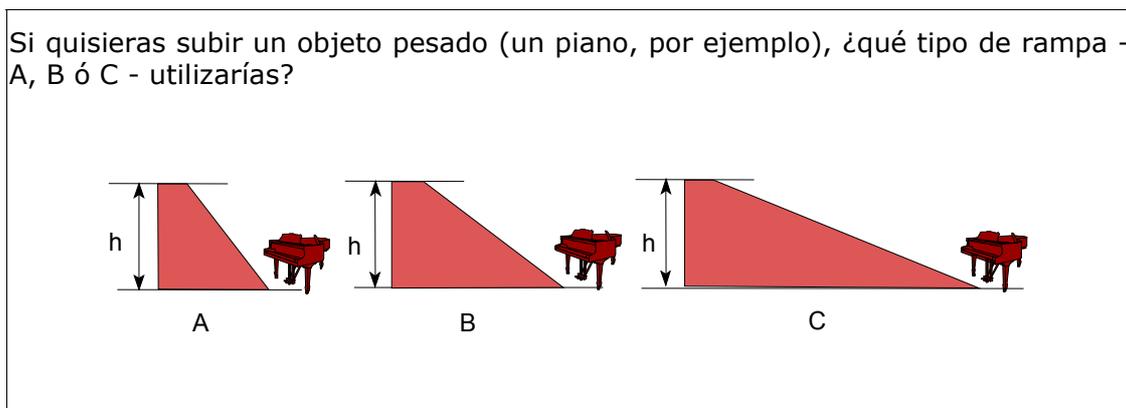


Figura 5. Conceptualización del trabajo mecánico.

La expresión general del trabajo mecánico se introduce experimentalmente mediante el uso de un dinamómetro que mide las fuerzas ejercidas por nuestra mano para arrastrar rodillos metálicos, con rozamiento al deslizamiento prácticamente despreciable, y tacos que presentan un rozamiento importante. De nuevo se retoma la idea de *degradación* de la energía debida, en este caso, al trabajo de las fuerzas de rozamiento.

El enfoque utilizado permite también analizar movimientos a velocidad constante o con aceleración, análisis que va a hacer de puente con las actividades que completan la unidad, organizadas bajo el epígrafe de "efectos de las fuerzas".

METODOLOGÍA DEL TRABAJO EN EL AULA

El trabajo dentro del aula esta basado en asumir el posible paralelismo que puede existir entre cómo aprenden los alumnos los conocimientos científicos y el proceso histórico de construcción de los mismos. En este sentido, la reestructuración conceptual que lleva aparejado el aprendizaje de las Ciencias no se producirá si los alumnos no son puestos reiteradamente en situaciones de plantearse problemas es decir, conseguir que:

- Pongan en cuestión sus ideas de forma individual o contrastándolas con sus compañeros.
- Emitan hipótesis acerca del comportamiento de determinados sistemas.
- Contrasten sus hipótesis con los resultados aportados por la experimentación y/o las aportaciones del profesor.
- Apliquen las nuevas ideas a diferentes situaciones.

Para que los alumnos alcancen estos objetivos, se organizan en pequeños grupos y realizan a lo largo del desarrollo de la propuesta tres tipos de tareas. En las *tareas de iniciación* los estudiantes tienen que predecir el comportamiento de los diferentes sistemas para, a continuación, realizar los montajes correspondientes y "enfrentar" sus ideas con los resultados de la experimentación sacando las conclusiones oportunas, (*tareas de reestructuración*). En los casos en que no sea posible la experimentación, el contraste se produce a partir de las aportaciones del profesor o de

la bibliografía. Por último, se realizan *tareas de aplicación* de las ideas adquiridas a nuevos problemas.

Para realizar estas tareas se proporciona a los alumnos un guión orientador de cada una de las actividades. Estos guiones, junto con los trabajos realizados en el aula o en casa, constituyen el "cuaderno personal de clase", elemento básico para la evaluación de los estudiantes.

EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Dentro de la línea de investigación-acción que ha orientado este trabajo, se ha realizado una evaluación formativa tanto del alumno como del proceso de enseñanza-aprendizaje. Para la *evaluación del proceso* se han utilizado diversos procedimientos buscando la mayor fiabilidad posible: observación sistemática del trabajo en el aula por un profesor-observador externo, grabaciones en audio y vídeo de las actividades de alumnos y profesores y análisis de los cuadernos de clase. Toda la información recogida se ha utilizado para modificar de forma sistemática, y a lo largo de tres años, los materiales diseñados.

La *evaluación del alumno* presta una atención especial a la reestructuración conceptual experimentada por los sujetos y a su capacidad para resolver problemas. Para el primer aspecto, se han comparado los resultados pretest - posttest en cada uno de los bloques temáticos abordados y, en el caso de la energía mecánica, se ha estudiado también la persistencia del aprendizaje a los diez meses de terminar la enseñanza. El análisis de los resultados obtenidos señala que:

1. En la aplicación del *principio de conservación de la energía* a distintas situaciones, uniéndolo con la idea de degradación, se observa que un 45% de los alumnos ha experimentado un cambio positivo; lo cual, junto al 34% que inicialmente daba una respuesta correcta, nos da un 79% de estudiantes que son capaces de aplicar correctamente el citado principio. En el caso concreto de los circuitos eléctricos, el porcentaje aumenta hasta un 89%, resultado sensiblemente superior al obtenido con muestras estándar (del orden del 40%).
2. En cuanto a la *constancia de la corriente eléctrica* en un circuito, se ha producido un cambio estadísticamente significativo (mayor del 50%). Sin embargo, la mejora en la diferenciación entre intensidad de corriente y voltaje es considerablemente inferior, los alumnos no superan su idea de que el voltaje es una "*consecuencia de que la corriente circule y no su causa*". Este resultado sorprende ya que el voltaje se ha introducido como una medida indirecta de la distribución de la energía en el circuito, lo que permite concluir que la asimilación del concepto de voltaje es un obstáculo para alumnos de estas edades.
3. En el aprendizaje de los conceptos de *calor y la temperatura*, así como en la constancia de esta última durante los cambios de estado, se observan mejoras significativas (próximas al 50%). Hay que destacar que algunos alumnos difícilmente comprenden que los puntos de fusión y ebullición son independientes del ritmo de calentamiento. También se observa cierta tendencia a pensar que para cada material existe una temperatura máxima que no se puede sobrepasar,

en lugar de considerar que la constancia de la temperatura se debe a que la energía suministrada se está empleando en el proceso de cambio de fase.

4. En lo que respecta al *equilibrio térmico*, el elevado número de respuestas alternativas (del orden del 44%) muestra que los alumnos no asimilan que sigue transfiriéndose energía (calor) entre los sistemas mientras exista una diferencia de temperatura entre ellos. La explicación estaría en su incapacidad de diferenciar el concepto físico de temperatura de su sensación perceptiva.
5. En el caso de la energía mecánica se puede concluir que, globalmente, el 53% de los estudiantes ha alcanzado el nivel de respuestas correcto. El esquema que ha experimentado la mayor evolución ha sido la diferenciación de los conceptos *de fuerza y energía*, con un incremento del 44%. Este dato resulta relevante ya que la diferenciación de conceptos era uno de los objetivos de nuestra propuesta curricular.
6. Por el contrario, aproximadamente un tercio de los estudiantes explorados mantiene el razonamiento alternativo "*necesariamente la resultante de las fuerzas aplicadas tiene que estar en la dirección del movimiento*". Este esquema sufre, un retroceso significativo cuando se mide a los diez meses de concluido el proceso de enseñanza, lo que es un índice claro de su dificultad.

Para evaluar la influencia de la metodología utilizada en la capacidad de los estudiantes para resolver problemas que requieran manejar correctamente los conceptos aprendidos, se ha realizado un estudio utilizando un grupo control del mismo nivel educativo y características similares.

7. El análisis comparativo de ambos grupos señala que hay diferencias significativas a favor del grupo experimental en dos tercios de los problemas evaluados. En el caso concreto de los problemas que se resolvían aplicando el *principio de conservación de la energía*, uno de los objetivos fundamentales de esta propuesta, un 51% de los alumnos del grupo experimental los resolvieron correctamente, frente a un 35% del grupo control.

Por último, se ha aplicado una encuesta de actitudes hacia el modelo de enseñanza, completada con entrevistas a una muestra seleccionada de estudiantes. Dicha encuesta ha confirmado que una metodología que permite explicitar las ideas previas y contrastarlas dentro del aula, suscita una respuesta positiva en los alumnos. A modo de ejemplo indicar que un 62% se muestra favorable hacia la metodología de trabajo desarrollada y un 81% reconoce las implicaciones de lo aprendido en su vida diaria, aspecto que ha despertado su interés por la Física estudiada.

CONCLUSIONES

Este trabajo constituye una nueva contribución a las numerosas investigaciones realizadas acerca de la existencia de esquemas conceptuales alternativos a los científicos en los estudiantes, así como la posibilidad de diseñar estrategias didácticas para conseguir su evolución a través del uso de materiales que hayan sido suficientemente contrastados.

El análisis de los resultados obtenidos, junto con las aportaciones hechas en trabajos similares, pone de manifiesto la virtualidad de abordar el estudio de la Física en la

Educación Secundaria utilizando el concepto de *energía* y sus propiedades como eje para el desarrollo del currículo. Además, el hecho de que los materiales elaborados se hayan aplicado en el aula con una metodología de tipo investigativo, ha permitido a los alumnos familiarizarse con aspectos esenciales del trabajo científico, desarrollando en ellos estrategias de aprendizaje, al mismo tiempo que ha favorecido en ellos una actitud positiva hacia el conocimiento de las ciencias.

Como comentario final, querríamos indicar que los materiales diseñados y la metodología empleada, son una condición *necesaria* pero no *suficiente* para conseguir un aprendizaje satisfactorio, tal como se aprecia en los resultados obtenidos en esta investigación, lejos todavía de los deseados. Este hecho pone de manifiesto la extraordinaria complejidad del proceso de enseñanza – aprendizaje de la Física, debido a la multiplicidad de variables que lleva aparejado y, en consecuencia, la necesidad de seguir realizando investigaciones en este campo. La existencia de problemas y la necesidad de investigar soluciones, ha superado ya la barrera de “la secundaria” y está emergiendo en la enseñanza universitaria de la Física donde ya se alzan voces aportando ideas al respecto (Guisasola, Gras-Martí, Martínez-Torregrosa, Almudí y Becerra, 2004)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMETLLER, J. y PINTÓ, R. (2002). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, 24 (3), 285-312
- BROOK, A. y DRIVER, R. (1984). *Aspects of Secondary Students' Understanding of Energy*. Children's Learning in Science Research Group, CSSME, University of Leeds.
- DOMÉNECH, J.L., GIL-PÉREZ, D., GRAS, A., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. y SALINAS, J. (2001). La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 14 (1), 45-60.
- DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- DRIVER, R. y WARRINGTON, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, 20, 171-176.
- DUIT, R. (1986). In search of an energy concept. En R. Driver and R. Millar (eds.). *Energy matters*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, 67-101.
- GUIASOLA, J., GRAS-MARTI, A., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., ALMUDÍ, J y BECERRA, C. (2004). La Enseñanza universitaria de la Física y las aportaciones en Didáctica de la Física. *Revista Española de Física*, 18 (2), 15-16
- HIERREZUELO, J (Ed.). (1993). *Ciencias de la Naturaleza*. Vélez-Málaga: Elzevir.
- KAPER, W.H. y GOEDHART, M.J. (2002). “Forms of energy”, an intermediary language on the road to thermodynamics? Part 1. *International journal of Science Education*, 24 (1), 81-95.

- KESIDOU, S. y DUIT, R. (1993). Students' conceptions of the Second Law of Thermodynamics- An Interpretative Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (1), 85-106.
- MAK, S.Y. y YOUNG, K. (1987). Misconceptions in the teaching of heat. *School Science Review*, 68 (244), 464-470.
- MARTÍNEZ, J.M. y PÉREZ, B.A. (1997) Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 287-300.
- McDERMOTT, L.C. (1993). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste?. (Primera parte). *Revista de Enseñanza de la Física*, 6(1), 19-32.
- MEMBIELA, P. (2001). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Madrid: Narcea.
- OLIVA, J.M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 93-107.
- PÉREZ-LANDEZÁBAL, M^aC., VARELA, M^aP. y FAVIERES, A. (2000). La energía en las aulas: un puente entre la ciencia y la sociedad. *Alambique .Ciencias Experimentales*, 24,18-29.
- PINTÓ, R., COUSO, D. y GUTIÉRREZ, R. (2004). Using Research on Teachers' Transformations of Innovations to Inform Teacher Education. The Case of Energy Degradation. *Science Education*, 88 (1), 38 -55.
- POZO, I y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998): *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: ediciones Morata.
- SHIPSTONE, P.D., RHONECK, C., KARRQVIST, C., DUPIN, J. y LICHT, P (1988). *A study of student's understanding of electricity in five European countries*. *International Journal of Science Education*, 10 (3), 303-316.
- STEAD, B. (1980). *Learning in science project: Energy*. Hamilton, N.Z.: University of Waikato.
- VARELA, M^a P., MANRIQUE, M^aJ., PEREZ-LANDEZÁBAL, M^aC., y FAVIERES, A. (1998). Un desarrollo curricular de la Física centrado en la energía. Aplicación al estudio de la energía mecánica. En E. Banet y A. de Pro (Eds.). *Investigación e innovación en la enseñanza de las Ciencias*. Volumen II, 344-353. Murcia: Universidad de Murcia
- VARELA, M^a P., PEREZ-LANDEZÁBAL, M^aC., MANRIQUE, M^aJ. y FAVIERES, A. (1999). *Un desarrollo curricular de la física centrado en la energía*. Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma.
- VARELA, M^a P., MANRIQUE, M^aJ., PÉREZ-LANDEZÁBAL, M^aC. y FAVIERES, A. (2000) *Electricidad y magnetismo*. Madrid: Síntesis Educación.

SUMMARY

An approach to Physics teaching at the Obligatory Secondary Education centered on energy is presented. This study, framed on the constructivist theory of learning, has meant the design of curricula materials and their implementation and evaluation in secondary classrooms. An initial exploration of the prior beliefs of pupils about energy constituted the base of the developed materials including an introduction to energy, electrical, internal and mechanical energies.

Key words: *Conceptual schemes; curricula materials; energy; physics; secondary school.*