

El concepto unificador de la energía en un curso de electromagnetismo. Resultados de un pretest y postest. Cohorte 2007

Elena E. Gutiérrez², María T. Perrotta², Gilda N. Dima²,
Vicente C Capuano¹; Ivana L. Botta², Beatriz Follari²,

¹Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – U. N. de Córdoba, Argentina
Vélez Sársfield 1600 - 5000 Córdoba.

²Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – U. N. de La Pampa, Argentina
Uruguay 151 – 6300 Santa Rosa (La Pampa).T.E.: 02954- 425166

E-mail: perrottat@exactas.unlpam.edu.ar; elenagutierrez@exactas.unlpam.edu.ar

(Recibido el 3 de Diciembre de 2009; aceptado el 20 de Enero de 2010)

Resumen

Se presentan aquí los resultados del análisis de un pre y postest tomados a un grupo de estudiantes universitarios de Licenciatura y Profesorado en Química y Licenciatura en Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam, que cursaron Física II durante el año 2007. Esta es una materia del ciclo básico cuyos contenidos son Electricidad, Electromagnetismo y Óptica Física. En este curso se administró un cuestionario con el objetivo de que fuera uno de los indicadores que permitiera evaluar el resultado de la implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza del tema energía con una visión integradora. Consideramos que los resultados alcanzados indican que la estrategia utilizada para presentar el concepto de energía en forma integrada en los distintos niveles educativos, es recomendable para evitar la disociación de estos conceptos al tratarlo en distintas asignaturas.

Palabras clave: Estrategia didáctica, cuestionario, conservación de la energía, Física básica universitaria.

Abstract

We present here the results of the analysis of a pre and posttest taken a group of university students and Faculty Bachelor Degree in Chemistry and Geology in the Faculty of Natural Sciences of UNLPam, who studied physics II during 2007. This is a matter of basic cycle whose contents are Electricity, Electromagnetism and Physical Optics. The course was administered a questionnaire with the aim of which was one of the indicators that would assess the outcome of the implementation of a teaching strategy for teaching the energy issue with an integrative view. We believe that the results obtained indicate that the strategy used to introduce the concept of energy in an integrated way in the different educational levels, it is advisable to avoid the dissociation of these concepts to deal with it in different subjects.

Keywords: Teaching strategy, questionnaire, energy conservation, basic physics university.

PACS: 01.40.-d, 01.40.G-

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Los últimos estudios en investigación educativa sobre Ciencias Experimentales muestran una importante tendencia en favorecer la integración de diferentes disciplinas científicas. Esto va desde las ciencias integradas hasta las ciencias separadas, pasando por categorías intermedias como la ciencia combinada o coordinada; donde esta última relaciona los conceptos y procedimientos que se estudian en forma independiente en cada una de ellas sin desatender el carácter diferenciado de cada ciencia [1].

Para conseguir esta integración el docente debe recurrir a estrategias que le permitan alcanzar esta meta. La energía y su conservación es un tema lo suficientemente amplio como para permitir ser abordado integradamente con el objetivo de

ofrecer una apertura hacia las demás asignaturas que lo tratan a lo largo de la currícula de una carrera [2], facilitando una articulación vertical del tema.

Para carreras en las cuales la Física es una disciplina de apoyo, sería relevante presentar el concepto de energía integrado en las distintas asignaturas, a efectos de evitar la disociación cuando es aplicado en diferentes contextos.

En general, en los libros de texto el concepto de energía mecánica se presenta sin señalar otras formas de energía como química, eléctrica, interna, nuclear, etc., (capítulo sobre Trabajo y Energía en los textos básicos universitarios). Algo similar ocurre con el proceso de transferencia de energía, el cual se enseña cuando se estudia el Primer Principio de la Termodinámica [3].

Normalmente en la bibliografía de uso frecuente para dictar estos temas no se profundiza en la mayoría de ellos el concepto de sistema al presentar la conservación de la energía [4, 5, 6, 7, 8, 9]; siendo escasos los textos que los hacen [10, 11].

Existe un gran número de investigaciones sobre ideas previas en general y particularmente sobre energía [12, 13, 14, 15, 16, 17, 2, 18]. Cuando planificamos nuestras actividades de aula deben ser tenidas en cuenta estas ideas [19, 20, 21, 22, 23, 24] a fin de favorecer un aprendizaje significativo.

Este trabajo surge como parte de un Proyecto de Investigación¹ que se ocupa de elaborar estrategias que permitan la integración de conceptos entre las diferentes asignaturas de carreras en las que Física forma parte de la currícula, utilizando como hilo conductor la energía. Nuestra propuesta didáctica se implementó en las asignaturas Física I y Física II para estudiantes universitarios de Química y Geología.

La primera incluye, esencialmente, mecánica y la segunda, electromagnetismo y óptica. El concepto de la energía se comienza a tratar en Física I y en esa instancia, a partir del año 2006, se aplicó una estrategia tendiente a presentarla de manera integrada con la perspectiva de incluirla en un mismo esquema conceptual cuando es estudiada en otros contextos de sus carreras. [25, 26, 27].

En la asignatura Física II se da continuidad a esta estrategia, aplicándola en el análisis y en la resolución de situaciones problemáticas con el fin de valorar su impacto en electromagnetismo. Se trató de guiar a los estudiantes hacia razonamientos en los cuales evidenciaran el cambio de energía de un sistema por medio del trabajo o del calor.

En los ejercicios que debieron realizar se les pidió expresamente que ubicaran la frontera del sistema, que reconocieran los tipos de interacciones y que analizaran las transformaciones de energía que se producían en distintas situaciones como: movimiento de partículas dentro de un campo eléctrico, potencial eléctrico, capacitores, campo magnético, análisis de circuitos con resistencias y además con resistencias y capacitores (RC), resistencia e inductores (RL).

En el año 2007 se mejoró la estrategia utilizada en 2006 en base a los resultados obtenidos en los pretest, postest [28] y en las evaluaciones parciales tomadas durante el cursado de la asignatura.

Se presentan aquí los resultados del análisis de un pretest y un postest tomados durante el año 2007 en el curso Física II, que permite encontrar indicadores sobre si los estudiantes

son capaces de aplicar el teorema generalizado de la energía en electromagnetismo.

II. METODOLOGÍA

Durante el año 2006 fue administrado un cuestionario que fue elaborado por los integrantes del proyecto, el cual se validó con alumnos de perfil similar y especialistas en el tema. Antes de su implementación en el año 2007, se realizaron algunas correcciones en base a las dificultades de interpretación que presentaron los estudiantes en el 2006. El cuestionario fue confeccionado y aplicado para establecer cual es el conocimiento de los alumnos al iniciar el cursado de la asignatura Física II (pretest) y al finalizarlo (postest).

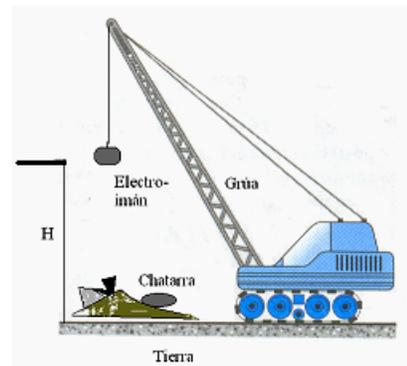
La muestra estuvo compuesta por dieciséis (16) estudiantes de las carreras de Licenciatura y Profesorado en Química y Licenciatura en Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, Argentina.

A. Instrumento de Evaluación

El cuestionario constó de cinco preguntas que figuran a continuación con sus resultados y análisis. Las modificaciones con respecto al administrado en el año 2006 [29] fueron realizadas en las preguntas 1 y 6.

B. Resultados y análisis del pretest y postest

Pregunta 1: Una grúa levanta chatarra para colocarla hasta cierta altura H . La grúa dispone de un electroimán como muestra la figura. Delimita un sistema, marcándolo en el gráfico e indica qué transformaciones de energía se producen en esta acción en el sistema elegido



Esta pregunta pretende indagar si los alumnos son capaces de delimitar un sistema e indicar qué transformaciones se producen dentro del mismo.

¹ “La enseñanza del tema energía en la formación básica de las carreras de Química y Geología, desde una perspectiva que integre el concepto de energía a lo largo del desarrollo de toda la Física y que lo vincule con su uso en otras asignaturas”. Aprobado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa. La dirección de este proyecto está a cargo de Vicente Capuano, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

TABLA I-a. Estudiantes que delimitan o no su sistema de estudio.

PRETEST		POSTEST	
Explicitan el sistema	No explicitan el sistema	Explicitan el sistema	No explicitan el sistema
14/16	1/16	13/16	3/16

La tabla Ia muestra que en el pretest la suma no da el número total de la muestra (N=16) ya que hubo un alumno que no respondió la consigna.

TABLA I-b. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes sobre las transformaciones de energía producidas dentro del sistema seleccionado.

Sistema	PRETEST		POSTEST	
	Correcta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta
Chatarra-Tierra	0/14	0/14	1/13	0/13
Electroimán	0/14	3/14	0/13	0/13
Chatarra-Electroimán	0/14	0/14	0/13	6/13
Chatarra-Grúa-Tierra-Electroimán	6/14	1/14	2/13	1/13
Grúa-Electroimán	0/14	2/14	0/13	1/13
Electroimán-Chatarra-Tierra	1/14	0/14	0/13	0/13
Chatarra	0/14	0/14	1/13	0/13

En la tabla precedente, en la categoría “Correcta” se incluyen aquellas respuestas que como mínimo se han incluido un 70% de las transformaciones energéticas posibles para el sistema seleccionado.

En el pretest, en el sistema Chatarra-Grúa-Tierra-Electroimán entre los seis alumnos a los que se les consideró su respuesta como correcta, tres indicaron todas las transformaciones correspondientes y tres escribieron la ecuación de balance energético sin indicar transformaciones. En el sistema electroimán-chatarra-tierra, el alumno al que se le consideró su respuesta correcta responde con la ecuación de balance energético.

Pregunta 2: Selecciona, marcando con una cruz, la/s opción/es que consideras correcta/s.

- Una pila es un dispositivo que almacena energía eléctrica:.....

- Una pila es un dispositivo donde se producen reacciones químicas que generan energía:.....
- Una pila suministra corriente a una lamparita, y en este proceso pierde su energía:.....

En esta se trata de conocer si los alumnos tienen presente los siguientes aspectos: el principio de conservación de la energía y, b) si la pila es un elemento de transformación de energía (la energía eléctrica no se almacena ni se pierde).

TABLA II. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 2 en las instancias de pretest y el postest.

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
8/16	8/16	0/16	12/16	4/16	0/16

Los resultados alcanzados con esta consigna, que es respondida por todos los estudiantes, evidencian una importante mejora en las respuestas luego de ser aplicada la estrategia didáctica.

Dentro de las respuestas incorrectas, en el pretest, la mayoría (seis de ellas) corresponden a la última opción, observándose igual tendencia en el postest.

Pregunta 3: Habitualmente se dice que: “los aparatos tales como radio, linterna, secador de cabello, plancha, estufa de cuarzo, consumen electricidad” lo cual es incorrecto. Sobre la base de los conceptos físicos que conoces, escribe esta expresión correctamente.

Esta pregunta pretende que los estudiantes cambien la palabra consume por transfiere, transforme, convierte y la palabra electricidad por energía.

TABLA III. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 3 en las instancias de pretest y el postest.

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
11/16	5/16	0/16	9/16	4/16	3/16

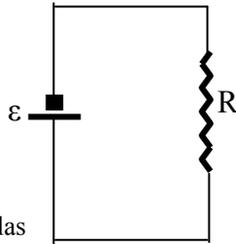
Los resultados obtenidos en esta pregunta nos obligan a repensar la estrategia en cuanto a insistir en el uso correcto del lenguaje de la Física en los temas aquí trabajados, ya que algunos estudiantes que escriben correctamente en el pretest

no lo hacen en la instancia final. Por esto sus respuestas fueron incluidas dentro de la categoría “N/R” en el postest.

Algunas de las respuestas incorrectas fueron: “...consumen energía mecánica y la transforman en electricidad...”; “...consumen corriente...”.

Pregunta 4:

El diagrama representa un circuito simple, donde una resistencia (R) está conectada en serie con una batería (ϵ).



Con esta situación y a través de las siguientes preguntas se pretende indagar sobre las transformaciones y balance de energía en un circuito simple.

a) ¿Qué elemento/s suministra/n energía al circuito?

TABLA IV-a. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 4a) en las instancias de pretest y el postest.

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
16/16	0/16	0/16	16/16	0/16	0/16

En esta consigna tanto en el pretest como en el postest, todos los estudiantes indican en forma correcta que la batería es la que suministra energía al circuito.

b) ¿Qué transformaciones de energía se producen en el circuito?

TABLA IV-b. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 4b) en las instancias de pretest y el postest.

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrec.	N/R	Correcta	Incorrec.	N/R
16/16	0/16	0/16	13/16	3/16	0/16

En esta consigna en el pretest todos los alumnos indican alguna de las transformaciones de energía que se producen en el circuito, aunque once lo hace de manera incompleta. En el postest sólo dos estudiantes dan una respuesta completa.

Quienes responden en forma correcta, pero incompleta, en su mayoría no mencionan la transformación de la energía

química. Algunas de sus respuestas fueron: “la energía que se transforma es la que se pierde por efecto Joule”, “la resistencia disipa energía por efecto Joule”. En el caso de las respuestas incorrectas en el postest, algunas de ellas hicieron referencia a: “energía química en calórica”, “energía eléctrica o mecánica”, “electricidad en calor”.

c) ¿Podemos hablar de conservación de la energía considerando solamente el circuito? ¿Por qué?

TABLA IV-c. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 4c) en las instancias de pretest y el postest.

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
5/16	9/16	2/16	10/16	3/16	3/16

Pudo observarse que para la etapa de pre y postest la totalidad de las respuestas correctas estuvieron bien justificadas; lo que representa un importante progreso entre las dos instancias.

Los estudiantes que responden en forma incorrecta en su mayoría no consideran la disipación de energía del sistema con el medio, y justifican dando por hecho que si el sistema es cerrado, también debe ser aislado, por lo que no hay “pérdidas” ni “ganancias” de energía en la frontera.

d) ¿Podemos hablar de conservación de la energía considerando el circuito y su entorno?. ¿Por qué?

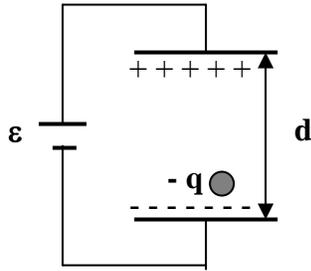
TABLA IV-d. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 4 d).

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
6/16	5/16	5/16	11/16	2/16	3/16

Es importante señalar que los estudiantes que respondieron en forma incorrecta en esta consigna, tanto en el pretest como en el postest, son los mismos que respondieron mal la pregunta anterior (4c). Lo cual señalaría una dificultad de estos estudiantes para analizar balances energéticos en un sistema, tal vez sería consecuencia de no poder determinar qué tipo de sistema se está analizando (abierto, cerrado,

aislado). En particular confunden sistema cerrado (que son los sistemas que no intercambian materia pero sí energía con el entorno) con los aislados (que son sistemas que no pueden intercambiar materia ni energía con el entorno).

Pregunta 5: Dos placas metálicas paralelas (condensador) están conectadas a una batería. Considerando que entre las placas hay una partícula de masa m y carga $-q$ inicialmente en reposo, como se ve en la figura, responde:



Con esta situación y a través de las siguientes preguntas se pretende indagar si los alumnos aplican los conceptos de energía estudiados en Física I.

a) ¿Hacia dónde se va a mover la partícula? ¿Por qué?

TABLA V-a. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 5a).

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
15/16	1/16	0/16	16/16	16/16	0/16

Esta consigna es respondida correctamente por el total de los estudiantes tanto en el pretest como en el postest, siendo tres los estudiantes que justifican mal en la etapa de pretest y uno en el postest. En ambas instancias la mayoría de los estudiantes que responden y justifican bien, indican que la carga se mueve hacia la placa positiva. Es interesante notar que los estudiantes justifican bien en ambas instancias, mencionando la atracción o repulsión de cargas positivas y negativas, indicando algunos específicamente a las fuerzas eléctricas.

b) ¿Cómo obtendrías la variación de la energía cinética de la partícula al moverse entre ambas placas?:

b-1) Considerando el sistema “partícula”.

TABLA V-c. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 5c).

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
5/16	2/16	9/16	12/16	0/16	4/16

Pudo observarse que para la etapa de pre y postest la totalidad de las respuestas correctas estuvieron bien justificadas; lo que representa un importante progreso entre las dos instancias.

Los estudiantes que responden en forma incorrecta en su mayoría no consideran la disipación de energía del sistema con el medio, y justifican dando por hecho que si el sistema es cerrado, también debe ser aislado, por lo que no hay “pérdidas” ni “ganancias” de energía en la frontera.

d) ¿Podemos hablar de conservación de la energía considerando el circuito y su entorno? ¿Por qué?

TABLA V-a. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 5a).

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
15/16	1/16	0/16	16/16	16/16	0/16

Esta consigna es respondida correctamente por el total de los estudiantes tanto en el pretest como en el postest, siendo tres los estudiantes que justifican mal en la etapa de pretest y uno en el postest. En ambas instancias la mayoría de los estudiantes que responden y justifican bien, indican que la carga se mueve hacia la placa positiva. Es interesante notar que los estudiantes justifican bien en ambas instancias, mencionando la atracción o repulsión de cargas positivas y negativas, indicando algunos específicamente a las fuerzas eléctricas.

b) ¿Cómo obtendrías la variación de la energía cinética de la partícula al moverse entre ambas placas?:

b-1) Considerando el sistema “partícula”.

TABLA V-b1. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 5b1).

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
4/16	2/16	10/16	6/16	7/16	3/16

Para esta cuestión la respuesta correcta fue: $W_{\text{peso}} + W_{\text{f elec.}} = \Delta K$. En el pretest las respuestas correctas no estuvieron bien

justificadas, aspecto éste que se revirtió en la etapa posterior donde tres estudiantes pudieron contestar y justificar bien.

Dentro de las respuestas incorrectas la más frecuente fue:

$$\Delta K = \frac{1}{2} m (v_F^2 + v_i^2)$$

En esta consigna la mayoría de los estudiantes que responden en forma correcta pero incompleta, omiten incluir el W_{peso} al indicar la ecuación de conservación de la energía para este sistema particular.

b-2) Considerando el sistema “partícula + condensador”.

Como respuesta correcta se consideró: $W_{\text{peso}} = \Delta K + \Delta U_{\text{eléctrica}}$, en este caso puede considerarse: $\Delta K = -\Delta U_{\text{eléctrica}}$, ya que W_{peso} es despreciable.

TABLA V-b2. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 5b₂).

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
3/16	2/16	11/16	10/16	1/16	5/16

Si bien aumenta notablemente la cantidad de respuestas correctas, en las justificaciones se aprecia que los alumnos no lograron relacionar el trabajo de la fuerza peso de la partícula con las variaciones de energía que se producen en el sistema, tal vez porque en este caso, su influencia es muy pequeña.

c) Si la partícula se encuentra inicialmente en la placa negativa, ¿cómo se vincula la variación de energía cinética con el voltaje existente entre las placas?

TABLA V-c. Resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta 5c).

PRETEST			POSTEST		
Correcta	Incorrecta	N/R	Correcta	Incorrecta	N/R
5/16	2/16	9/16	12/16	0/16	4/16

Se consideró como respuesta correcta para este ítem la siguiente:

“ $\Delta K = q \Delta V + m g \Delta h$ ”. Es importante la mejora observada en esta situación una vez que se implementó la estrategia, pero en las respuestas correctas los alumnos omitieron, nuevamente, la variación de energía potencial gravitatoria.

III. CONCLUSIONES

La gran mayoría de los alumnos logró delimitar un sistema de estudio pero tiene dificultad para enumerar las transformaciones de energía que en él se producen. Esto significa que pueden aplicar un concepto general estudiado en Mecánica (Física I) en electricidad y electromagnetismo (Física II), como es el de sistema de estudio y su frontera. Sin embargo la estrategia debería fortalecerse planificando actividades que consideren las transformaciones de energía que se producen dentro del sistema y los intercambios con el entorno.

Aquellos estudiantes que no consiguen delimitar su sistema, tampoco pueden analizar correctamente el balance energético, ya que no distinguen claramente cuáles fuerzas son internas y cuales externas.

En lo que respecta a la función que desempeña una pila en un circuito, es notorio el impacto que ha proporcionado la estrategia sobre la cual se realizaron cambios en base a los pobres resultados alcanzados en el mismo ítem con la cohorte 2006 [29].

Sobre la base de los resultados alcanzados respecto a la conservación de la energía en un circuito, se evidencia que estos estudiantes han podido delimitar un sistema de estudio, reconocer su entorno y los intercambios energéticos entre éstos. Posiblemente el hecho el haber dado continuidad a la estrategia didáctica durante Física I y Física II, impactó favorablemente.

Creemos que así como se ha podido aplicar un mismo esquema conceptual para describir fenómenos mecánicos (Física I) y eléctricos (Física II), estos estudiantes serán capaces de analizar procesos de otra naturaleza en los cuales se utiliza la energía, en las asignaturas posteriores de sus carreras.

REFERENCIAS

[1] Caamaño, A., Correig, T., Grau, E., Guasch, E., Lozano, M. T., Mayós, C., Parejo, C. y Varela, X., *Una propuesta para la enseñanza de las Ciencias*, Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales **1**, 41-49 (1994).
 [2] Solbes, J. y Tarín, F., *La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados*, Enseñanza de las Ciencias **22**, 185-194 (2004).
 [3] Raviolo, A., *Núcleos conceptuales y secuencia constructivista en la enseñanza de la energía*, Revista de Enseñanza de la Física **9**, 33-45 (1996).
 [4] Serway, R. A., *Física. Tomo I* (Mc Graw-Hill, México, 1997).
 [5] Tipler, P. A., *Física. Vol. I*. (Reverté, España, 1995).

- [6] Alonso, M. y Finn, E., *Física* (Addison-Wesley Iberoamericana, U.S.A, 1995).
- [7] Wilson, J., Bufo, A. y Lou, B., *Física*, (Pearson Educativa, México, 2003).
- [8] Mckelvey, J. y Grotch, H., *Física para Ciencias e Ingeniería*. Vol. 1, (Harla, México, 1981).
- [9] Young, H. D., *Physics*, (Addison-Wesley, U.S.A, 1992).
- [10] Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K., *Física*. Vol.1. (Compañía Editorial Continental, México, 2002).
- [11] Serway, R. y Jewet, J. *Física I* (Thomson, México, 2004).
- [12] Solomon, J., *Teaching the conservation of energy*, *Physics Education* **20**, 165-176 (1985).
- [13] Driver, R. y Warrington, L., *Student's use of the principle of energy conservation in problem situations*, *Physics Education* **20**, 171-176 (1985).
- [14] Carr, M. y Kirkwood, V., *Teaching and learning about energy in New Zealand secondary school junior science classrooms*, *Physics Education* **23**, 87-91 (1988).
- [15] Michinel, J. y D'Alessandro, A. *El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje*, *Enseñanza de las Ciencias* **12**, 369-380 (1994).
- [16] Pfundt, H. y Duit, R., *Bibliography. Students' alternative frame works and Science Education* Institute for Science Education, 4th-Edition/4, Germany, 1994).
- [17] Solbes, J. y Tarin, F., *Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía*, *Enseñanza de las Ciencias* **16**, 387-397 (1998).
- [18] Duit, R., *Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning*, *International Journal of Science Education* **25**, 671-688 (2003).
- [19] Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A., *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (Ediciones Morata, Madrid, 1996).
- [20] Doménech, J., Gil-Pérez, D., Gras, A., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, G. y Salinas, J., *La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico*, *Enseñanza de la Física* **14**, 45 – 60 (2001).
- [21] Cordero, S. y Dumrauf, A., *Innovaciones didácticas y propuestas de enseñanza sobre energía*, Memorias en CD. Décima Tercera Reunión Nacional de Educación en Física (REF13). Área temática Investigación Didáctica, 6p. Río Cuarto, Córdoba (2003).
- [22] Solbes, J., *Una propuesta para la enseñanza-aprendizaje de la energía y su conservación basada en investigación en didáctica de las ciencias*, *Revista de Enseñanza de la Física* **20**, 65-90 (2007).
- [23] López Alcantud, J., Gil Pérez, D., Vilches, A. y González, E., *Papel de la energía en nuestras vidas. Una ocasión privilegiada para el estudio de la situación del mundo*, *Revista de Enseñanza de la Física* **18**, 53-91 (2005).
- [24] Molina, S., Nieva, M., Machado, C., *Una propuesta didáctica desde el enfoque CTS para la Física en el Polimodal – la radiación ionizante y sus efectos en el medio ambiente y en la calidad de vida*, Memorias en CD SIEF9 M6- Áreas temáticas 11 y 10, 13p. (2008).
- [25] Follari, B., Perrotta, M. T. y Glusko, C., *La visión económica, social y ambiental como introducción al estudio de la energía desde la Física*, Memorias Décimo Sexta Reunión Nacional en la Física (REF XVI). E3 -Trabajo 46, 7p. San Juan, Argentina (2009).
- [26] Perrotta, M. T., Dima, G. N., Capuano, V. C., Botta, I. L., Follari, B., de la Fuente, A. y Gutiérrez, E. E., *La Energía. Planificación, aplicación y evaluación de una Estrategia Didáctica para un curso universitario de Física Básica en carreras de Ciencias Naturales*, *Latin American Journal of Physics Education* **3**, 350-360 (2009).
- [27] de la Fuente, A. M., Gutiérrez, E. E., Perrotta, M. T., Dima, G. N., Capuano, V. C., Botta, Ivana L. y Follari, B., *Evaluación de una estrategia didáctica sobre el tema energía. Comparación de resultados de un postest como uno de los indicadores*, Memorias en CD SIEF9, Sesión B4 – Área temática 6, 9p. Rosario, Argentina (2008).
- [28] Follari, B., de la Fuente, A. M., Gutiérrez, E. E., Perrotta, M. T., Dima, G. N., Capuano, V. C. y Botta, I. L., *El concepto unificador de la energía en un curso de Física Básica universitaria: resultados de un pretest y postest*, Memorias en CD SIEF9, M4 – Área temática 6, 10p. Rosario, Argentina (2008).
- [29] Perrotta, M. T., Capuano, V. C., Botta, I. L., Follari, B., Gutiérrez, E. E. y Dima, G. N., *El concepto unificador de la energía en un curso de electromagnetismo. Resultados de un pretest y postest. Cohorte 200*, Memorias Décimo Sexta Reunión Nacional en la Física (REF XVI). Trabajo 63, 12p. San Juan, Argentina (2009).