

Circuitos de corriente continua RC en serie: Un análisis de textos universitarios y de otros recursos con incorporación de TIC



Norah S. Giacosa¹, Silvia M. Giorgi², Jorge A. Maidana¹

¹Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552 (N3300LQ) Posadas, Misiones, Argentina. Tel/Fax: 54 376 4425414.

²Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral Santiago del Estero 2829 (S3000AOM) Santa Fe, Argentina.

E-mail: norah@correo.unam.edu.ar

(Recibido el 20 de Marzo de 2012; aceptado el 28 de Septiembre de 2012)

Resumen

Esta investigación parte de reconocer la dificultad de los alumnos universitarios en el aprendizaje de fenómenos transitorios en circuitos con corriente continua que poseen condensador y resistencia. El análisis de doce textos universitarios de uso habitual en Argentina indica que la mayoría modela implícitamente el circuito como un sistema aislado y deduce ecuaciones descriptivas a partir del principio de conservación de la energía. Se encontró que el tratamiento del tema en los textos ofrece obstáculos al aprendizaje por parte de los estudiantes. Entre otras cosas, se presentan ecuaciones temporales que no se grafican y gráficos cuyas ecuaciones no se explicitan; los problemas resueltos son mayoritariamente cuantitativos; las convenciones de signos son heterogéneas; algunas interpretaciones pueden introducir errores conceptuales y las imágenes, analogías y aplicaciones a la vida cotidiana son escasas. Se describen otros recursos: video filmación y dos simulaciones de acceso libre, potencialmente útiles para complementar el desarrollo del tema.

Palabras clave: Circuitos RC con corriente continua, textos universitarios, análisis de contenido, dificultades, TIC.

Abstract

This research begins with the recognition of the difficulty that university students experience in learning transient phenomena in circuits with direct current that have both, capacitor and resistance. The analysis of twelve university texts of routine use in Argentina indicates that the majority implicitly represents the circuit as an isolated system and deduces descriptive equations from the principle of energy conservation. It was found that the treatment of the subject by the texts offers obstacles to the student learning. Among other things, not plotted temporal equations and graphs whose equations are not explicit, are presented; the resolved problems are mostly quantitative; the signs conventions are heterogeneous; some interpretations may introduce conceptual errors and the images, analogies and applications to the everyday life are scarce. Other resources are described: a movie and two simulations of free access, which are potentially useful to complement the development of the subject.

Keywords: RC circuits with direct current, university texts, content analysis, difficulties, ICT.

PACS: 01.30 Vv, 01 40 Fk, 84 32 Ff, 01.50. H

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Entre los contenidos conceptuales de Física del ciclo básico universitario de carreras de corte científico-tecnológico de la República Argentina se encuentra el correspondiente al comportamiento de circuitos conformados por resistencia (R) y condensador (C) conectados en serie por los que circula corriente continua, denominados frecuentemente circuitos RC.

En general, los estudiantes encuentran dificultades en el estudio de fenómenos transitorios en los que intervienen variables que dependen del tiempo; en este tipo de circuitos en particular, dichas dificultades se hacen evidentes cuando tienen que explicar los procesos de carga y descarga de un condensador, relacionar las magnitudes físicas involucradas

que varían en el tiempo (carga, corriente eléctrica, diferencia de potencial) e identificar las representaciones gráficas de las funciones matemáticas que las describen [1].

El propósito de este trabajo es por un lado, identificar los modelos que utilizan explícita o implícitamente los libros de textos universitarios de uso habitual en Argentina en el desarrollo de los procesos de carga y descarga de un condensador en un circuito RC de corriente continua, como así también analizar las ecuaciones y convenciones de signos adoptadas, las ilustraciones, los problemas resueltos y, las analogías y los ejemplos relacionados con la vida cotidiana que se muestran.

Por otro lado, presentar otros recursos didácticos, relacionados con las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC), con los que se puede complementar la

Norah Giacosa, Silvia Giorgi, Jorge Maidana

enseñanza de este tópico en el mencionado nivel educativo: video filmación y *applets* de acceso libre. Con esa intención se cita una película con la cual, además de estimular el interés por el aprendizaje de la Física, se pueden articular cuestiones de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS); y trabajar contenidos actitudinales relacionados con la ética. Asimismo, se presenta el análisis crítico de dos *applets* de acceso libre con los cuales se pueden diseñar actividades didácticas para llevar a cabo experiencias en entornos virtuales.

Esta línea de investigación, particularmente el tema abordado en esta comunicación, puede aportar a dos vertientes fundamentales para la mejora y la actualización de la enseñanza de la Física: la curricular e instruccional, y la centrada en la investigación.

En la próxima sección se especifican los sustentos teórico-experimentales de la investigación, conceptualizando el significado con el cual se utilizan algunos términos que podrían resultar ambiguos, y los antecedentes de otras investigaciones relacionadas con ésta. Seguidamente, se muestran las opciones metodológicas que se estimaron más convenientes para su abordaje. A continuación, se discuten los resultados hallados, los cuales se dividieron en dos secciones; una dedicada a los textos y otra a las TIC. Se cierra la presentación con una revisión sintética del estudio.

II. SUSTENTOS TEÓRICO-EXPERIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN

En el ámbito educativo se llama libro de texto a una modalidad específica de recurso didáctico diseñado para el acto pedagógico de un nivel educativo particular y bosquejado, en algunas ocasiones, acorde a los lineamientos curriculares oficiales del contexto para el cual se concibe. Los indicadores de calidad de un libro de texto se relacionan con los contenidos, tipos de aprendizaje y valores que promueven, y con las características físicas de mismo [2]. Los contenidos deben cumplir con propiedades tales como: actualización, presentación lógica, utilización de lenguaje científicamente correcto y exposición clara de los elementos que colaboren a su comprensión. Los estándares de aptitud deseables que promoverían aprendizajes en los destinatarios se refieren a la adecuación del vocabulario utilizado -atendiendo fundamentalmente la franja etaria del grupo al que está dirigido- y la versatilidad de actividades propuestas. Éstas últimas deberán ser variadas, abiertas, comprensibles y viables de manera de fomentar un conjunto de actitudes deseables (el trabajo en equipo y la solidaridad; el dialogo y la convivencia; el respeto por los derechos de los demás; la conservación ambiental y la utilización adecuada de recursos; el desarrollo de hábitos para el trabajo mental y manual; el pensamiento analítico, creativo, crítico y científico) que contribuyan a la formación integral del educando. Por último, las características físicas aluden, entre otras cosas, a

las imágenes que deben ser cuidadosamente presentadas y pertinentes a los contenidos abordados.

Existen numerosas publicaciones en torno a los libros de texto que se utilizan en las aulas en distintos niveles educativos formales, realizadas desde distintas perspectivas y con diferentes propósitos. Por ejemplo, algunas alertan sobre la influencia que éstos pueden tener en la selección y secuenciación de contenidos del *currículum* teórico de Física universitaria en la República Argentina, fundamentalmente en los programas analíticos, a tal punto que afirman: “...constatamos que en varias asignaturas el listado de contenidos responde al índice de un texto” [3, p. 537]; y del uso distorsionado que algunos docentes hacen de ellos, cuando se los utiliza como “único recurso didáctico”, apreciándose incluso que, la secuencia de problemas de lápiz y papel propuestos en ciertas asignaturas requieren para su resolución de contenidos conceptuales que no figuran en sus respectivos programas y sí en los textos, precisamente en aquellas cuestiones en las que se diferenciaban índice-programa [4].

Otras, indican que algunos textos escolares utilizan de manera indiscriminada y alternativa diferentes modelos científicos que podrían generar confusiones en los alumnos. Fundamentalmente cuando dichos modelos se enseñan como normativa en su representación más simplificada, descontextualizados y mezclando herramientas simbólicas surgidas de convenciones y acuerdos entre comunidades de científicos [5].

Hay estudios que señalan cómo aprovechar didácticamente los errores o las imprecisiones en las que incurren los libros de texto [6, 7] o cómo tratan los textos un determinado tema correspondiente a un nivel educativo. En esta última línea existen estudios concernientes a “trabajo de la fuerza de fricción” [8], “inducción electromagnética” [9], “ley de Ampère” [10], y “corriente de desplazamiento” [11], -entre otros- en los textos universitarios de uso habitual en Latinoamérica y “electricidad y electrónica” en una asignatura correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria de España (ESO) [12].

Asimismo, otra publicación informa la polisemia del concepto “energía” en textos universitarios de diversas asignaturas, tales como Biología, Química y Física [13].

También hay investigaciones relacionadas con los problemas resueltos en los libros de texto universitarios referentes a determinados tópicos de Mecánica-cinemática de traslación y rotación, dinámica de la partícula y de sistemas de partículas, trabajo y energía- [14] y de Electricidad -interacción eléctrica y campo eléctrico- [15].

Los resultados mostrarían que los llamados problemas son ejercicios o problemas “desproblematizados” y su respectiva resolución guarda escasa coherencia con una metodología de resolución de problemas -recomendada por Daniel Gil Pérez y colaboradores [16] y sintetizada en la Fig. 1- denominada trabajo de investigación dirigida.

Las publicaciones relacionadas con la resolución de problemas en el área de Física abordan perspectivas disímiles relacionadas con: cómo promover el desarrollo de

las competencias que permiten al estudiante construir conocimiento y aplicarlo en situaciones concretas dotándolo de significado, cómo diseñar estrategias didácticas para la enseñanza de la resolución de problemas cuantitativos y cualitativos -algunos de ellos incorporando simulaciones computacionales-, cómo preparar material de enseñanza diversificando la naturaleza de los problemas e incorporando los llamados problemas ricos en contexto, cómo analizar las interacciones en el aula, entendida esta última como ambiente de la tarea de resolución, con qué estrategias y cómo abordan la resolución de problemas los expertos y novatos, entre otros [17].

son: la escasa generalización de los procedimientos adquiridos a otros contextos, la carencia de significado del resultado obtenido para los alumnos, el pobre control metacognitivo alcanzado por los mismos sobre sus propios procesos de solución y el poco interés que estos problemas despiertan en los alumnos. En virtud de lo anterior, los estudiantes son incapaces de resolver un nuevo problema si cambia el contexto, o no pueden “reconocerlo” como alguno semejante a otro resuelto previamente. Ellos, en general, se limitan a encontrar la ecuación matemática o el algoritmo que les permita arribar a algún resultado “correcto” y generalmente único, sin cuestionarse demasiado la validez del mismo. Superponiéndose aquí dos problemas, el científico y el relacionado con el insuficiente dominio de las herramientas matemáticas.

Por otro lado, hay estudios que resaltan la importancia que tienen las ilustraciones que utilizan los libros de texto de ciencias, indagando si éstas son adecuadas y pertinentes, para la comprensión de su contenido [19, 20], frente a las condiciones que pueden favorecer la eficiencia didáctica de las imágenes, y a las respuestas que dan los estudiantes universitarios a la lectura de imágenes relativas a Cinemática que requieren un alto grado de conocimiento por parte del sujeto para su decodificación [21].

Las imágenes que utilizan los textos podrían influir en los modelos mentales que construyen los alumnos cuando se enfrentan a la interpretación del enunciado de un problema o a la adopción de estrategias de resolución del mismo. Interesa resaltar particularmente que la “construcción de modelos mentales se facilita cuando se reducen las ambigüedades y cuando se alivia la carga de la memoria de trabajo. Si toda la estructura discursiva ya sea verbal o visual, está al servicio de la reducción de las ambigüedades del mensaje, es más probable que un buen modelo mental sea construido” [22, p. 53].

Por otra parte, las analogías, denominadas metáforas en el ámbito literario, son un tipo de recurso utilizado en la vida cotidiana y en situaciones áulicas para comparar objetos, fenómenos o experiencias, de los cuales se dispone de un bagaje de conocimientos, con otros nuevos por lo general más abstractos, poco familiares o desconocidos [23, 24]. Si bien el concepto ha evolucionado con el tiempo y con los reportes de investigaciones educativas, existe en la actualidad un cierto consenso respecto a sus elementos constitutivos. Una analogía se compone de tres elementos: el análogo (cuestión conocida), el tópico u objetivo (cuestión nueva) y el conjunto de relaciones que se establecen entre ellos. El análogo y el tópico se caracterizan por poseer una serie de atributos o rasgos característicos. La analogía se crea cuando se identifican los atributos comunes existentes entre el análogo y el objetivo, y se establecen las diferencias en cada uno de los dominios. Mayores detalles sobre la evolución histórica del mencionado concepto en los reportes de investigaciones educativas pueden consultarse en la comunicación realizada por Fernández González, González González y Moreno Jiménez [25].

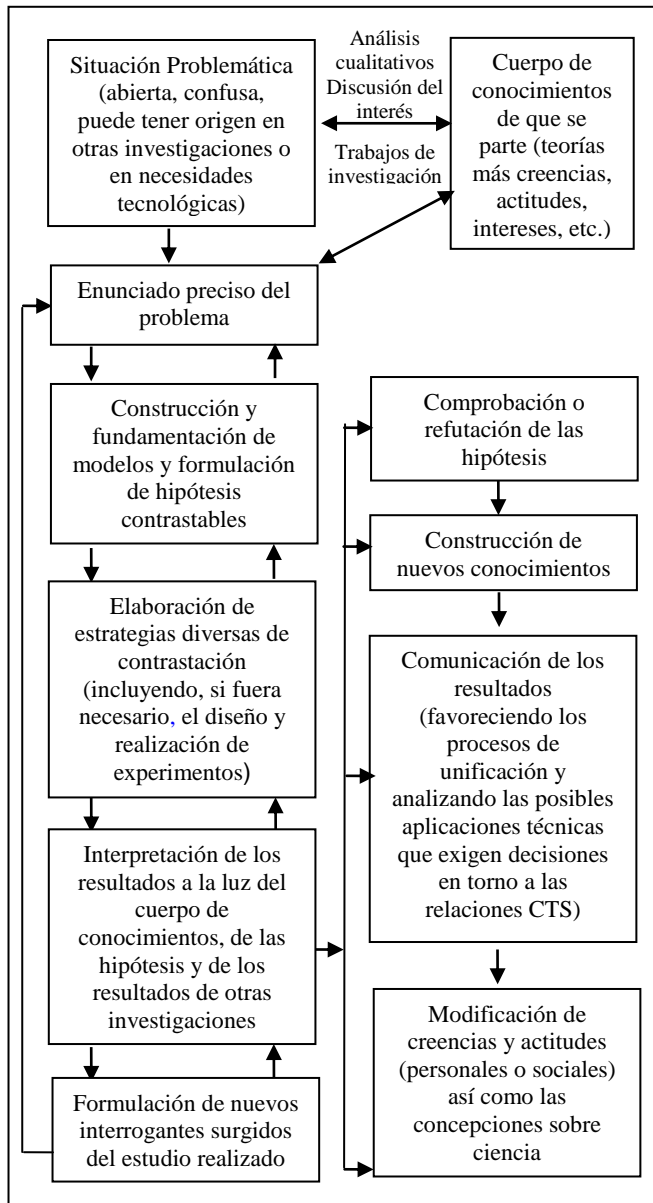


FIGURA 1. Esquema de los procesos involucrados en la resolución de problemas como trabajo de investigación dirigida [15].

Según Pozo Muncio y Gómez Crespo [18] algunas cuestiones que dificultan el aprendizaje de los procedimientos de resolución de problemas cuantitativos

Los resultados de los estudios realizados en torno a las analogías muestran que es común que los docentes no dispongan de un buen repertorio de analogías para trabajar en clase, generalmente utilizan las analogías elementales tomadas de los libros de texto y en muy pocos casos recurren a la elaboración propia. Entre las ventajas o aspectos positivos que tiene el uso de analogías en las clases de ciencias, la literatura indica que ayudan a los estudiantes a organizar la información o abordarla desde una perspectiva diferente, establecer nexos entre un dominio que le es familiar y otro desconocido, y visualizar conceptos abstractos, órdenes de magnitud o fenómenos difíciles de observar. Todos estos aspectos favorecerían la construcción de puentes conceptuales entre los modelos mentales y los modelos científicos. Asimismo, su uso estimula la imaginación, implica cognitiva y afectivamente a los alumnos, lo cual aumenta su interés y autoestima, y favorece el cambio conceptual [26, 27]. No obstante, el uso inadecuado podría hacer que los alumnos interpreten la analogía mecánica o inapropiadamente, fomentando errores conceptuales difíciles de modificar.

Del estudio realizado por integrantes del Grupo Blas Cabrera, en torno a 84 textos de distintas asignaturas de la ESO en los que se estudiaron 399 analogías, surge que en general, los autores y editores de libros tienden a no invertir espacio de copia para introducir en ellos imágenes analógicas, y son reacios a incorporar las analogías extendidas ya que argumentan que el uso de las mismas lleva implícito necesariamente la discusión con los alumnos de correspondencias estructurales -semejanzas y diferencias- entre el análogo y el objetivo, cuestión que se debería trabajar en aula [28].

Por último, se deja constancia de una reciente investigación [29] que toma la “buena” literatura de ciencia ficción -en el sentido de ser rigurosa con los conceptos científicos- como una posibilidad más para abordar contenidos científicos en la educación formal -tomando de ella figuras que son básicamente analógicas- no sólo para despertar el interés en los alumnos, sino también para provocar procesos de reflexión y conceptualización.

Por otro lado, las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) han abierto nuevas perspectivas en el horizonte de la educación del siglo XXI. En este trabajo se entenderán por tales “... al conjunto de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de informaciones, en forma de voz, imágenes y datos contenidos en señales de naturaleza acústica, óptica o electromagnética. Las TIC incluyen la electrónica como tecnología base que soporta el desarrollo de las telecomunicaciones, la informática y el audiovisual” [30, versión *on line* sin página].

El acceso a computadoras y conexión a Internet, entre otros, son recursos educativos que han mostrado ser herramientas necesarias para desenvolverse en el actual mundo postmoderno y globalizado. Por una parte, hacen posible, mediante la supresión de las barreras espaciales y temporales, que más personas puedan acceder a la

educación; y por otra, permiten de manera relativamente fácil el acceso a recursos actualizados y a posibilidades educativas de formación continua.

La utilización de las computadoras en la enseñanza surgió con el nacimiento mismo de las computadoras. De hecho, el avance producido en el intento de hacerlas más “amigables” y el desarrollo de *software* que faciliten su empleo, provienen de las recomendaciones realizadas en las primeras experiencias de uso en la enseñanza [31, 32].

Física es una de las disciplinas pioneras en explorar las potencialidades de las computadoras para el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza, generando un campo de investigación multidisciplinario donde se conjugan Física, Educación e Informática. La gran cantidad y variedad de aplicaciones que se han desarrollado es muestra de dicha conjunción y producción.

Los usos de la computadora en la enseñanza en general, y en Física en particular, son variados. Los más frecuentes son: búsqueda de información, comunicación entre profesores y estudiantes, elaboración de informes y presentaciones, utilización de material multimedia, y más recientemente, en algunos casos, la utilización de laboratorios remotos. Existen dos formas de uso específicas y prometedoras para el aprendizaje de los estudiantes de carreras de corte científico-tecnológico: Las simulaciones y el modelado. Haciéndose esta distinción, en el sentido de diferenciar los procesos de “utilización” y de “elaboración” de la simulación.

Las simulaciones computacionales son programas informáticos diseñados con el propósito de comprender o predecir el comportamiento de un sistema dinámico real, representado por un determinado modelo, mediante la experimentación en entornos virtuales [33]. Entre las simulaciones empleadas para la enseñanza de la Física se destacan las dedicadas a la visualización gráfica de un proceso físico, elaboradas en formato de *applets* (*application-let*). Los primeros *applets* fueron desarrollados en el *Davidson Collage* (Carolina del Norte, EEUU) y actualmente son utilizados por un amplio sector de la comunidad científica que ha contribuido a su difusión aportando una cantidad enorme de materiales desarrollados con ellos.

Los *applets* de uso libre están diseñados para poder ser incrustados en una página *web* y utilizarse directamente desde la misma, aunque existen algunos autores que autorizan “bajarlos” e instalarlos en computadoras personales o de laboratorios de informática de instituciones educativas, lo cual representa una ventaja importante a la hora de usarlos en aulas que no cuentan con red inalámbrica o conexión a Internet. Las funciones básicas de estas páginas son: proporcionar acceso directo a la información, presentar concurrentemente la simulación y, en algunos casos, asignar tareas a los alumnos.

Es importante destacar que un *software* de simulación está basado en un modelo que no representa todos los aspectos de la realidad y que muchas veces se utilizan herramientas de cálculo numérico que proporcionan

resultados aproximados. Conocer los límites de validez antes de utilizarlos es imprescindible [34].

El uso de simulaciones tiene como propósito, proporcionar a los estudiantes oportunidades para desarrollar su propia comprensión acerca de los fenómenos y leyes físicas presentadas, a través de un proceso de construcción de hipótesis y de prueba de ideas [35]. Mediante la manipulación de parámetros se puede promover la comprensión de las relaciones entre conceptos físicos, variables y fenómenos. El empleo de representaciones de distintos tipos (imágenes, animaciones, gráficos, datos numéricos) facilita la comprensión de la relación entre conceptos y procesos; y posibilita la investigación de fenómenos, algunos de los cuales pueden no ser posibles de experimentar en un aula o laboratorio de enseñanza, ya sea por su peligrosidad o por falta de equipamiento didáctico. Mayores precisiones relacionadas con *applets* para la enseñanza de Física pueden consultarse en los trabajos de Bohigas, Jaén y Novel [36] y Giacosa, Giorgi y Concari [37].

Por otro lado, los medios audiovisuales -entre ellos la televisión y el cine- se han extendido ampliamente entre la población actual y tienen gran influencia en su formación cultural. Ambos han sido objetos de investigaciones cuyos resultados resaltan en algunas ocasiones la distorsión entre las ideas que transmiten y la ciencia. En otras; fueron utilizados como recursos didácticos con los cuales se abordaron contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales [38, 39, 40].

Sea cual fuere el enfoque con el que se emprenden los estudios, los resultados coinciden en que son medios de alfabetización científica que pueden ser potencialmente útiles para la práctica educativa porque promueven la observación, la discusión, el pensamiento crítico y la investigación.

Los autores de esta investigación acuerdan con Javier Perales [41] cuando sostiene que: *“Las nuevas tecnologías proporcionan una oportunidad potencialmente fructífera como fuente de recursos audiovisuales, siempre y cuando se evalúen adecuadamente, se empleen para contenidos que lo requieran y se tenga en cuenta la sobrecarga cognitiva que suelen conllevar para los alumnos, así como sus actitudes hacia las mismas”* (p. 23).

III. OPCIONES METODOLÓGICAS

Se seleccionaron doce textos, comercializados por ocho editoriales, de uso habitual en los cursos de Física del ciclo básico de carreras científico-tecnológicas que se dictan en universidades argentinas. Los primeros cinco seleccionados son los más solicitados por los alumnos, en época de exámenes finales, en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales dependiente de la Universidad Nacional de Misiones y están ordenados acorde a su demanda. El resto de ellos, se seleccionó porque: figuran citados en la bibliografía recomendada en los programas analíticos de asignaturas -que con diferentes

nombres, corresponden al área de Física que se enseña en las distintas carreras de la mencionada institución-, son textos con los cuales los actuales docentes que se desempeñan en las asignaturas prepararon Física cuando cursaron sus estudios y/o consultan para preparar sus clases; representan “patriarcas” de una familia de textos de Física producidos desde la década del sesenta y/o se puede acceder a ellos en sus versiones digitales (denominadas *e-book*). Los últimos siete textos se presentan en el listado sin ningún criterio ni preferencia especial. Todos los textos fueron identificados con un número arábigo. De aquí en más, se hará referencia a ellos con la abreviatura T1, T2, etc. En el Anexo se presenta el listado completo.

Se construyeron algunas categorías, a partir de una de exploración previa, y se reformularon otras teniendo en cuenta los primeros resultados obtenidos. Se utilizó el análisis de contenido [42, 43] para identificar: tipo de secuencia empleada, ecuaciones usadas para describir los procesos de carga y descarga de un condensador en función del tiempo, nivel de tratamiento matemático, tipo de ilustraciones y gráficos presentados [22], como así también si los modelos involucrados se usaron explícita o implícitamente.

El reconocimiento de todos los problemas resueltos presentes en los textos se realizó mediante dos etapas. La primera consistió en la elaboración de una *síntesis* del enunciado. Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: número asignado al texto, número de problema establecido en el texto, proceso físico analizado (carga, descarga o ambos), datos proporcionados y consignas. Seguidamente, se estudiaron los tipos de procedimientos involucrados en las consignas. En la categoría “cálculo numérico de variables” se identificaron las variables físicas cuyos cálculos fueron más asiduamente solicitados.

En tanto que en la segunda etapa, *categorización* de los problemas, se analizaron los enunciados y las resoluciones presentadas. Se adoptaron tres categorías: modo de presentación de la situación problemática, aspectos involucrados en la resolución y manera de formular otras perspectivas, en concordancia con las utilizadas en un estudio relativo a Mecánica [14]. En la primera de ellas, modo de presentación de la situación problemática, se construyeron -acorde con la temática estudiada- las siguientes cinco subcategorías: Discusión del interés de la situación problemática, manera de formularla, tipo de información presentada (general o particular), forma de presentación de la información (descriptiva o simbólica) e ilustraciones a las que alude la presentación de la situación problemática.

Las subcategorías correspondientes a los aspectos involucrados en la resolución fueron ocho, a saber: forma en que es definido el problema, discusión del sistema físico en estudio, explicación del modelo físico adoptado, forma de explicitar las hipótesis formuladas, tipo de representaciones usadas en el proceso de resolución, forma de presentación de los resultados, tipo de gráficos en función del tiempo presentados y tipo de análisis de los resultados.

Finalmente, en la tercera categoría, manera de formular otras perspectivas, se establecieron dos subcategorías: Forma de replantear el problema y planteo de nuevos problemas o preguntas.

Por otro lado, las escasas aplicaciones relacionadas con la vida cotidiana y la insuficiente información existente en la muestra de textos analizados, relativas a las necesidades y contexto socio-histórico-cultural de su surgimiento, motivaron la búsqueda, análisis y selección de otros recursos didácticos. Dicha búsqueda se orientó a los que utilizan TIC.

Finalmente, las categorías surgidas del análisis de las consignas explicitadas en los problemas resueltos y las pocas oportunidades en las que se utilizan gráficos explicativos de variables en función del tiempo y/o se solicita su elaboración, dieron lugar a contemplar la incorporación de *applets* para complementar el desarrollo del tema. Las categorías de análisis de los *applets* se elaboraron teniendo en cuenta la potencialidad de las simulaciones, relativas al tema en estudio, para constituirse en recursos didácticos adecuados, e incluyeron: evaluación de material disponible en la red, orientaciones para la selección de *software* educativo y recaudos necesarios para la selección de materiales curriculares. En la primera se incluyeron cuestiones tales como: exactitud de la fuente primaria, fiabilidad del origen, objetividad, actualidad y accesibilidad a las fuentes citadas o vínculos ofrecidos. En el *software* se analizaron cuestiones técnicas, funcionales y estéticas. En último lugar, del material curricular se consideraron objetivos educativos, contenidos, estrategias de enseñanza, recursos didácticos necesarios y contexto educativo en el que se pretende incorporar, teniendo en cuenta el tiempo de la planificación áulica [37].

IV. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A. Los textos

La mayoría de los textos presenta los circuitos RC luego de haber desarrollado el tema de Circuitos de corriente continua, principalmente conexión en serie y en paralelo de resistencias; y las leyes de Kirchoff. Una cantidad importante (prácticamente la mitad de ellos) aborda seguidamente el tema Instrumentos de medición eléctrica de corriente continua, algunos de éstos últimos también presentan aplicaciones tales como: Cableado doméstico y seguridad eléctrica (T3), Riesgos eléctricos (T7) y Circuitos domésticos (T8). En el resto de los textos, es el último tema del capítulo y la temática con que se inicia el siguiente, es Campo magnético. Existe un solo texto (T1) que no desarrolla el tema, no obstante, propone dos problemas al final del capítulo denominado Campos electromagnéticos dependientes del tiempo. Los problemas anteriores versan sobre ley de Faraday-Henry e Inducción electromagnética, los posteriores, corresponden a Oscilaciones libres (circuitos LC) y forzadas (circuitos RLC de corriente alterna). En un solo texto (T10) el tema se aborda al

analizar los Circuitos eléctricos en régimen transitorio (RC y RL con y sin fuente), continuando el siguiente capítulo con el análisis de Circuitos eléctricos de corriente alterna. En la muestra de textos analizados prevalece la presentación del tratamiento del “proceso de carga” y seguidamente del “proceso de descarga” de un condensador, aunque existen dos textos que invierten el orden de los mencionados fenómenos (T5 y T10).

Algunas simplificaciones teóricas que se encontraron, explícita o implícitamente, en los textos analizados en el estudio de circuitos de corriente continua en general; y en particular, en los circuitos RC en serie son:

- Los cables se consideran “conductores ideales”, es decir de resistividad “despreciable” o “prácticamente nula”, por lo tanto, no interesa su longitud ni sección. Se representan por líneas generalmente rectas por cuestiones de claridad.

- La resistencia eléctrica del circuito se concentra en determinados elementos, precisamente en aquellas secciones en las que se dificulta el desplazamiento de las cargas, y se considera independiente de la temperatura, o sea, un elemento “óhmico ideal”.

- Las “placas” o “armaduras” del condensador se imaginan “conductores perfectos” y el “material” entre ellas se supone un “aislador perfecto”, de manera que “ninguna carga puede fluir a través del material de una placa a la otra”. Además, se consideran suficientemente cerca una de otra, pero alejadas de otros conductores, de modo que todas las líneas de campo eléctrico que dejan una placa acaban en la otra. Estas abstracciones permiten inferir que siempre hay “cargas iguales y opuestas en las dos placas”.

- La “fuente de energía eléctrica” se supone con una fuerza electromotriz (FEM) “constante” y “resistencia interna nula”.

- La resistencia y el condensador se consideran elementos “pasivos” porque responden a las condiciones externas aplicadas, en tanto que los generadores son los elementos “activos”.

- Todos los circuitos se piensan “cerrados”, en el sentido de que las cargas recorren una trayectoria conductora continua, a pesar de la “discontinuidad” producida por el dieléctrico, o el vacío, existente entre las armaduras constituyentes del condensador.

- En un circuito RC, en proceso de carga o descarga, la intensidad de corriente varía a través del tiempo, de allí que reciba el nombre de “corriente transitoria” o “no estacionaria”.

- A la “corriente de conducción” en un circuito en serie RC -entendida como flujo de portadores de cargas a través de los conductores- se le asigna un “sentido convencional de circulación” contrario al movimiento de los electrones libres en un metal, esto equivale a considerar el sentido en el que se moverían las cargas positivas, y en cualquier instante es la misma en todas las partes conductoras del circuito.

En la Tabla I se indica para cada texto analizado, con un punto, la presencia de las ecuaciones en función del tiempo de la carga (q), corriente (I), diferencia de potencial en el

condensador (V_C) y en la resistencia (V_R), y los gráficos relativos al proceso de carga en un condensador. Se utilizaron las siguientes abreviaturas: E (ecuaciones) y G (gráficos).

TABLA I. Presencia de ecuaciones de variables en función de tiempo y gráficos de un circuito RC en proceso de carga en los textos analizados (N=11). Frecuencias absolutas y porcentuales.

| Texto | q(t) | | I(t) | | $V_C(t)$ | | $V_R(t)$ | |
|-------|------|----|------|----|----------|----|----------|----|
| | E | G | E | G | E | G | E | G |
| T1 | | | | | | | | |
| T2 | • | | • | | | • | | • |
| T3 | • | • | • | • | | | | |
| T4 | • | • | • | • | | | | |
| T5 | • | • | • | • | | | | |
| T6 | • | • | • | • | | | | |
| T7 | • | • | • | | • | • | | |
| T8 | • | • | | | | | | |
| T9 | • | • | • | • | • | • | | • |
| T10 | | | • | • | | • | | |
| T11 | • | • | • | • | | | | |
| T12 | • | • | • | • | | | | |
| Total | 10 | 9 | 10 | 8 | 2 | 4 | 0 | 2 |
| % | 91 | 82 | 91 | 73 | 18 | 36 | 0 | 18 |

En ella se aprecia que el mayor porcentaje de ecuaciones que se usa en los textos para describir el proceso de carga en un circuito RC corresponde a carga eléctrica y corriente en función del tiempo, las cuales están presentes en el 91% de la muestra de textos. Existe un porcentaje mucho menor de textos (18%) que exhibe la diferencia de potencial en función del tiempo en el condensador y ninguno muestra la diferencia de potencial en función del tiempo en la resistencia. Los porcentajes de gráficos de las variables en función de tiempo presentados en los textos analizados son variados observándose que, en orden decreciente, corresponden a: carga (82%), corriente (73%), voltaje en el condensador (36%) y voltaje en la resistencia (18%).

Es de destacar que algunos textos (T2 y T10) presentan gráficos de diferencia de potencial en las placas del condensador en función del tiempo sin haber mostrado la ecuación que la describe. Lo mismo ocurre para la diferencia de potencial en los extremos de la resistencia en función del tiempo en otros textos (T2 y T9).

La Tabla II muestra las mismas variables anteriores en función del tiempo y la aparición de sus correspondientes gráficos en la muestra de textos, pero ahora en el tratamiento del proceso de descarga del condensador. En el caso particular de la corriente en función del tiempo se utilizó el signo más, o menos para indicar, además de la presencia de la ecuación, el signo adoptado por el/los autor/es del texto.

TABLA II. Presencia de ecuaciones de variables en función del tiempo y gráficos de un circuito RC en proceso de descarga en los textos analizados (N=11). Frecuencias absolutas y porcentuales.

| Texto | q(t) | | I(t) | | $V_C(t)$ | | $V_R(t)$ | |
|-------|------|----|------|----|----------|----|----------|----|
| | E | G | E | G | E | G | E | G |
| T1 | | | | | | | | |
| T2 | • | | - | | | • | | • |
| T3 | • | | - | | | | | |
| T4 | • | • | - | • | | | | |
| T5 | • | • | + | • | | | | |
| T6 | • | • | + | | | | | |
| T7 | • | | + | | • | • | | |
| T8 | • | • | | | • | | | |
| T9 | • | | - | | | • | | • |
| T10 | | | + | | • | • | | |
| T11 | • | • | + | • | | | | |
| T12 | • | | - | | | | | |
| Total | 10 | 5 | 10 | 3 | 3 | 4 | 0 | 2 |
| % | 91 | 45 | 91 | 27 | 27 | 36 | 0 | 18 |

De su análisis surge que en los textos prevalece mayoritariamente la presencia de ecuaciones de carga y corriente en función del tiempo, resultando el mismo porcentaje para ambas magnitudes, igual a 91%. La variación de la diferencia de potencial en las placas del condensador se presenta en el 27% de la muestra y en ningún texto se muestra la variación de la diferencia de potencial en la resistencia.

El número de textos que muestran gráficos en función del tiempo, relativos al proceso de descarga, es menor que el correspondiente al proceso de carga. Ordenándolos de manera decreciente, se presenta con mayor frecuencia a la carga eléctrica (45%), con frecuencia menor a los gráficos variación del voltaje en el condensador (36%) y en menor medida a la corriente (27%) y a la variación de voltaje en la resistencia (18%).

En el proceso de descarga también se muestran gráficos de diferencia de potencial en el condensador y en la resistencia sin presentar las funciones que las describen.

Respecto al tratamiento matemático en la muestra de textos seleccionados, es de destacar que de los 11 textos que abordan circuitos RC, 9 deducen, mediante integración o derivación, algunas de las ecuaciones particulares indicadas en las Tablas I y II, y sólo 2 las presentan (T8 y T9). En general, se realiza una presentación dominada por el instrumentalismo matemático, lo cual coincide con otros estudios, ya citados, de Furió y Guisasaola [1].

Con relación a la corriente que circula en un circuito RC en proceso de descarga, se encontró que los autores asignan signo positivo o negativo a dicha magnitud. El signo es asociado a dos cuestiones relacionadas entre sí: la carga en el capacitor disminuye con el tiempo, y en los circuitos en carga y descarga los sentidos de circulación de la corriente son opuestos.

Algunos autores que asignan a la corriente signo positivo, lo justifican poniendo énfasis en que la corriente y la variación de la carga en el condensador en el tiempo son de signo opuesto porque el condensador se está descargando (T5, T6, T7, T10 y T11).

En T5 se menciona que: "...Como la carga en el condensador va decreciendo y estamos tomando como positiva la corriente en el sentido de las agujas del reloj la intensidad de corriente es igual a la disminución de esa carga por unidad de tiempo." (T5, p.760), haciendo referencia a una figura semejante a la mostrada en la Fig. 2, en tanto que en T6 se establece que "...Si se llama i a la corriente en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (desde la placa positiva hasta la placa negativa)..." (T6, p. 629) utilizando un circuito como el que se muestra en la Fig. 3.

En ambos textos los autores asocian el sentido convencional de circulación de la corriente, que como ya se mencionó es contrario al de los electrones libres en un metal, con el sentido de recorrido de las agujas del reloj de una figura, lo cual potencia las dificultades en la comprensión del tema por parte de los estudiantes conllevando un esfuerzo intelectual poco fructífero.

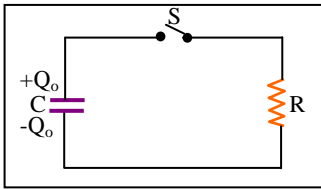


FIGURA 2. Circuito RC en descarga (T5, p. 760).

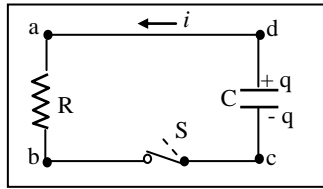


FIGURA 3. Circuito RC en descarga (T6, p. 629).

Ambos textos señalan que la intensidad de corriente es igual a la derivada de la carga con respecto al tiempo con signo negativo. El primero resalta que la intensidad de corriente es igual a la "...disminución de la carga por unidad de tiempo..." (T5; p760), en tanto que el segundo, con mayores detalles establece que: "El signo menos se debe poner porque i es positiva y dq/dt es negativo. El sentido que se le ha dado a i hace que ésta sea positiva, mientras que dq/dt es negativo porque la carga de las placas disminuye con t ". (T6, p. 629). Algo similar argumenta el autor de T7.

En el T10 (p. 230) dice: "En este circuito, la intensidad es la misma para todos los elementos (salvo el signo impuesto por las referencias) (refiriéndose al sentido de circulación de la corriente eléctrica en el condensador, el cual es opuesto al dibujado), por lo que a la vista de la Figura 8.1 (la cual muestra un circuito como el indicado en la Fig. 4), se tiene que en la resistencia es: (exhibe la Ec. 1)

$$i_R(t) = \frac{u_c(t)}{R} = \frac{U_0}{R} \cdot e^{-t/\tau}. \quad (1)$$

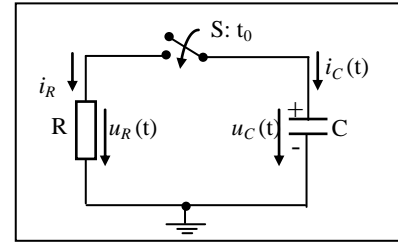


FIGURA 4. Circuito R-C sin fuentes (T10, p. 229).

Por último, en el T11 se trata de aclarar el desarrollo del tema incurriéndose en una innecesaria contradicción conceptual que puede deberse a un error de traducción, pero que a criterios de los autores puede derivar en errores de conceptualización, reforzando la frecuente confusión entre FEM y diferencia de potencial. En dicho texto, refiriéndose a una figura como la mostrada en la Fig. 5(b), se expresa: "Se notará que en este caso el condensador se comporta como una FEM (esto no es correcto) y la diferencia de potencial entre sus placas es lo que hace fluir la corriente. Pero no conviene (tendría que decir: no se debe) considerar al capacitor como una fuente ya que no convierte energía no eléctrica en eléctrica, sino que sólo transforma un modo de energía eléctrica en otro, al convertir la energía potencial del campo eléctrico entre sus placas, en energía cinética de deriva de los electrones en un circuito conductor. Sin embargo, en este caso la rapidez con que varía en el tiempo la carga en las placas es negativa, debido a que dicha carga disminuye continuamente en el tiempo.

Por tanto debe relacionarse el cambio (negativo) de carga dq con la corriente (que es positiva) mediante* $dq/dt = I'$ " (T11, p.755).

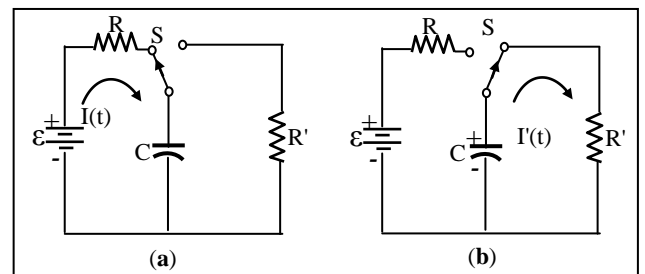


FIGURA 5. Circuito R-C en serie. En (a) la FEM produce la carga del capacitor a través de la resistencia R. En (b), el capacitor se descarga a través de la resistencia R' (T11, p. 755).

La nota al pie de página a la que remite -indicada con asterisco en el párrafo anterior- explica que $I = dq/dt$ relaciona el flujo de carga cuando se conecta una FEM al circuito, en cambio $I' = dq/dt$ (mostrada en la Fig. 5(b)) representa la corriente en el circuito generada por el

movimiento de las cargas acumuladas en las placas de un capacitor en el circuito, los cuales son conceptos diferentes.

Por otro lado, los autores que toman la corriente de descarga con signo negativo (T2, T3, T4, T9 y T12) lo justifican diciendo, de una manera u otra, que la corriente fluye en sentido opuesto al que tenía en el proceso de carga, lo que se refleja matemáticamente en el signo negativo de la derivada la carga respecto al tiempo. Sólo uno de ellos agrega: “La corriente i ahora es negativa: esto se debe a que la carga positiva q está saliendo de la placa izquierda del capacitor de la figura 23.26b (aludiendo a una figura semejante a la Fig. 6(b)), por lo que la corriente va en sentido opuesto al que se ilustra en la figura. En ese momento $t = 0$, cuando $q = Q_0$ la corriente inicial es $I_0 = -Q_0/RC$ ” (T4, p. 898. El énfasis en negrita corresponde a los autores de esta investigación).

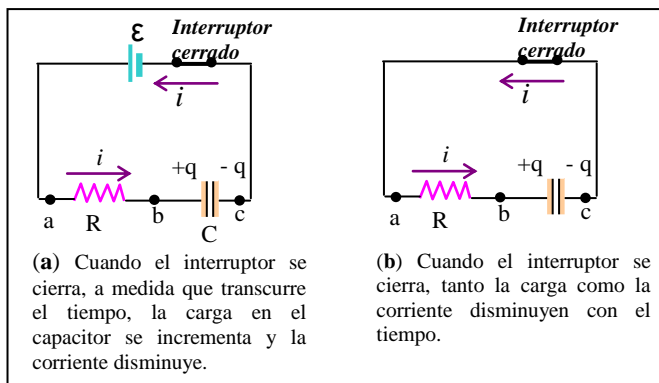


FIGURA 6. (a) Carga de un capacitor. (b) Descarga de un capacitor (T4, p. 896-899).

Ante la inconsistencia conceptual en el que incurre el texto -posiblemente acarreada por la convención adoptada para el sentido de circulación de la corriente eléctrica- al afirmar que “la carga positiva está saliendo”, y pensando que podría deberse a una inadecuada traducción, se consultó la misma obra en inglés [44, p.898], encontrándose que no es error de traducción. Físicamente, el condensador iniciará el proceso de descarga porque los electrones de la placa con carga negativa se desplazarán, por la resistencia y el alambre conductor, hasta el lugar de potencial más alto, es decir hasta la placa con carga positiva. Esto ocurrirá hasta que ambas placas queden con carga neta nula.

Además, es de destacar que las 78 imágenes contenidas en la muestra de textos analizados tienen un epígrafe que las describe, introduce nueva información, remite a determinadas secciones del texto y/o vincula los gráficos (en algunas ocasiones a ecuaciones) que se encuentran próximas a ellas. Según la categorización realizada en este estudio, dichas imágenes corresponden a 4 fotografías, 3 ilustraciones, 35 esquemas y 36 gráficos. Se aprecia que el 91% de las mismas basan su discurso visual en esquemas y gráficos (71/78), lo cual coincide con los resultados de otras investigaciones [22].

Casi la totalidad de los textos modela implícitamente el circuito como un sistema aislado y deduce algunas de las ecuaciones particulares a partir del principio de conservación de la energía, más precisamente aplicando la segunda ley de Kirchhoff.

En un único texto (T3), durante la resolución de un problema (28.11) se explicita que es posible resolver la situación problemática planteada mediante dos procedimientos diferentes: “El primero es **modelar el circuito como un sistema aislado**. Ya que la energía en un sistema aislado se conserva, la energía potencial eléctrica inicial U_c almacenada en el capacitor se transforma en energía interna $E_{int} = E_R$ en el resistor. El segundo planteamiento es **modelar el resistor como un sistema no aislado**. La energía entra al resistor mediante transmisión eléctrica desde el capacitor, lo que causa un aumento de energía en el resistor” (T3, p. 793. El énfasis en negrita corresponde a los autores de esta investigación). Cabe señalar que en ambos casos los autores analizan sistemas físicos diferentes.

En ninguno de los textos de la muestra seleccionada, en la sección correspondiente a circuitos RC en proceso de carga o de descarga, “se anticipa” el concepto de *corriente de desplazamiento* que se desarrollará, en general, en secciones posteriores. Este concepto, surgido de la necesidad de Maxwell de reformular la ley de Ampère, por ejemplo para analizar los procesos citados, en la mayoría de los textos se aborda al tratar la mencionada ley (T6, T10), los campos magnéticos inducidos o fuentes de campo magnético (T2, T4, T12) y ondas electromagnéticas-ecuaciones de Maxwell (T1, T3, T5, T7, T8, T9, T11). Mayores precisiones relacionadas con este tópico particular pueden consultarse en el estudio ya citado de Pocoví y Hoyos [11].

Los problemas resueltos relativos al tema de interés en los textos analizados totalizan 27. En ellos, 13 estudian el proceso de carga del condensador en un circuito RC, 8 el proceso de descarga del mismo elemento en el mencionado circuito y 6 abordan ambos procesos.

En próximos párrafos se presentan los resultados obtenidos del análisis de los enunciados de los problemas y sus respectivos procesos de resolución, según las tres categorías ya mencionadas. En la primera se incluyen, además, los resultados de la síntesis.

Modo de presentación de la situación problemática: En ninguno de los problemas analizados se discute el interés de la situación problemática. En la mayoría de los mismos (89%) el problema se presenta haciendo referencia a situaciones específicas de la disciplina, o a experiencias de laboratorio de enseñanza, aunque existen algunos casos (11%) en los que se hace a través de situaciones cotidianas y en ningún caso la presentación se realiza aludiendo al trabajo científico o estableciendo nexos entre CTS. Analizando el tipo de información que contienen los enunciados de los problemas se aprecia que la misma es mayoritariamente particular o cuantitativa (59%), es decir está referida a ciertas magnitudes de las cuales depende/n la/s respuesta/s a la/s consigna/s o pregunta/s realizada/s; en

Norah Giacosa, Silvia Giorgi, Jorge Maidana

el resto de los problemas la información es general o cualitativa (41%). En más de la mitad de los problemas (63%) la misma se presenta en forma simbólica (empleando símbolos tales como R para la resistencia, C para el condensador, t para el tiempo, etc.) y en menor cantidad (37%) en forma descriptiva a través de una explicación. La mayoría de los problemas (52%) hace referencia a figuras, pero sólo dos de ellos (8%) lo hacen a figuras particulares donde se muestran los valores de las magnitudes de las que dependen la/s respuesta/s; el resto (44%) remite a figuras ya utilizadas en los desarrollos teóricos previos. Existe un número importante de problemas (13 de 27) que no refiere a figura alguna.

En los 27 problemas resueltos el total de consignas es 67. De su análisis surge que los procedimientos solicitados se circunscriben a: cálculo numérico de variables, escritura de ecuaciones en función del tiempo, explicación del funcionamiento de aplicaciones prácticas de la vida cotidiana, demostración de relaciones energéticas entre elementos pasivos de los circuito RC y estimación numérica de una variable. El cálculo numérico de variables es el procedimiento más asiduamente solicitado; y como puede verse en la Tabla III representa el 83,6% del total de procedimientos citados.

TABLA III. Procedimientos surgidos del análisis de las consignas en los problemas resueltos (N=67). Frecuencias absolutas y porcentuales.

| Procedimientos | Frecuencia | Porcentaje |
|--|------------|------------|
| Cálculo numérico de variables | 56 | 83,6 |
| Escritura de ecuaciones en función del tiempo | 6 | 9,0 |
| Explicación del funcionamiento de aplicaciones prácticas de la vida cotidiana | 3 | 4,4 |
| Demostración de relaciones energéticas entre elementos pasivos del circuito RC | 1 | 1,5 |
| Estimación numérica de variable | 1 | 1,5 |

Mayores detalles de los 56 procedimientos identificados como *cálculo numérico de variables* se muestran en la Tabla IV.

TABLA IV. Variables surgidas del análisis del procedimiento cálculo numérico solicitado en los problemas resueltos (N=56). Frecuencias absolutas y porcentuales.

| Variables | Frecuencia | Porcentaje |
|-------------------------|------------|------------|
| Tiempo | 22 | 39,0 |
| Intensidad de corriente | 14 | 25,0 |
| Carga | 12 | 21,4 |
| Energía | 6 | 11,0 |
| Potencia | 1 | 1,8 |
| Resistencia | 1 | 1,8 |

Como puede apreciarse en ella, las tres consignas más frecuentemente explicitadas solicitan el cálculo del tiempo, la intensidad de corriente y la carga. Dichos tipos de consignas, en conjunto, representan el 85,4 % del total.

Aspectos involucrados en la resolución: Más de las tres cuartas partes de los problemas resueltos (81%) están definidos a través de una consigna o pregunta directa; el resto lo hace mediante una consigna abierta. Sólo en dos problemas se explicita el sistema físico en estudio presentándose algún tipo de discusión en sólo uno de ellos. En el 93% de los problemas resueltos no se explicita el modelo físico adoptado. La frecuencia con que se formulan hipótesis analíticas durante la resolución de los problemas (67%) es mayor que la correspondiente a las descriptivas (33%). En la mayoría de los problemas resueltos de la muestra (89%) se realiza una resolución formal utilizando ecuaciones generales o particulares, ya deducidas con explicación de las representaciones utilizadas, y en una minoría (3%) la resolución se realiza de manera argumentativa. Los resultados obtenidos en el proceso de resolución se presentan de maneras variadas, siendo ellas: numérica (56%), analítica (19%) y declarativa (11%). Existen algunos problemas (14%) que lo hacen mediante una combinación numérica y analítica. En ninguno de los 67 ítems de los 27 problemas analizados se solicita graficar. En un único problema (28.11, T12) se grafica la carga eléctrica y la intensidad de corriente en un circuito RC en proceso de carga para valores particulares de V_e , R y C , y se indica la ordenada de las mencionadas funciones para un tiempo igual a la constante de tiempo del circuito, como así también los valores máximos de carga e intensidad de corriente. No se presenta ningún tipo de análisis de los resultados en el 59% de los problemas. En el resto de los casos analizados en los que se efectúa algún tipo de análisis, el mismo es de carácter interpretativo (26%), o de validación ante el cuerpo de conocimientos, o ante la experiencia (15%).

Manera de formular otras perspectivas: En el 93% de los problemas analizados no se replantean otras formas o procedimientos de resolución distintas a las mostradas y/o la posibilidad de la adopción de otro/s modelo/s. Sólo en dos problemas (7%), se menciona la posibilidad de replanteo a través de la formulación de otras hipótesis y/o interrogantes. En un caso (T3, p. 793, problema 28.10), bajo el título *¿Qué pasaría si?*, se propone: *“¿Y si quiere describir el circuito en términos del intervalo de tiempo requerido para que la carga caiga a la mitad de su valor original, en lugar de hacerlo por la constante de tiempo τ ? Esto daría un parámetro para el circuito, llamado vida media $t_{1/2}$. ¿Cómo se relaciona la vida media con la constante de tiempo”*, y en otro (T6, p. 629, problema 25.6) se expresa: *“Suponga que se aumenta la sensibilidad en un factor de 100, hasta 0,01 por ciento de i_0 . ¿cuánto tiempo se debe esperar hasta que la corriente sea en efecto igual a cero? (La respuesta es el doble, alrededor de 20 ms, y no 100 veces más)”*.

Existe un único problema (T5, p. 766, 23.9) en el que al finalizar se menciona: *“Obsérvese que no podíamos utilizar*

la expresión $U = \frac{1}{2}QV$, a menos que determinásemos primero el potencial V , el cual también disminuye a medida que se descarga el condensador”, infiriéndose de este comentario que el autor sugiere la existencia de otro procedimiento de resolución distinto al mostrado.

El planteo de nuevos problemas, o preguntas no se presenta en el 63% de los casos analizados, se presentan explícitamente nuevas preguntas sin responderlas en el 11% de la muestra y con respuesta, a manera de nuevo problema a resolver, en un 26% de los problemas.

Respecto a los textos escritos correspondientes a los enunciados, es de destacar que se detectaron errores en dos de ellos. En un caso (T4, problema 23.13), la carga máxima se expresa en microfaradios -“... se da al capacitor una carga de $5,0 \mu F$...” (T4, p. 899)-, y en otro (T5, problema 23.10), se utiliza inadecuadamente la preposición “de” en lugar de “en” (“...al calor de Joule disipado en la resistencia” (T5, p. 762) siendo probable que esto último se deba a una deficiente traducción del inglés al español (no se pudo acceder a la edición original del texto en inglés). En un solo ítem de un problema resuelto (T2, problema 8, p. 151) se detectó un error en el procedimiento de resolución. El valor numérico calculado formalmente utilizando ecuaciones matemáticas con explicaciones, es incorrecto, pero la respuesta literal presentada a continuación es acertada. Acerca de las analogías utilizadas en los textos analizados, se encontró que en uno de los mismos (T3) se establece la comparación entre el tiempo requerido para que la carga de un condensador decaiga a la mitad de su valor máximo y el concepto de vida media en el decaimiento radiactivo de un núcleo inestable. Se define el parámetro vida media ($t_{1/2}$) y se establece la relación entre la misma y la constante de tiempo capacitiva del circuito RC ($t_{1/2} = 0,693\tau$). Es de resaltar que explícitamente dice: “El decaimiento radiactivo de una muestra inestable se comporta de una forma matemáticamente similar a un capacitor que se descarga en un circuito RC” (T3, p. 793).

En otro texto (T8) se dice: “En las aplicaciones de las ciencias biológicas relacionadas con el crecimiento de bacterias se utiliza una ecuación similar a las ecuaciones exponenciales que hemos encontrado en el análisis de los circuitos RC. Esta ecuación es: $N_f = N_i 2^n$, donde N_f es el número de bacterias presentes al final de un intervalo, N_i es el número presente inicialmente y n es el número de ciclos de crecimiento o tiempo de duplicación. Los tiempos de duplicación varían según el organismo de que se trate. El tiempo de duplicación de las bacterias *Salmonella* causantes de la intoxicación de alimentos es del orden de los 20 minutos” (T8, p. 593.).

En T5 (p. 766) se plantea: “Cuestión: Una piscina se llena mediante un sifón con agua procedente de un lago próximo. ¿En qué sentido es este proceso análogo a la carga de un condensador?”. La cual no es respondida en el final del capítulo, ni del texto.

Los resultados hallados en este estudio mostrarían que es muy escaso el número de analogías extendidas, lo cual concuerda con el estudio ya citado [25] en torno a las analogías presentes en los libros de texto de la ESO.

Entre las aplicaciones a la vida cotidiana, que podrían despertar el interés por el tema y resaltar la importancia de comprender lo que sucede en esta clase de circuitos se mencionan: cambio de luces de semáforos, luces de emergencia y de giro de los automóviles, flashes de cámaras fotográficas, marcapasos cardíacos, desfibrilador, protección de equipos informáticos, critrón- “dispositivo detonador de una bomba atómica, formada por un núcleo de uranio rodeado de una capa de explosivos” (T6, p. 766)- y limpiaparabrisas intermitente.

B. Los recursos TIC

La invención del limpiaparabrisas intermitente, mostrado en la Fig. 7, fue patentada originalmente en Estados Unidos en el año 1964. Dicho dispositivo fue mejorado o ampliado en los años 1967 y 1982, por el Ingeniero Robert William Kearns (10/02/1927, Gary, Indiana-09/02/2005, Baltimore, Maryland).

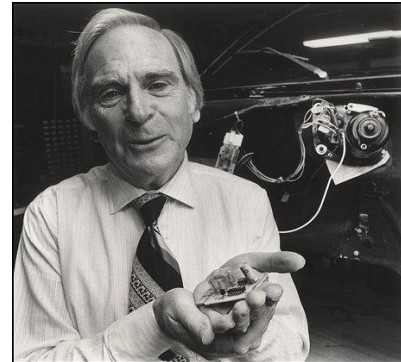


FIGURA 7. Robert Kearns.
Crédito Foto: *The Washington Post*.

Como ocurre con la mayoría de los inventos, la idea de fabricar un limpiaparabrisas intermitente para los automóviles, es casual. Proviene de un accidente ocurrido la noche de bodas del inventor, cuando el corcho de una botella de champagne lesionó su ojo izquierdo [45].

El parpadeo de los ojos para lubricar la retina, sumado a la disminución visual que lo aquejaba, lo llevaron a preguntarse si podría fabricar limpiaparabrisas que funcionarían de la misma manera, es decir que las escobillas se movieran a intervalos de tiempo regulares, en lugar de hacerlo continuamente.

Después de haber obtenido la patente, estaba dispuesto a montar su propia fábrica para proveer a las automotrices de este valioso invento. Si bien una automotriz se mostró interesada en un principio y solicitaron ver su producto, su propuesta fue rechazada. Pero poco tiempo después se incorporaron a los automóviles de esta compañía y de otras más. En 1978, Kearns demandó a varias compañías automotrices acusándolas de infracción de patente.

Una compañía trató de eludir el juicio ofreciendo un arreglo económico “que habría satisfecho al más celoso guardián de los derechos de autor” [46], pero el inventor lo rechazó y prosiguió con la disputa legal. Un tribunal federal

Norah Giacosa, Silvia Giorgi, Jorge Maidana de EEUU dictaminó, en 1990, que la compañía había infringido la patente de Kearns, pero que la infracción no había sido deliberada. La indemnización obtenida, tras ganarle la batalla a las dos compañías automotrices, fue menor que el primer arreglo ofrecido. Por esa época declararía: "Necesito el dinero, pero no es eso de lo que se trata. Me he pasado toda la vida en esto. Este caso no es sólo una prueba. Es sobre el significado de la vida de Bob Kearns" (Regadie, 1990, citada en [45]).

La disputa por el reconocimiento de su invento se trasformaría en una obsesión personal que terminaría arruinando su vida familiar y, posteriormente, su salud física y mental.

Inspirada en esta historia, puede verse la película "Flash of Genius" cuyos datos y Ficha para usos didácticos se presentan en la Tabla V. La Fig. 8, tomada de una escena de ella, muestra a Greg Kinnear (personificando al Ing. Kearns) junto a sus hijos durante el armado del circuito RC que realiza en el sótano de su casa.

TABLA V. Datos de la película y ejemplo de Ficha para usos didácticos.

| | | |
|--|---|---|
| TÍTULO ORIGINAL | <i>Flash of Genius</i> | |
| TÍTULO EN DVD | Destellos de Genios | |
| GÉNERO | Drama | |
| DIRECTOR | Marc Abraham | |
| DURACIÓN | 119 minutos | |
| AÑO | 2008 | |
| ACTORES | Greg Kinnear, Lauren Graham, Dermot Mulroney, Alan Alda, ect. | |
| <p>SINOPSIS: Película basada en la vida del Ing. Robert William Kearns, inventor del limpiaparabrisas intermitente. La película muestra la invención, los intentos realizados por el inventor para venderlo a las fábricas de automotores y la lucha iniciada por Kearns para lograr que las compañías automotrices reconocieran su invento. Se convirtió en un hombre obsesionado por la justicia y por el convencimiento de que el trabajo de su vida, o el trabajo de cualquiera, debe ser reconocido por aquellos que se benefician de él.</p> | | |
| INICIO | FINAL | ESCENAS |
| 7:20 | 8:35 | Ejemplos de inventos mencionados. Ética |
| 9:18 | 11:08 | Armado del circuito RC |
| <p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Investigar quiénes fueron los inventores de los ejemplos mencionados en la presentación de la clase de Ingeniería Eléctrica Mecánica realizada por el Ing. Robert Kearns, en qué contexto surgieron y para qué se utilizaron. -Asumir una postura crítica frente a su futura profesión -Describir el funcionamiento de un limpiaparabrisas intermitente. -Seleccionar al menos otras dos escenas de la película relacionadas con la ética y con cuestiones inherentes al dispositivo RC. | | |

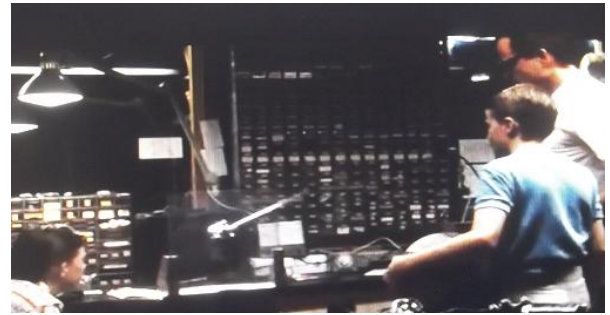


FIGURA 8. Imagen de *Flash of genius*.
Crédito Foto: Autores de la investigación.

Se sostiene que esta película brinda una excelente oportunidad para que los estudiantes por un lado conozcan una interesante aplicación de los contenidos que estudian y por otro, tomen conciencia de que el conocimiento científico no se encuentra aislado de cuestiones éticas y sociales, por el contrario las tensiones existentes en estos campos siempre han sido, y seguirán siendo, muy intensas.

Se presenta a continuación el análisis de dos simuladores con los cuales se pueden abordar los fenómenos de carga y descarga de un condensador, en un circuito RC en serie, alimentado por una batería de FEM constante.

La página *web*

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm> alberga el "Curso Interactivo de Física en Internet" desarrollado por Ángel Franco García, docente del Departamento de Física Aplicada de la Universidad del País Vasco (España).

El proyecto está dirigido a estudiantes del ciclo básico de Facultades de Ciencias y Escuelas de Ingeniería. Su objetivo es "mejorar la calidad de la enseñanza de Física con contenidos y enfoques innovadores" [47, p. 1].

El núcleo central del curso, según su autor, son los *applets* desarrollados para aprovechar la interactividad que otorga el uso de ordenadores en el proceso de aprendizaje de Física General. El curso, subsidiado por organismos oficiales, ha sido reconocido con premios y/o menciones y es uno de los más difundidos entre los usuarios de habla hispana, a tal punto que algunos autores lo catalogan como un clásico [31]. En la sección Novedades, se pueden encontrar las páginas que fueron ampliadas o mejoradas hasta su última actualización que, según se señala, corresponde a diciembre de 2010. Es de destacar que el curso completo se puede "bajar" libremente en un CD-ROM o instalarlo en una computadora (PC).

En el bloque temático correspondiente a Electromagnetismo existe una sección destinada al estudio de circuito RC de corriente continua. A él se accede mediante la siguiente dirección electrónica http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_electrico/rc/rc.htm.

La introducción tiene un desarrollo teórico con presentación de los modelos físicos involucrados, hipervínculos, esquemas, gráficos, ejemplos numéricos y una breve instrucción de cómo se utilizan los tres *applets*

disponibles en el sitio. En lo que sigue nos referiremos exclusivamente a los dos primeros que simulan los procesos de carga y de descarga de un condensador.

Las únicas dos variables que tiene el simulador con el cual se puede estudiar el proceso de carga del condensador son resistencia y capacitancia. Sus respectivos valores se pueden seleccionar moviendo el cursor o introduciéndolos manualmente en el recuadro destinado a ese propósito.

En el primer procedimiento, la resistencia admite valores comprendidos entre 1Ω y 9Ω ; y la capacitancia entre $0,1 \text{ F}$ y $0,9 \text{ F}$. Ambas variables admiten otros valores fuera del rango señalado si se los introduce manualmente. La fuente de corriente continua es constante y admite un solo valor igual a 10 V .

En la Fig. 9 se muestra la pantalla cuando la $R = 2,5 \Omega$ y $C = 0,85 \text{ F}$. Con el comando "Empieza" se inicia la experiencia, con "Pausa" se detiene y con "Paso" se reanima la experiencia a intervalos de tiempos constantes.

Cuando se hace "correr" la animación se puede apreciar: el circuito RC, el sentido convencional de circulación de la corriente eléctrica y cómo las placas del condensador inicialmente descargado (representada esta situación con las placas originalmente de color blanco), adquieren progresivamente cargas de polaridades opuestas. Utiliza los colores universales para representar el potencial positivo (rojo) y negativo (azul).

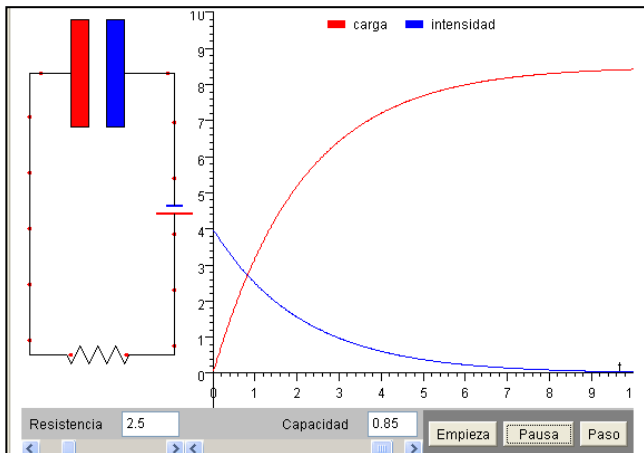


FIGURA 9. Proceso de carga de un condensador. Pantalla del simulador de Ángel Franco García.

A la derecha del circuito, el simulador grafica la carga del condensador y la intensidad de corriente eléctrica que circula en función del tiempo en el mismo sistema de coordenadas en distintos colores (rojo para la carga y azul para la intensidad de corriente).

Con el segundo simulador de la página indicada, se puede estudiar el proceso de descarga de un condensador previamente cargado. En él, la resistencia y la capacitancia son variables, admiten idénticos valores a los ya señalados; y la carga inicial del condensador se ha fijado en el

programa. En la Fig. 10 se muestra la pantalla para una experiencia concreta donde $R = 2,5 \Omega$ y $C = 0,85 \text{ F}$.

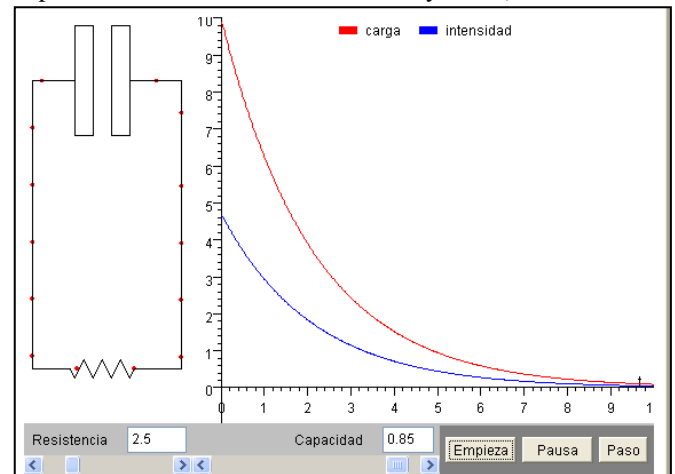


FIGURA 10. Proceso de descarga. Pantalla del simulador de Ángel Franco García.

Entre las cuestiones de aptitud para su uso en el aula se señalan:

- El manejo de ambos simuladores es simple, intuitivo y no insume tiempo extra en cuestiones técnicas.
- La variación progresiva de colores de las placas del condensador, en los procesos de carga y descarga, permite visualizar representaciones de los fenómenos físicos que facilitan la comprensión.
- Utiliza distintos colores para representar la carga y la corriente eléctrica en función del tiempo.
- La flexibilidad que tienen los simuladores permite plantear actividades cualitativas y/o cuantitativas. Las experiencias pueden ser elaboradas y propuestas por los docentes a sus alumnos, ajustándolas al contexto donde se pretenden introducir, o diseñadas por los alumnos en función de sus propias inquietudes y necesidades de aprendizaje individual.
- La pantalla se puede copiar y transportar a otros programas informáticos (procesador de texto, presentación, etc.) lo cual facilita la preservación de la información y la revisión de los procesos de experimentación.

En cuanto a las advertencias para su uso, se indican:

- La FEM constante que se puede usar en el proceso de carga es fija de 10 V . Para una $R = 2,5 \Omega$ y $C = 0,85 \text{ F}$, la carga máxima resulta de $8,5 \text{ C}$. Cuando se inicia el proceso de descarga, con los mismos valores de R y C , la curva parte de un valor inicial de $9,8 \text{ C}$, lo cual significa que el condensador fue cargado con una FEM de $11,53 \text{ V}$. Si bien los simuladores se presentan con una secuencia semejante a las experiencias reales que se realizan en los laboratorios de enseñanza, es de destacar que en los trabajos prácticos los valores de carga máxima alcanzada en el proceso de carga, y de carga inicial en la descarga, coinciden porque se usa una única FEM.

Norah Giacosa, Silvia Giorgi, Jorge Maidana

-Los valores de las variables numéricas con decimales se deben introducir con punto y no con coma para que sean reconocidas como tales.

-Cuando se introducen manualmente valores de resistencia y capacitancia fuera del rango preestablecido por los comandos de simulador, las gráficas de carga e intensidad de corriente en el proceso de descarga, en algunos casos, decrecen tan lentamente que parecen las correspondientes a una función lineal, lo cual podría generar confusiones en los alumnos.

-El signo asignado a los valores de corriente en el proceso de descarga en las graficas en función del tiempo es positivo. Esto coincide con el utilizado en algunos textos universitarios de uso habitual en las clases de Física (T5, T6, T7, T10, T11), pero difiere de otros autores (T2, T3, T4, T9, T12) que le asignan signo negativo.

V. REFLEXIONES FINALES

Se presentó un análisis de los textos universitarios de uso habitual en Argentina. La intensión de esta investigación, más que reunir sus imprecisiones o errores, ha sido mostrar algunos aspectos de lo que ellos transmiten a docentes y alumnos que los consultan. Los autores de esta investigación concuerdan con Carlos de Pro y Antonio de Pro [12] en que los libros de textos pueden ser una ayuda en el proceso de instrucción, siempre y cuando no sea considerado como el “único recurso”.

Los libros de texto universitarios que se utilizan mayoritariamente en Argentina han sido escritos por autores extranjeros para otros contextos y políticas educativas, no obstante, su influencia en los diseños curriculares teóricos argentinos de Física es innegable.

La presencia de ecuaciones y gráficos de variables relativas al comportamiento de circuitos RC en serie, en procesos de carga y descarga, en función del tiempo en dichos libros es variada, tal como se desprende de la lectura de las Tablas I y II. Se explicitan ecuaciones que describen la variación de la carga, la corriente y la diferencia de potencial -en el condensador y en la resistencia- en función del tiempo que no se representan gráficamente, y se muestran gráficas de algunas de dichas magnitudes en función del tiempo sin que se expliciten las ecuaciones correspondientes. Esto último, requiere la traducción de un lenguaje visual a otro verbal, que podría dificultar la comunicación, o incluso carecer de sentido para los alumnos y/o profesores que los consultan.

El número de textos de la muestra que toma la corriente en el proceso de descarga con signo positivo es igual al número de los que adoptan signo negativo. Las justificaciones para adoptar el signo positivo son heterogéneas, notándose que en dos textos el sentido de circulación de corriente se asocia con el sentido de giro de la agujas del reloj y las convenciones son opuestas. Se sostiene que este criterio dificulta generalizaciones y siempre debe estar acompañado de figuras que satisfagan ciertas condiciones iniciales para que dichas afirmaciones

sean adecuadas. En otros casos, el énfasis recae en la disminución de la carga en el condensador. Por otro lado, si bien las argumentaciones dadas por los autores a favor del signo negativo son más homogéneas, siempre hacen alusión a un sentido de circulación contrario al del proceso de carga; en uno de los textos se ha señalado la inconsistencia conceptual en la que incurre tanto en su versión en español o como en la original en inglés.

Las imágenes, las analogías, las aplicaciones a la vida cotidiana y las modelizaciones explícitas presentes en la muestra de textos universitarios son escasas.

Los problemas resueltos son mayoritariamente cuantitativos. De los 67 ítems solicitados, el 85,4% se concentra en el cálculo numérico de tres variables: tiempo, intensidad de corriente o carga; en tanto que los procedimientos identificados como demostración y explicación representan el 4% de los mencionados ítems. En ningún caso se solicita graficar variables -carga, corriente o diferencia de potencial- en función del tiempo.

La resolución de problemas de la muestra guarda escasa coherencia con las recomendaciones derivadas de algunos resultados de la investigación educativa -particularmente con los beneficios didácticos de aplicar una metodología de resolución de problemas denominada trabajo de investigación dirigida- lo cual concuerda con estudios realizados en otras áreas de Física [14, 15].

Los párrafos anteriores reflejan que la muestra de textos analizados, desde las limitaciones de la palabra escrita y las ilustraciones estáticas, cubren algunos de los aspectos del desarrollo de los contenidos relacionados con circuitos RC en el nivel universitario básico. Otros sentidos, aspectos y contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que colaboren con la formación integral de los estudiantes universitarios pueden abordarse utilizando adecuadamente las TIC. Con esta intencionalidad, se presentaron ejemplares de dos de estos recursos que cada vez se hacen más asequibles: video filmación y *applets*.

Los autores de esta investigación estiman que en un futuro no muy lejano, una cantidad de alumnos universitarios concurrirán a clases con sus *netbooks*. Estar preparados para el uso de *e-books*, simulaciones y otros recursos y/o informaciones a los que se accede libremente a través de Internet es un derecho, pero también una obligación si se pretende mejorar la calidad de la enseñanza universitaria de la Física.

Finalmente, si la lectura de este reporte promoviera la reflexión crítica necesaria para seleccionar materiales curriculares, cualquiera sea su índole o soporte, o promoviera investigaciones en torno a ellos, su propósito estaría cumplido.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto de investigación: UNaM CAI+D 2011 16/Q479, registrado en

la Secretaría de Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM.

REFERENCIAS

- [1] Furió, C. y Guisasola, J., *Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática*, Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento, *Revista Enseñanza de las Ciencias* **17**, 441-452 (1997).
- [2] Moya, P. C., *Aproximación al concepto y tratamiento de texto escolar*, *Cuadernos de Lingüística Hispánica* **11**, 133-152 (2008).
- [3] Gattoni, A. y Gangoso, Z., *Las instituciones formadoras de Profesores de Física: El formador de formadores*, Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en la Física, Salta, Argentina 533-539 (1995).
- [4] Giacosa, N. y Concari, S., *Tesis Posgrado: Los currícula de Física en las carreras de Ingeniería Química, Farmacia y Bioquímica*, Un estudio comparativo, Memorias del Séptimo Simposio de Investigadores en Educación en Física, Santa Rosa, Argentina 517-526 (2004).
- [5] Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A., *Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales*, El concepto de modelo didáctico analógico, *Enseñanza de las Ciencias* **19**, 231-242 (2001).
- [6] Campanario, J., *De la necesidad a la virtud: Cómo aprovechar los errores e imprecisiones de los libros de texto para enseñar Física*, *Enseñanza de las Ciencias* **21**, 161-172 (2003).
- [7] Carrascosa, J., *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte III)*, Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* **3**, 77-88 (2006).
- [8] Milicic, B., Jardón, A., Fernández, P. y Utges, G., *El trabajo de la fuerza de fricción en libros de texto universitarios*, *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 3619-3622 (2009).
- [9] Catalán, L., Caballero Sahelices, C. y Moreira, M., *Los libros de texto usados por los alumnos para el aprendizaje del campo conceptual de la inducción electromagnética*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **3**, 656-664 (2009).
- [10] Kofman, H. y Concari, S., *Dificultades conceptuales con la ley de Ampère*, Análisis bibliográfico y simulación como propuesta, Memorias del Quinto Simposio de Investigación en Educación en Física **1**, 82-90 (2000).
- [11] Pocoví, C. y Hoyos, E., *Traducción del sistema simbólico al lingüístico en la presentación de la corriente de desplazamiento en libros de texto de nivel universitario básico*, Memorias SIEF 9, Rosario, Argentina, 1-11 (2009).
- [12] de Pro, C. y de Pro, A., *¿Qué estamos enseñando con los libros de texto? La electricidad y la electrónica de tecnología en 3º ESO*, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* **8**, 149-170 (2011).
- [13] Solarte, M., *Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: Son consecuencia de la transposición didáctica*, *Revista ierEd* **1**, 1-12 (2006). <<http://revista.iered.org/v1n4/pdf/csolarte.pdf>> Consultado 13 mayo (2010).
- [14] Concari, S. y Giorgi, S., *Los problemas resueltos en los textos universitarios de Física*, *Enseñanza de las Ciencias* **18**, 381-390 (2000).
- [15] Pandiella, S., *Los problemas resueltos en libros universitarios ¿son un modelo a seguir?*, Memorias del Congreso Latinoamericano de Educación Superior en el siglo XXI, 1-6 (2003).
- [16] Gil, P. D., Furio, M. C., Valdes, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., Gonzalez, E., Dumas-Carre, A., Goffard, M. y Carvalho, A., *Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?*, *Enseñanza de las Ciencias* **17**, 311-20 (1999).
- [17] Massa, M., *La investigación en resolución de problemas*, Memorias del SIEF V, Santa Fe, Argentina. 1-12 (2000).
- [18] Pozo, M. J. y Gómez, C. M., *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, (Morata, Madrid España, 2000).
- [19] Perales, J. y Jiménez, J., *Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto*, *Enseñanza de las Ciencias* **20**, 369-386 (2002).
- [20] Fanaro, M., Otero, R. y Greca, M., *Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores*, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **4**, 1-24 (2005).
- [21] Aguilar, S., Maturano, C. y Nuñez, G., *Análisis de los tipos de respuestas de alumnos universitarios en la lectura de imágenes sobre movimiento*, *RELIEVE* **14**, 1-16 (2008). <http://www.uv.es/RELIEVE/v14n1/RELIEVEv14n1_3.htm> Consultado 3 mayo de (2011).
- [22] Otero, M. y Greca, I., *Las imágenes en los textos de Física: Entre el optimismo y la prudencia*, *Cad. Brás. Ens. Fís.* **21**, 35-64 (2004).
- [23] Oliva, J., *Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula*, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencia* **2**, 31-44 (2003).
- [24] Glynn, S., Taasobshirazi, G. & Fowler, S., *Analogies: Explanatory tools in web-based science instruction*, *Educational Technology* **47**, 45-50 (2007).
- [25] Fernández, G. J., González, G. B. y Moreno, J. T., *Hacia una evolución de la concepción de analogía: Aplicación al análisis de libros de texto*, *Enseñanza de las Ciencias* **23**, 33-46 (2005).
- [26] Otero, M., *¿Cómo usar analogías en clases de Física?*, *Cad. Cat. Ens. Fís.* **14**, 179-187 (1997).

Norah Giacosa, Silvia Giorgi, Jorge Maidana

[27] Silva, C., *The role of models and analogies in the electromagnetic theory: a historical case study*, Science & Education **17**, 7-8, 835-848 (2007).

[28] González, J., González, B. y Jiménez, T., *La modelización con analogías en los textos de ciencias de secundaria*, Revista electrónica EUREKA sobre Enseñanza de las Ciencias **2**, 430-439 (2005).

<<http://www.grupoblascabrera.org/didactica/pdf/Modelizacion%20analogias%20textos%20ciencias.pdf>> Consultado 5 mayo de (2010).

[29] Zamorano, R., Moro, L. y Gibbs, H., *Aproximación didáctica a la termodinámica con modelos y literatura de ciencia ficción*, Ciencia & Educação **17**, 401-419 (2011).

[30] García, V. A., *Educación y Tecnología (2009)*, <<http://web.usal.es/~anagv/arti1.htm>> Consultado 06 julio de (2011).

[31] Rodríguez, E., *El ordenador en la enseñanza de Física*, (Academia de Ciencias de la Región de Murcia, España, 2005).

[32] Lazo, L. y Pupo, E., *El uso de la computadora como herramienta de trabajo en el desarrollo del proceso pedagógico profesional*, Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación **3**, 73-86 (2010).

[33] Christian, W. y Esquembre, F., *Modeling Physics with Easy Java Simulations*, The Physics Teacher **45**, 475-480 (2007).

[34] Kofman, H., *Integración de las funciones constructivistas y comunicativas de las NTICs en la Enseñanza de la Física universitaria*, Revista de Enseñanza de la Física **17**, 51-62 (2004).

[35] Bouciguez, M. y Santos, G., *Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencias **7**(1), 56-74 (2010).

[36] Bohigas, X., Jaén, X. y Novell, M., *Applets en la enseñanza de la física*, Enseñanza de las Ciencias **21**(3), 463-472 (2003).

[37] Giacosa, N., Giorgi, S., Concari, S., *Applets para la enseñanza del electromagnetismo y la óptica*, Memorias del

Tercer Congreso Nacional de Ingeniería Industrial, Oberá, Argentina, 1-18 (2009).

[38] Franco, A., *Aprende física con "Prison Break"*, Revista Alambique **60**, 1-11 (2009).

[39] García, B. F., *Cuando los mundos chocan*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia **3**, 268-289 (2006).

<http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_2/Garc%EDa_Bor%E1s_2006.pdf> Consultado 5 mayo de (2010).

[40] Ezquerro, M. M. y de Pro Bueno, A., *Posibles usos didácticos de los espacios meteorológicos de la televisión*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **5**, 114-135 (2006).

[41] Perales, F., *Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las Ciencias*, Enseñanza de las Ciencias **24**, 13-30 (2006).

[42] Bardin, L., *El análisis de contenido*, (Akal, Madrid, 1996).

[43] Ander-Egg, E., *Métodos y Técnicas de investigación social, Vol. III: Cómo organizar el trabajo de investigación*, (Lumen, España, 2010).

[44] Young, H. & Freedman, R., *Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics*, 12th Ed. (Pearson Education, Pearson Addison-Wesley, San Francisco, United States of America, 2008).

[45] Schudel, M., *Accomplished, Frustrated Inventor Dies*, The Washington Post, February 26, Page B01 (2005). <<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A54564-2005Feb25.html>> Consultado 9 de noviembre de (2011).

[46] Rosique, K., *Robert Kearns, el genio rebelde de los limpiaparabrisas*, (Diario El Mundo, España, 2005). <<http://www.elmundo.es/elmundo/2005/03/07/obituarios/1110215919.html>> Consultado 9 noviembre de (2011).

[47] García, A., *El Curso Interactivo de Física en Internet. Los problemas y sus soluciones*, Revista de Enseñanza y Tecnología. (Septiembre-Diciembre), 5-14 (1999).

ANEXO

- T1.** Alonso, E. y Finn, E., *Física. Vol. II Campos y ondas*, (Fondo Educativo Interamericano S.A., Barcelona España, 1976).
- T2.** Halliday, D., Resnick, R. y Krane, K., *Física Vol. 2*, 4ta Ed. (Compañía Ed. Continental S.A., México, 1999).
- T3.** Serway, R. y Jewett, J., *Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna Vol. 2*, 7a Ed. (Cengage Learning Editores S.A., México, 2009).
- T4.** Young, H. y Freedman, R., *Física universitaria con física moderna, Vol. 2*, 12° Ed. (Pearson Educación, México, 2009).
- T5.** Tipler, P., *Física. Tomo 2*, 3ra Ed. (Editorial Reverté S.A., España, 1993).
- T6.** Gettys, E., Keller, F. y Skove, M., *Física para ciencias e ingeniería. Tomo II*, (McGraw Hill, México, 2005).

- T7.** Giancoli, D., *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Volumen II*, 4ta Ed. (Pearson Educación, México, 2009).
- T8.** Serway, R. y Faughn, J., *Física*, 5ta Ed. (Prentice Hall, México, 2001).
- T9.** Resnick, R. y Halliday, D., *Física. Parte 2*, 3a Ed. (Compañía Ed. Continental SA., México, 1990).
- T10.** Muíñez, J., Mur, F., Castro, M. y Carpio, J., *Fundamentos físicos de la ingeniería. Electricidad y Electrónica*, 1ra Ed. (McGraw Hill Interamericana de España S.A., España, 2009).
- T11.** McKelvey, J. y Grotch, H., *Física para ciencias e ingeniería. Tomo II*, 1ra Ed. (Harla S.A., México, 1981).
- T12.** Serway, R. y Beichner, R., *Física para ciencias e ingeniería. Tomo II*, 5ta Ed. (McGraw Hill Interamericana S. A., México, 2002).