

¿CÓMO PREPARAR LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRICIDAD?

Juan José Marrero Galván¹ – José Fernández González²

Grupo Blas Cabrera Felipe – GITEP. Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Educación. Universidad de La Laguna.

C/ Heraclio Sánchez 34. 38204. La Laguna. Santa Cruz de Tenerife Canarias España.

¹ jmargalp@gmail.com

² jofdez@ull.es

Resumen

Se presenta una visión global del trabajo de investigación acerca del pensamiento de los docentes del ciclo superior de Primaria y de la Educación Secundaria Obligatoria trabajando con materiales para construir un circuito eléctrico. Con una reflexión teórica experimental se trata de ayudar a los profesores a resolver las dudas planteadas. Se finaliza proponiéndoles una serie de recursos, con modelos analógicos del circuito eléctrico para que analicen las bondades y diferencias para su traslado al aula.

Palabras clave: Ciencias experimentales, formación y perfeccionamiento del profesorado, analogías.

Abstract

It is presented a global vision of the investigation work on the primary and secondary education teachers' thought who are working with materials in order to make an electric circuit. We try to help teachers to solve their doubts with an experimental-theoretical reflection. It is finished with a proposal of resources, analogical models of an electric circuit. Pros and cons in the classroom have to be analyzed.

Keywords: Experimental sciences, teacher formation and training, analogies.

1. Fundamentación

La electricidad es una de las áreas de la física que presenta más dificultades de aprendizaje y en una revisión de la literatura realizada por Dorneles¹ (2005), llevada a cabo en nueve revistas en la enseñanza de la física, encuentra 50 publicaciones sobre el tema en los últimos 20 años.

Sabemos por los trabajos de Shipstone² (1984) que las preguntas de los niños se centran a menudo en los mecanismos de cómo funcionan las cosas y que, en general, los

¹ DORNELES, P.F.T., ARAUJO, I.S. Y E.A. VEIT (2005). Circuitos elétricos: atividades de simulação e modelagem computacionais com o Modellus. En: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/circuitos>

² SHIPSTONE, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education*, vol. 6, 185-198.

libros de texto siempre aportan poco a la comprensión cualitativa del aprendizaje. Esto presenta un desafío de transposición didáctica para los profesores en el desarrollo de explicaciones adecuadas.

Muchos estudios indican que en la enseñanza de los circuitos eléctricos simples, los estudiantes incluso después de la instrucción formal no son capaces de analizar y predecir el comportamiento de las magnitudes físicas involucradas en dichos circuitos (Teixeira³, 2010). Esto es así, ya que la comprensión de los circuitos eléctricos lleva implícito el uso de una serie de términos que conllevan gran carga conceptual: voltaje, fuerza electromotriz (f.e.m.), diferencia de potencial (d.d.p.), generador, pila, energía, corriente, flujo, calor, etc. Son muchas las soluciones que se aportan para resolver conceptualmente el uso de estos términos, muy arraigados a pesar de la enseñanza formal (Duit⁴, 1985; Dupin⁵, 1987), comprobándose su detección en profesores de Física novales (Shipstone⁶, 1984), expresado el error, por ejemplo, así: *en una pila nueva hay almacenada cierta cantidad de corriente eléctrica que se consumirá, en los aparatos y elementos eléctricos conectados al circuito, con el paso del tiempo*

Un enfoque para el aprendizaje en este tema es el montaje de circuitos sencillos y su interpretación teórico experimental expresada en esquemas (Dupin⁷, 1985), otra posibilidad es a través del uso de analogías (Fernández⁸, 2001; Clement⁹, 2008), tratando de hacer más accesible a los alumnos lo que es esencialmente abstracto e intangible, ya que no puede verse, solamente se tienen las manifestaciones evidentes de

³ TEIXEIRA, P.; VEIT, E.; MOREIRA, M. (2010). A study about the learning of students who worked with computational modeling and simulation in the study of simple electric circuits. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9 N°3, 569-595.

⁴ DUIT, R. (1985). The meaning of current and voltaje in everyday language and consequences for understanding the physical concepts of the simple electric circuit. *Aspects of Understanding Electricity*, 205-214.

⁵ DUPIN, J. J. y JOSHSUA, S. (1987). Conceptions of french pupils concerning electric circuits and Evolution. *Journal of Research in Science teaching*, vol. 24, n° 9, 791-806.

⁶ SHIPSTONE, D. M. (1984). A study of children`s understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education*, vol. 6, 185-198.

⁷ DUPIN, J. J. y JOSHSUA, S. (1985). Teaching electricity: interactive evolution of representations, models and experiments in a class situation. *Aspects of Understanding Electricity*, 331-342.

⁸ FERNÁNDEZ, J; PORTELA, L.; GONZÁLEZ, B. Y ELORTEGUI, N. (2001). *Las analogías en el aprendizaje de la Física en Secundaria*. I Congreso Nacional de las Didácticas Especiales. Vol. II Actas del Congreso, 1901-1914. Granada. ISBN: 84-8491-006-7.

⁹ CLEMENT, J. Y STEINBERG, M.S. (2008). Case Study of Model Evolution in Electricity: Learning from Both Observations and [Analogies](#). *Model Based Learning and Instruction in Science, Models and Modeling in Science Education*. Springer. pg. 103-116.

"eso" (por ejemplo, que una bombilla da luz al colocarla de cierta manera en un circuito eléctrico simple).

2. Propuesta de la investigación

El trabajo se plantea en varias etapas que tratan de resolver, para el docente, varias cuestiones secuenciadas:

- ¿Qué es lo que desconocen los docentes desde su perspectiva para montar un circuito eléctrico?
- ¿Cómo pueden explicarse las dudas teóricas que se plantean cuando pretender razonar sobre la experimentación?
- ¿Cómo adecuar el discurso para los alumnos utilizando analogías apropiadas?

La primera etapa trata de averiguar qué es lo que cree el docente que sucede en una experimentación sencilla, de la que pueda hacer una propuesta a sus alumnos, para de esta forma conocer cuáles son sus propias dudas conceptuales, didácticas, de la transposición de los conceptos desde su óptica a la de los alumnos, de interpretación del experimento, etc. Para ello, dispone de los materiales necesarios para hacer un circuito, realizándose una grabación en audio de las conversaciones de todos y cada uno de los grupos formados.

En la segunda etapa se pretende seguir una metodología de descubrimiento experimental guiado, con el montaje de una serie de actividades y experiencias (experimentos solapados con cuestiones) que puedan dar explicaciones, al propio profesor asistente, de muchas de las preguntas que se habían hecho en la etapa anterior. Consiste en una reflexión teórico práctico-experimental para explicar a quién asignar la denominación de cátodo y ánodo, qué sucede en cada uno de ellos, qué es una pila, cómo funciona el circuito, qué papel tienen los electrones, cuál es el sentido de la corriente, etc.

En la tercera etapa se presentan al profesorado recursos analógicos para explicar el circuito eléctrico. Así se muestran alguna de las analogías más frecuentes presentadas en la bibliografía, para que hagan un análisis de su idoneidad para explicar el c. e. a sus alumnos. Las analogías propuestas han sido:

- 1 Símil hidráulico / corriente eléctrica
- 2 Circuito calefacción / circuito eléctrico
- 3 Botellón de agua y tubos plásticos / circuito eléctrico
- 4 Sistema circulatorio humano / circuito eléctrico
- 5 Grupo de individuos moviéndose / corriente eléctrica

3. Desarrollo

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Facultad de Educación (Universidad de La Laguna), el grupo formado por 24 profesores de primaria y secundaria se reunieron durante siete sesiones de cuatro horas de duración cada una, realizando cada sesión con un cierto distanciamiento temporal de la siguiente.

Durante la ejecución de las dos primeras sesiones, que denominamos primera etapa, se mantenían reuniones específicas con los distintos grupos formados (6 grupos

de 4 profesores), para conocer las dudas conceptuales y solventar su inquietud reflexiva en torno a los circuitos eléctricos sencillos.

Se distanció temporalmente el intervalo de la primera a la siguiente etapa, lo suficiente para permitirnos recopilar la colección de preguntas o dudas que habrían de sistematizar cada pequeño grupo de trabajo; posteriormente se une a este dossier las contribuciones de cuestiones resultantes del estudio de las grabaciones audio que se hacían en paralelo en cada grupo de profesores asistentes.

Superada la primera fase se afrontó la segunda etapa; en ésta, el trabajo era eminentemente reflexivo y experimental, con un fuerte apoyo directivo en las pautas del montaje del material y en ir solventando, sobre la marcha, las explicaciones del experimento o de las dificultades planteadas. En esta fase el ritmo de cada grupo era muy diferente al de los demás, así como las necesidades de apoyo; esto ocasionó que la etapa se prolongara más de lo previsto.

La tercera etapa resultó muy participativa para los asistentes, aunque mostraban cierta predilección por determinados modelos analógicos, a los que dedicaban una mayor atención para adecuarlo a sus materiales de aula. Fue en esta fase donde solicitaron mayor documentación bibliográfica para cumplimentar sus aplicaciones didácticas.

4. Resultados y reflexiones finales

En la primera etapa se obtiene una recopilación de innumerables dudas del profesorado que se han estructurado por apartados:

- Situaciones generales acerca del circuito eléctrico.
- Flujo de electricidad.
- Batería.
- Bombilla.

Nos preocupa la organización de lo que sabe el docente, más que lo que pueden transferir de conocimientos. Resulta sorprendente que el profesor necesite un “protocolo” conceptual de electricidad práctica, para actuar con confianza con los alumnos. Este hecho remodeló los planteamientos con que se organizó la secuencia de formación con que se continuaría en adelante.

Los aspectos materiales y energéticos suelen solaparse en el discurso de alumnos (también de profesores y textos) llegando a expresarse erróneamente, como se ha puesto de manifiesto en distintas manifestaciones. Esta cuestión la hemos abordado desde distintas ópticas para solucionarlo didácticamente y, desde nuestro punto de vista, sólo se puede conseguir remediarlo acudiendo continuamente al balance energético para constatar la conservación de la energía.

Algunos autores proponen el uso del voltaje como el concepto primario de los circuitos de corriente continua (Rhoneck¹⁰, 1985; Psillos¹¹, 1988), a nosotros nos resulta más eficaz (por ser partidarios del balance energético) utilizar los aportes y consumos

¹⁰ RHONEK, C.V. (1985). The introduction of voltage as an independent variable, the importance of preconceptions, cognitive conflict and operating rules. *Aspects of Understanding Electricity*, 275-286.

energéticos en cada elemento del circuito, con la consiguiente conversión del voltaje a significados energéticos.

Las dificultades detectadas han sido: a) falta una idea global del circuito para explicar el flujo de corriente (el flujo suele confundirse con fluído), b) falta habilidad para pasar del problema o circuito real a formalizarlo en un esquema y en una ecuación, y recíprocamente; c) hacer práctica la idea teórica que se tiene, o teorizar la práctica real de un circuito en el que están trabajando d) tratar el circuito en términos energéticos (relacionados con la fuerza electromotriz, con la diferencia de potencial, con la resistencia e intensidad, con la potencia de una bombilla, etc.)

A pesar de los esfuerzos de análisis y reflexión introspectiva de cada individuo, presuámamos la persistencia de ciertos errores, por lo que se planificaron actividades teórico experimentales avaladas por diversa investigaciones (Cohen¹², 1985; Fredette¹³, 1980; Shipstone¹⁴, 1985; Varela¹⁵, 1993), que presentan una serie de actividades para superar los resultados de la investigación del circuito eléctrico. Esto llevó a diseñar una secuencia pormenorizada para solventar la confusión terminológica, en el sentido de utilizar adecuadamente corriente, energía, voltaje, diferencia de potencial, potencial, intensidad, flujo de electricidad, etc.

En la segunda etapa encontramos al profesor reflexivo, científico y pensador, así como la faceta de investigador inherente en muchos profesores de ciencias, al tomar contacto con la interpretación razonada del experimento (momento en que más necesita la codirección del experto en didáctica). Muchos comentarios insisten en cómo han vivenciado el experimento y lo interesante que resultaba detectar la dificultad de explicar lo que sucede en el laboratorio en consonancia con la teoría, así como conocer la parte de convenios de la electricidad (novedoso para algunos de ellos).

En la tercera etapa se pone de manifiesto la importancia de las analogías para la docencia en el circuito eléctrico, pero a su vez, les hace meditar acerca de la necesidad de la preparación previa de los materiales en sintonía y acorde al nivel de los alumnos,

¹¹ PSILLOS, y col. (1988). Voltaje presented as a primary concepts in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal os Science Education*, vol. 10, nº 1, 29-43.

¹² COHEN, R. (1985). Pottential difference and current in simple electric circuits: a study of student`s concepts. *American Journal Physics*, vol. 51, 407-412.

¹³ FREDETTE AND LOCHHEAD, J. (1980). Students conceptions of simple circuits. *The Physics Teacher*, vol.18, 194-198.

¹⁴ SHIPSTONE, D. Y GUNSTONE, J. (1985). Teaching children to discriminate between current and energy. *Aspects of Understanding Electricity*, 287-298.

¹⁵ VARELA, P.; FAVIERES, A.; MANRIQUE, M^a J. Y LANDAZABAL, M^a C. (1993). Iniciación a la Física en el marco de la teoría constructivista. *Ministerio de Educación y Ciencia*, C.I.D.E. Dir Gral Renov. Pedag. Madrid. ISBN: 84-369-2440-1.

porque las limitaciones que presentan algunas analogías puede hacer que algunas de ellas sean incluso inapropiadas por inducir a errores conceptuales en los alumnos.

Encuentran que no existe una analogía que pueda explicar la evidencia empírica de todos los aspectos de un circuito eléctrico, sino que por el contrario, algunas de ellas son muy apropiadas para comprender sólo alguna de las partes de cómo acontece el fenómeno eléctrico.

Esto plantea una cuestión muy importante, acerca de cuál puede ser la mejor manera de apoyar a los profesores en fomentar el aprendizaje, para promover la comprensión cualitativa de lo que sucede en los circuitos eléctricos, es decir, concentrarse en aprender “sobre” la electricidad. Comprender los circuitos requiere tratar con un conjunto de conceptos relacionados entre sí como la idea de energía, su conservación, la resistencia a la transformación y la transferencia de energía. No sin dejar de mencionar la concepción de calor, temperatura, energía en tránsito, energía acumulada, y un largo número de convenios universalmente aceptados.

Con los términos de energía, calor, temperatura, corriente, y flujo (confundible con fluido) sin distinguir adecuadamente, los aspectos materiales y energéticos suelen solaparse en el discurso de los alumnos (también de profesores y textos) llegando a expresarse erróneamente así: “*el fluido puede transformarse desde un aspecto energético y conservarse desde un punto de vista material*”, también coherente con la idea de que la corriente que esta almacenada en la pila se “*gasta*” porque es un depósito de fluido.

Coincidiendo con Heywood¹⁶ (2010), nuestros resultados indican que cuando se crean conflictos a los profesores con sus ideas preconcebidas sobre el funcionamiento de un circuito, hay un bloqueo a generar preguntas. Todo lo contrario ocurre con los profesores que tenían ideas menos formalizadas en electricidad. En este último caso, la afluencia de preguntas fue mayor tanto en cantidad como en profundidad

Los resultados de las investigaciones parecen indicar que el uso de las analogías, facilita a los estudiantes la comprensión de los circuitos eléctricos (Clement¹⁷, 2008), siempre que se resuelvan algunas limitaciones; esto es cuando: a) la semejanza entre el análogo y el tópico no es conceptualmente apreciable, b) el análogo no suele ser familiar y suficientemente conocido y c) la transferencia de conocimiento para el estudiante no es fácil por su desarrollo psicoevolutivo.

Coincidimos con Hierrezuelos¹⁸ (1991) y Glinn¹⁹ (1995) en que sólo en aquellos casos en que se había dicho explícitamente cómo había que utilizar la analogía se encontraban diferencias notables en los resultados obtenidos. Esto es importante porque

¹⁶ HEYWOOD, D. y PARKER, I. (2010). The Role of [Analogies](#) in Learning. *The Pedagogy of Physical Science*, pgs 39-64, Cap.3 The Pedagogy of Physical Science, Science & Technology Education Library, Vol. 38, Springer Science Netherlands.

¹⁷ CLEMENT, J. Y STEINBERG, M.S. (2008). Case Study of Model Evolution in Electricity: Learning from Both Observations and [Analogies](#). *Model Based Learning and Instruction in Science, Models and Modeling in Science Education*. Springer. pg. 103-116.

¹⁸ HIERREZUELO, Y MONTERO (1991). *La Ciencia de los alumnos*. Editorial Elzevir. Málaga.

muestra que un docente sin experiencia en el trabajo de circuitos eléctricos no se da cuenta del significado de una analogía relevante, cuando ésta podría ofertarle una solución para el problema que está tratando de resolver. Los modelos hidráulicos no son de fácil comprensión y exigen un tiempo para familiarizar a los alumnos con ellos; no es nada evidente que los alumnos atribuyan a la diferencia de presión el flujo de agua en la conducciones, esto lleva tiempo, y no se puede olvidar que el objetivo no es el aprendizaje de los modelos sino la comprensión del funcionamiento de los circuitos eléctricos.

Por último y como futura investigación, creemos que sería interesante estudiar las actividades que realiza el docente para introducir los nuevos comentarios en sus respectivas aulas.

¹⁹ GLYNN, S., DUIT, R. Y THIELE, R. (1995). Teaching science with analogies: A strategy for constructing knowledge. *Learning science in the schools: Research reforming practice*. En S. GLYNN & R. DUIT (Eds.), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 247-273.