

Actividades de enseñanza-aprendizaje con un programa de simulación de circuitos eléctricos

Alfonso Pontes Pedrajas

Universidad de Córdoba

En esta propuesta de trabajo se presentan varias Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEAs), dirigidas a realizar actividades de indagación en el aula sobre circuitos eléctricos de corriente continua, que permitan a los estudiantes (o alumnos y alumnas en general) comprender mejor el modelo básico de corriente eléctrica, con ayuda del laboratorio virtual PHET-DC, disponible en el enlace siguiente:

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/circuit-construction-kit-dc>

Hay que indicar que los comentarios sobre las ideas previas y modelos explicativos del alumnado que se incluyen en cada actividad provienen de los datos empíricos recogidos en varias experiencias educativas con estudiantes de la materia de Física de primer curso de Ingeniería o de las asignaturas de Tecnología de cuarto curso de ESO y de Física-Química de primer curso de Bachillerato (contando para ello con la colaboración de varios profesores de enseñanza secundaria y de varios estudiantes del Máster de Profesorado de Enseñanza Secundaria, de las especialidades de Tecnología y de Física-Química, durante la fase de prácticas del máster en centros docentes, tutorizados por los citados profesores). Todas las actividades planteadas en esta propuesta educativa también se pueden reproducir en un laboratorio real de física o en un aula taller de tecnología, o incluso se pueden realizar como experiencias caseras si el estudiante dispone de una pila, algunos portalámparas y lámparas, además de varios cables de conexión. Sin embargo, el laboratorio virtual utilizado en esta propuesta presenta la ventaja de permitir visualizar a los estudiantes el mayor o menor brillo de las lámparas en cada montaje, el movimiento simulado de los portadores de carga eléctrica en cada cable de conexión o la intensidad de corriente que circula en cada rama del circuito, de modo que el proceso de aprendizaje resulta más intuitivo y enriquecedor.

SEA-0: Actividades de introducción a los circuitos de corriente continua

Esta secuencia está indicada para iniciar el estudio de los circuitos eléctricos en el segundo ciclo de enseñanza secundaria obligatoria, pero también se puede utilizar en niveles educativos posteriores (bachillerato o primer curso de universidad), si tales alumnos no han estudiado previamente el tema de la corriente eléctrica y sus principales efectos. En esta secuencia inicial se incluyen varias actividades destinadas a explorar la noción de circuito eléctrico básico y las condiciones necesarias para que se transmita la corriente eléctrica en un circuito simple, destacando la importancia de disponer de un generador eléctrico (pila o batería) que proporcione energía a los portadores de carga y que el circuito esté cerrado. También es útil analizar qué tipo de materiales permiten el paso de la corriente eléctrica y cuáles lo impiden. Ambos aspectos son esenciales para comenzar a reconstruir el modelo científico de corriente eléctrica en circuitos simples.

A0.1. Si se dispone en un laboratorio virtual (o en un laboratorio real) de una pila, varios cables, un portalámparas y una bombilla, indicar cómo se deben colocar tales elementos para conseguir que la bombilla pueda iluminarse. Dibujar mediante flechas el sentido de circulación de la corriente eléctrica por el sistema cuando brilla la bombilla y explicar brevemente el funcionamiento de este.

Con esta actividad inicial se pretende que los estudiantes lleguen a explicitar sus concepciones previas sobre la noción de circuito, ya que pueden utilizar modelos mentales de carácter alternativo como son el *modelo unipolar* (bombilla conectada a la pila mediante un solo cable), el *modelo de corrientes antagónicas* (bombilla conectada a los polos de la pila mediante dos cables por los que circulan corrientes de carga positiva y de carga negativa en sentido opuesto desde cada polo) o el *modelo de consumo de corriente* (bombilla conectada a los polos de la pila mediante dos cables por los que circulan corrientes de igual sentido y diferente intensidad, al considerar que hay un “gasto de corriente” para poder encender la bombilla). Conviene explicitar la existencia de estas concepciones alternativas para poder empezar a construir el modelo básico de corriente eléctrica, que requiere montar un circuito cerrado en el laboratorio virtual (o real), conectando una pila o generador de corriente continua con dos cables de conexión a los extremos del casquillo de una bombilla, para apreciar los efectos luminosos de la corriente al pasar por la lámpara.

A0.2. Si además de los elementos antes citados (pila, cables, portalámparas y bombilla) se dispone en un laboratorio virtual (o en un laboratorio real) de otros elementos conectables al sistema, indicar cuál sería el comportamiento del circuito cuando se van intercalando de forma consecutiva, entre la pila y la bombilla, los siguientes objetos en dos fases distintas:

(A) Primera fase: A1) interruptor cerrado; A2) clip; A3) moneda; A4) fusible; A5) lápiz; A6) resistencia pequeña

(B) Segunda fase: B1) interruptor cerrado; B2) billete de papel; B3) borrador de goma; B4) la mano de una persona; B5) una resistencia grande

Esta tarea está destinada a explicitar las concepciones previas de los estudiantes sobre distintos tipos de materiales eléctricos y el diferente comportamiento de conductores y aislantes (o dieléctricos), en relación con la transmisión de corriente eléctrica en circuitos simples, ya que muchos estudiantes no tienen clara esta diferencia. Por ello conviene explicitar la existencia de posibles modelos mentales alternativos sobre tales materiales y comprobar sus hipótesis previas en un laboratorio virtual (o real).

A0.3. ¿Cuáles son las condiciones necesarias para que circule una corriente permanente en un circuito eléctrico? ¿Todos los materiales permiten el paso de corriente eléctrica? ¿Qué tipo de materiales pueden formar parte de un circuito eléctrico?

Tras el desarrollo de estas primeras actividades es importante que los estudiantes lleguen a comprender que la corriente eléctrica sólo circula en un circuito cerrado integrado por diferentes tipos de medios conductores (pila, cables, bombilla, clip, moneda, resistencia...) y que los aislantes (como la goma, el papel o el aire) no permiten el movimiento de portadores de carga eléctrica por su interior. El uso del laboratorio virtual en un circuito simple que sólo incluye medios conductores también ayuda a comprender cómo circula la corriente eléctrica en un circuito, tanto en lo que se refiere al flujo de intensidad de corriente (modelo convencional) como a la visualización del transporte de portadores de carga (electrones en movimiento). Por el contrario, al introducir un material aislante (o un interruptor abierto) en una rama del circuito permite apreciar en el laboratorio virtual que no hay movimiento de carga eléctrica en dicha rama.

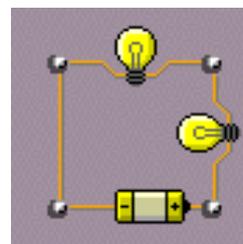
SEA-1: Circuitos básicos en serie

Esta secuencia está indicada para comenzar a explorar el funcionamiento de circuitos eléctricos simples formados por varias lámparas, conectadas en serie a una pila, con ayuda del laboratorio virtual, en cuarto curso de la ESO o en primer curso de Bachillerato, si los alumnos no han estudiado

previamente este tema. Así mismo, esta secuencia se puede utilizar como repaso de conocimientos previos o como introducción al tema de circuitos para los alumnos que acceden a carreras de ciencia o ingeniería sin haber recibido una formación adecuada sobre esta temática, cosa que por desgracia es bastante frecuente. La secuencia incluye un conjunto de actividades necesarias para comprender el modelo básico de corriente eléctrica y las relaciones entre algunas magnitudes importantes como la energía eléctrica, el voltaje o diferencia de potencial, la intensidad de corriente, la resistencia eléctrica de cada elemento y la resistencia total del circuito.

Aunque a primera vista esta secuencia parece muy sencilla, algunas de las cuestiones planteadas requieren que los alumnos tengan claras los elementos principales del modelo básico de corriente eléctrica y que apliquen las ideas claves específicas del sub-modelo de circuito en serie como son las siguientes: 1) La resistencia eléctrica total de un circuito en serie es igual a la suma de las resistencias asociadas en el mismo; 2) La intensidad de corriente que circula por un circuito en serie es la misma en todos los elementos; 3) El valor de la intensidad de corriente del circuito depende del voltaje o diferencia de potencial que suministra la pila (considerada como un generador ideal sin resistencia interna) y de la resistencia eléctrica total del circuito; 4) El voltaje que suministra la pila es igual a la suma de los voltajes de cada una de las resistencias y tales voltajes verifican la ley de Ohm ($V_R = I.R$).

A1.1. Dos bombillas eléctricas iguales (de resistencia $R = 10$ ohmios) se conectan en serie con una pila de $V_o = 10$ V. ¿Brillarán lo mismo ambas bombillas o de forma diferente? ¿Por qué?



En esta sencilla actividad se trata de indagar sobre el funcionamiento de un circuito formado por dos lámparas iguales, conectadas en serie a una pila de corriente continua, que se considera como un generador ideal de tensión (voltaje fijo igual a su fuerza electromotriz y resistencia interna nula). Cuando los estudiantes (de diferentes niveles educativos) emiten sus hipótesis en torno al brillo de tales lámparas en serie, se ha observado que muchos de ellos tienden a usar el modelo alternativo de consumo de corriente, creyendo que la primera lámpara brilla más, porque la corriente se va “gastando”, lo cual no es cierto. Cuando usan un laboratorio virtual (o también real) para estudiar el funcionamiento de este montaje tan sencillo, pueden comprobar visualmente que circula la misma intensidad de corriente (o el mismo flujo de portadores de carga) por todo el circuito y que las dos lámparas brillan igual. Este es un buen momento para que el profesorado comente que las bombillas presentan igual luminosidad, porque circula la misma intensidad de corriente en ambas, al tratarse de un circuito en serie. También conviene recordar la diferencia entre la energía eléctrica y la intensidad de corriente que se transmiten en el circuito, ya que la intensidad de corriente permanece constante, mientras que la energía eléctrica que se origina en el generador se va disipando o transformando en otras formas de energía en los diferentes elementos del circuito.

A1.2. Si se duplica el voltaje de la pila, indicar si cambia o no cambia el brillo de tales bombillas y justificar la respuesta

Antes de desarrollar esta actividad los estudiantes deben exponer previamente sus hipótesis sobre el papel que desempeña el generador y el voltaje (o energía eléctrica por unidad de carga) que proporciona al circuito. También deben reflexionar sobre el efecto que produce el aumento de voltaje en la intensidad de corriente eléctrica (ley de Ohm) y en la potencia disipada en cada lámpara (por efecto Joule). Respecto a los cambios que se producen en el brillo de las lámparas al aumentar el voltaje de la pila, muchos estudiantes predicen desde el principio un aumento del brillo de las lámparas, pero apenas utilizan argumentos científicos para justificar esta hipótesis. Al utilizar el laboratorio virtual (o real) pueden comprobar dicha predicción y muchos de ellos utilizan la ley de Ohm como argumento

principal, indicando que las dos lámparas brillan más porque al duplicar el voltaje de la pila, sin cambiar la resistencia del circuito, la intensidad de corriente aumenta por igual en ambas lámparas y también brilla con más potencia.

A1.3. Si se mantiene constante el voltaje de la pila y se duplica la resistencia de la segunda bombilla, indicar si cambia o no cambia el brillo de tales bombillas y justificar la respuesta

Al analizar las predicciones que hacen los estudiantes acerca de cómo cambia el brillo de ambas bombillas al mantener constante el voltaje de la pila y duplicar la resistencia de la segunda bombilla, se aprecian bastantes hipótesis alternativas porque inicialmente muchos creen que disminuye el brillo de ambas lámparas. También es frecuente encontrar ideas compatibles con el modelo alternativo de consumo de corriente y, sobre todo, con el uso abundante de razonamientos de tipo local y secuencial. Los estudiantes usan tales modelos de razonamiento cuando se centran sólo en los cambios ocurridos en un elemento concreto del circuito, o cuando parecen ignorar que el circuito es un sistema físico interconectado y que los cambios afectan por igual a todos los elementos de este, tanto a los que están delante o a los que están detrás del elemento en el que se modifica una variable independiente. Tras usar el programa de simulación para implementar esta tarea la mayoría de los estudiantes indican que disminuye el brillo de ambas lámparas y que la primera lámpara brilla menos que la segunda porque aprecian visualmente tales cambios. Este es un buen momento para que el profesorado les ayude a interpretar correctamente el fenómeno observado, aplicando la ley de Ohm y la segunda ley de Kirchoff para exponer una respuesta acorde con el modelo científico global de corriente eléctrica y el submodelo de circuito en serie.

A1.4. Si se funde la segunda bombilla, indicar qué ocurre en el circuito y en el brillo de tales bombillas, justificando la respuesta

Antes de realizar esta actividad es conveniente que los estudiantes realicen predicciones sobre lo que ocurre en el circuito si se rompe la segunda bombilla. La mayoría de ellos indican que dejan de brillar todas las lámparas del circuito, aunque algunos creen que sigue brillando la primera bombilla o que lo hace durante algún tiempo, poniendo de manifiesto que no han asumido todavía la necesidad de un circuito cerrado para que circule la corriente. También hay bastantes estudiantes que mantienen ideas relacionadas con modelos alternativos de razonamiento local y secuencial, porque no acaban de comprender que los circuitos eléctricos son sistemas físicos interconectados en los que las magnitudes experimentan cambios instantáneos al modificar cualquier variable independiente. Sin embargo, al usar el laboratorio virtual (o real) casi todos los participantes interpretan el resultado observado indicando que cuando se funde (o se rompe el filamento interior de una lámpara) no brillará ninguna de las bombillas porque el circuito no está cerrado. Este momento es bueno para que el profesorado recuerde que una lámpara que se funde equivale a un interruptor abierto y no podrá circular corriente en toda la malla del circuito, de modo que no brillará ninguna lámpara (ni delante ni detrás de la bombilla que se ha fundido).

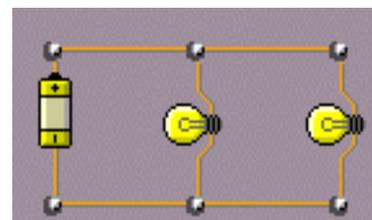
SEA-2: Circuitos básicos en paralelo

En esta secuencia se pretende explorar, con ayuda del laboratorio virtual, cómo funcionan algunos circuitos eléctricos simples formados por varias lámparas conectadas en paralelo a una pila. El nivel educativo recomendado para estas actividades es el último curso de enseñanza secundaria obligatoria, aunque pueden usarse también en niveles educativos posteriores (primer curso de Bachillerato o primer curso de universidad) si los alumnos de tales niveles no han recibido previamente una formación adecuada sobre esta temática, porque en tal caso es bastante probable que al realizar

estas tareas aparezcan modelos mentales de carácter alternativo relacionadas con el llamado efecto topológico, combinado en cierto modo con el modelo de consumo de la corriente, por el que muchos estudiantes creen que la corriente se va debilitando y llega menos intensidad a los elementos que se encuentran más alejados del generador.

La secuencia incluye un conjunto de tareas bastante sencillas, pero necesarias para comprender algunos aspectos específicos del sub-modelo de corriente eléctrica en circuitos conectados en paralelo, como son las siguientes: 1) El voltaje o diferencia de potencial eléctrico en un conjunto de elementos asociados en paralelo es el mismo en todos ellos; 2) La resistencia eléctrica total de un circuito en paralelo es menor que cualquiera de las resistencias asociadas resistencias, porque el valor inverso de la resistencia total es igual a la suma de los valores inversos de tales resistencias; 3) La intensidad de corriente que sale del generador depende del voltaje o diferencia de potencial que suministra el generador y de la resistencia eléctrica total del circuito; 4) Dicha intensidad de corriente se distribuye por las diversas ramas del circuito, siendo su valor total igual a la suma de las intensidades de corriente parciales que circulan por tales ramas; 5) La intensidad de corriente es diferente en cada rama del circuito por ser inversamente proporcional a la resistencia eléctrica existente en dicha rama, según la Ley de Ohm ($I_R = V/R$).

A2.1. Dos bombillas eléctricas iguales (de resistencia $R = 10$ ohmios) se conectan en paralelo con una pila de $V_0 = 20$ V. ¿Brillarán igual ambas bombillas o de forma diferente? ¿Por qué?



En esta actividad se trata de indagar sobre el funcionamiento de un circuito formado por dos lámparas iguales, conectadas en paralelo a una pila (como generador ideal de tensión). Cuando estudiantes de secundaria y bachillerato emiten sus hipótesis en torno al brillo de tales lámparas, muchos de ellos opinan que todas las lámparas brillan igual, pero en la mayoría de sus explicaciones se refieren solo a que las lámparas son iguales o que están conectadas a una misma pila y reciben igual voltaje. Por otra parte, sobre esta cuestión también hemos apreciado con frecuencia, en alumnos de diferentes niveles (ESO, bachillerato y universidad), el uso de algunos modelos mentales alternativos. Por ejemplo, hay quienes creen que la primera lámpara brilla más, porque le llega más voltaje o más corriente que al resto del circuito, lo cual supone un aprendizaje deficiente del modelo básico de corriente eléctrica y del sub-modelo de circuito en paralelo. Pero tras usar un laboratorio virtual, los estudiantes pueden comprobar visualmente que ambas bombillas brillan igual, llegando entonces a comprender que las dos bombillas brillan lo mismo porque están en paralelo, reciben el mismo voltaje y circula la misma intensidad de corriente en ambas por tener igual resistencia.

A2.2. Si se duplica el voltaje de la pila bombilla, indicar si cambia o no cambia el brillo de tales bombillas y justificar la respuesta

Antes de realizar esta actividad en el laboratorio virtual (o real) los estudiantes deben reflexionar sobre el efecto que produce el aumento de voltaje en la intensidad de corriente eléctrica que sale del generador y en la intensidad de corriente que circulará por cada lámpara. Con relación a los cambios que se producen en el brillo de las lámparas al aumentar el voltaje del generador, muchos estudiantes de diferentes niveles educativos predicen al principio un aumento del brillo de ambas lámparas, pero en sus explicaciones apenas utilizan el sub-modelo de corriente eléctrica en circuitos conectados en paralelo. También hay alumnos que muestran modelos de pensamiento alternativo indicando algunos que el brillo no cambia, porque las lámparas son las mismas de antes (y su brillo sólo depende de la potencia específica de cada lámpara) y hay otros que opinan que la primera brillará más que la segunda, aportando razones infundadas. Tras usar el programa de simulación para realizar

esta tarea los estudiantes indican que aumenta el brillo de ambas lámparas y aportan explicaciones más fundamentadas. La explicación más frecuente es las dos lámparas brillan más que antes porque reciben el doble de voltaje y circula más intensidad de corriente por ambas.

A2.3. Si se mantiene constante el voltaje de la pila y se duplica la resistencia de la segunda bombilla, indicar si cambia o no cambia el brillo de tales bombillas y justificar la respuesta

Al analizar las predicciones que hacen los estudiantes acerca de cómo cambia el brillo de ambas bombillas al mantener constante el voltaje de la pila y duplicar la resistencia de la segunda bombilla, se aprecia de nuevo un número notable de hipótesis alternativas o acientíficas, ya que muchos opinan que disminuye el brillo de ambas lámparas porque hay más resistencia en el circuito. En este caso no parecen contemplar el hecho de que la primera lámpara sigue en la misma situación de antes, sin cambiar el voltaje ni la intensidad de corriente, utilizando razonamientos de tipo local y secuencial que conducen a predicciones erróneas. Tras realizar esta tarea con el programa de simulación los alumnos observan que las lámparas brillan de forma diferente y que circula una intensidad de corriente diferente en cada rama. El tipo de explicación más frecuente es que ahora sólo disminuye la luminosidad en la bombilla en la que aumenta su resistencia y, por tanto, la intensidad de corriente es menor en esa rama, pero la otra bombilla no cambia su brillo porque su resistencia es la misma de antes y sigue estando en paralelo con la pila.

A2.4. Si se funde la primera bombilla, indicar qué ocurre en el circuito y en el brillo de tales bombillas, justificando la respuesta

Antes de realizar esta actividad es conveniente que los estudiantes realicen predicciones sobre lo que ocurre en el circuito si se funde (o se rompe) la primera bombilla. En diversas experiencias educativas se ha observado que hay alumnos que creen que no brillará ninguna bombilla porque el circuito queda abierto, pero la mayoría de los estudiantes consideran que la segunda lámpara sigue brillando igual que antes, aunque otros alumnos también consideran -de forma errónea- que en tal situación la segunda lámpara brillaría más porque recibe toda la corriente de la pila. Tras realizar la simulación del circuito, y aplicando las ideas clave del sub-modelo de corriente en circuitos en paralelo, la mayoría de los grupos de trabajo llegan a comprender que deja de brillar la bombilla fundida y la otra brilla igual que antes, porque no ha cambiado su resistencia y sigue conectada al mismo voltaje que proporciona la pila al circuito.

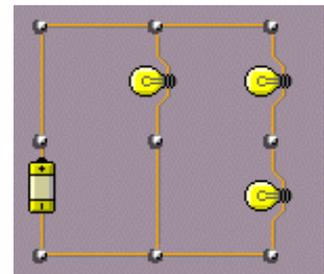
SEA-3: Circuitos básicos en montaje mixto

En esta secuencia se incluyen varias actividades destinadas a explorar, con ayuda de un laboratorio virtual de corriente continua, el funcionamiento de algunos circuitos eléctricos simples formados por varias lámparas conectadas a un generador en un montaje de tipo mixto. Aunque este tipo de montajes son más complejos que los anteriores, las tareas propuestas son de un nivel muy básico y, por tanto, se podrían desarrollar en tercer o cuarto curso de la ESO, una vez que los estudiantes han comprendido bien el funcionamiento de circuitos básicos en serie y en paralelo. Pero estas actividades también pueden usarse en niveles educativos posteriores (primer curso de bachillerato o primer curso de universidad) si los alumnos de tales niveles no han recibido previamente una formación adecuada sobre este tema.

En general el análisis de circuitos de tipo mixto requiere un mayor dominio del modelo científico de corriente eléctrica y una visión global de este tipo de sistemas físicos, sabiendo combinar al mismo tiempo las leyes fundamentales de la electrocinética y las ideas clave que gobiernan el funcionamiento de los circuitos en serie y en paralelo. Por ello, esta secuencia incluye un conjunto de

tareas en las que los estudiantes deben aprender a utilizar de forma combinada las siguientes ideas: 1) En los elementos del circuito asociados en serie circula la misma intensidad de corriente en todos ellos y el voltaje de cada elemento depende de la resistencia del mismo; 2) En los elementos del circuito que están asociados en paralelo el voltaje es el mismo en todos ellos y la intensidad de corriente es inversamente proporcional a la resistencia eléctrica de cada elemento; 3) La resistencia eléctrica total de un montaje mixto depende del número de resistencias conectadas y de la forma en que se asocian parcialmente entre ellas; 4) La intensidad de corriente que sale del generador depende del voltaje o diferencia de potencial que suministra el generador y de la resistencia eléctrica total del circuito; 5) La intensidad de corriente que entra en un nudo de conexión de varias ramas es igual a la suma de las intensidades de corriente que circulan por tales ramas y tales intensidades de corriente son, a su vez, inversamente proporcionales a la resistencia eléctrica existente en cada rama.

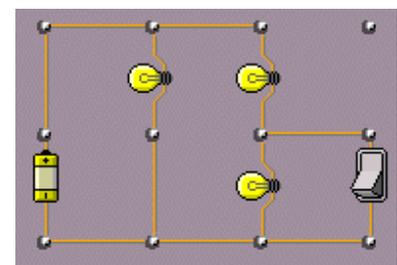
A3.1. Tres lámparas iguales (de resistencia $R = 10$ ohmios) se conectan según el montaje mixto (de la figura) a una pila de $V_o = 10$ V, de modo que las bombillas B2 y B3 están en serie y este conjunto está conectado en paralelo con la pila y con la bombilla B1:



- Predecir y razonar si brillarán igual las tres bombillas;*
- Si coloca un voltímetro entre los bornes de la primera bombilla y después en las otras lámparas, exponer razonadamente si marcará el mismo voltaje en los tres casos.*

En estas actividades se pretende explorar los modelos mentales de los estudiantes sobre el funcionamiento de un circuito mixto formado por tres lámparas iguales, distribuidas en dos ramas de forma que la segunda rama presenta el doble de resistencia que la primera. Cuando los estudiantes de secundaria y bachillerato emiten sus hipótesis en torno al brillo de tales lámparas, se aprecian numerosas explicaciones de carácter alternativo porque muchos de ellos consideran que las tres lámparas brillan lo mismo por ser iguales, o porque reciben el mismo voltaje procedente de la pila, sin tener en cuenta la estructura del circuito. Ello supone un aprendizaje deficiente de algunas ideas clave del modelo básico de corriente eléctrica y del sub-modelo de circuitos de tipo mixto que se ha comentado anteriormente. Cuando los estudiantes usan el laboratorio virtual se aprecia una mejora notable en las respuestas a esta cuestión, ya que ahora la mayoría de ellos explican correctamente que la primera lámpara brilla más y circula más intensidad de corriente por ella porque recibe todo el voltaje de la pila al estar ambos elementos conectados en paralelo, mientras que las otras lámparas brillan menos porque están en serie en la segunda rama, de modo que ofrecen mayor resistencia global y circula menos intensidad de corriente por ellas.

A3.2. Si se coloca un interruptor (cerrado) en la posición que muestra la figura adjunta:



- Predecir y explicar si experimenta algún cambio el brillo de las lámparas al abrir el interruptor;*
- Exponer razonadamente si experimenta algún cambio el brillo de las lámparas al cerrar el interruptor.*

Con relación a las dos cuestiones planteadas en esta actividad, antes de realizar la experiencia virtual se observan numerosas predicciones acientíficas en torno a las cuestiones planteadas. Cuando el interruptor está abierto, la mayoría de los estudiantes interpretan que este elemento no afecta al funcionamiento del circuito de tres lámparas que han analizado en la actividad anterior. Pero cuando se coloca un interruptor cerrado en paralelo con la

tercera lámpara pocos estudiantes consideran que dicha lámpara deja de brillar, ya que el interruptor no presenta resistencia y actúa como un cortocircuito por el que circula toda la corriente de la segunda rama. Tampoco son conscientes la mayoría de ellos que en este caso el circuito equivale a dos lámparas en paralelo y, por tanto, ambas brillarían igual. Cuando realizan esta tarea en el laboratorio virtual aprecian que al cerrar el interruptor la tercera lámpara no brilla y las otras dos se iluminan por igual, además, también observan que el interruptor cerrado actúa como un cable sin resistencia en paralelo (cortocircuito) por donde circulan todos los portadores de carga y no pasa corriente por la 3ª bombilla. Así mismo, al abrir el interruptor los estudiantes observan que la bombilla tercera ahora brilla igual que la segunda, pero ambas brillan menos que la primera, apreciando también que circula menor intensidad de corriente en la segunda rama que en la primera. Las explicaciones de este hecho mejoran tras la experiencia realizada en el laboratorio virtual, ya que la mayoría de los estudiantes parecen comprender que al estar abierto el interruptor es como una resistencia infinita que no permite pasar la corriente y se deriva por la tercera bombilla, de modo que en este caso el interruptor abierto no afecta al funcionamiento del circuito mixto inicial.

OTRAS TAREAS COMPLEMENTARIAS: Análisis de circuitos con resistencias y lámparas en diferentes montajes

Tras el desarrollo de las anteriores Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje, el profesorado puede sugerir a los estudiantes (si tienen acceso en casa al laboratorio virtual PHET-DC) que sigan pueden ampliando conocimientos y profundizando en el tema, realizando libremente otras actividades de mayor complejidad relacionadas con el análisis de circuitos que incluyen varios generadores, resistencias, lámparas e instrumentos virtuales, asociados en varios montajes simples (serie, paralelo o mixto) o analizando circuitos eléctricos de varias mallas.