

# FOLLETO PARA EXPERIMENTAR CIRCUITOS TRIFÁSICOS MEDIANTE EL SIMULADOR ELECTRONICS WORKBENCH

## PAMPHLET TO EXPERIENCE TRIFASIC CIRCUITS BY MEANS OF THE PRETENDER ELECTRONICS WORKBENCH

Yordan Jorge Páez Martínez\* ([yordanpm@ltu.rimed.cu](mailto:yordanpm@ltu.rimed.cu))

### RESUMEN

En este artículo se incluye una síntesis de los fundamentos teóricos que sustentan la importancia de los medios de enseñanza para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Recoge un ejemplo práctico de circuitos trifásicos para experimentar su montaje y simulación mediante el simulador Electronics Workbench, se muestra el procedimiento para ello, así como la aplicación para dicho ejemplo de una serie de modificaciones experimentales, las cuales permiten llegar a determinadas conclusiones experimentales. Se ofrecen algunas recomendaciones metodológicas a tener en cuenta para la experimentación.

**PALABRAS CLAVES:** Experimentación, circuitos trifásicos, simulador Electronics Workbench.

**ABSTRACT:** The carried out investigation picks up a synthesis of the theoretical basis that sustain the importance of the teaching aids for the teaching – learning process. It also picks up, two practical examples of Trifasic Circuits to experience their assembly and simulation by means of the pretender Electronics Workbench, showing the procedure for it, as well as the application for this examples of a series of experimental modifications, which allow to reach experimental certain conclusions, and lastly they are picked up in this bibliographical material some methodological recommendations to keep in mind for experimenting.

**KEY WORDS:** experience, circuits, pretender.

La sociedad cubana demanda, con carácter inminente, de la formación de bachilleres técnicos altamente competentes, con profundas convicciones político-ideológicas, con una elevada preparación científico-cultural, capaces de enfrentar el ritmo acelerado del desarrollo tecnológico de la producción. Estos egresados deben estar preparados para enfrentar los problemas concretos y prácticos que a diario se presentan en nuestro país.

Para contribuir con éxito al buen desarrollo del proceso de enseñanza -aprendizaje (PEA), es importante la vinculación de la teoría con la práctica, esto a su vez, conlleva al empleo de diversos medios del proceso de enseñanza-aprendizaje, destacando fundamentalmente la bibliografía como fuente proveedora de nuevos conocimientos. El uso de numerosos materiales bibliográficos, como medios de enseñanza, en las clases de la escuela politécnica actual incita a fomentar diversos hábitos en los estudiantes, entre los cuales podemos citar: el estudio, la autosuperación y la investigación. Todo esto contribuye a la formación preprofesional del egresado de esta enseñanza, lo cual garantiza que pueda actualizar sus conocimientos de forma independiente.

---

\*Profesor con categoría docente de Instructor. Universidad de Ciencias Pedagógicas Pepito Tey. Las Tunas, Cuba.

Dentro del contexto de la Educación Técnica y Profesional (ETP), aquellos materiales bibliográficos que se emplean en el PEA como medios de enseñanza, presentan un considerable grado de desactualización con respecto al evidente desarrollo que de forma acelerada tiene lugar en todo el mundo, con el uso de las nuevas tecnologías y conocimientos científicos, su constante perfeccionamiento y actualización resultan necesarios para el buen desarrollo de los contenidos de las asignaturas técnicas. Esto se hace muy evidente dentro de la especialidad Electricidad, y en particular, en el tema Circuitos Trifásicos de la asignatura Electricidad Básica, lo cual se ilustra en este artículo.

### **Los medios de enseñanza. Sus funciones y clasificación**

Los medios de enseñanza constituyen un tema muy polémico que ha sido punto clave de discusión y debate en estos últimos años entre los pedagogos, tanto cubanos como internacionales. Algunos le han atribuido la posibilidad de resolver los problemas de la educación del mundo actual. Los medios son componente esencial del proceso de adquisición de conocimientos, hábitos, habilidades y convicciones de los cuales no podemos prescindir.

Existen varias definiciones, de diversos pedagogos, acerca de los medios de enseñanza, también conocidos como: medios del proceso de enseñanza-aprendizaje, medios didácticos, recursos didácticos, etc. Muchos autores, entre los que se destacan Addine (2009) y Calzado (2010), abogan por el término vigente: medios del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Luego de un profundo análisis de las definiciones dadas por diferentes autores, nos acogemos a la que aporta González (1986, p. 165): "Los medios de enseñanza son todos los componentes del proceso docente-educativo que actúan como soporte material de los métodos (instructivos o educativos) con el propósito de lograr los objetivos planteados". Consideramos que esta definición responde de forma factible y viable al trabajo del maestro con los estudiantes, a través del uso de los recursos materiales que sirven de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de una clase con la calidad requerida.

Se insiste, además, en el carácter instructivo y educativo de los métodos, y no debemos olvidar que en la enseñanza, la instrucción y la educación son fenómenos inseparables. Los medios del proceso de enseñanza-aprendizaje, al igual que los objetivos y los métodos, son componentes de la clase; son portadores de contenidos que permiten la materialización de las acciones pedagógicas del maestro y de los alumnos, según los objetivos propuestos. Su uso en la clase mejora en gran medida las posibilidades comunicativas entre el profesor y los estudiantes, y contribuye, además, a activar los procesos del pensamiento para que los alumnos puedan establecer con mayor claridad las propiedades de los objetos y fenómenos, sus causas y surgimiento, así como desarrollar hábitos, habilidades y convicciones acerca de la naturaleza, la vida social y el pensamiento humano.

Diversas son las funciones que ejercen los medios del proceso de enseñanza-aprendizaje:

- Motivan el aprendizaje y aumentan la concentración de la atención, así como la efectividad del proceso al mejorar la calidad de la enseñanza, sistematizándola y empleando menos tiempo y esfuerzo.
- Permiten el control del proceso de enseñanza-aprendizaje, al igual que relacionan en la enseñanza la teoría con la práctica. Contribuyen a desarrollar las cualidades y las capacidades cognoscitivas del estudiante.

- Actúan en el proceso de comunicación, en el cual están representados por el canal que envía el mensaje. Admiten la comprensión del proceso de desarrollo de los descubrimientos científicos.

En cuanto a su clasificación, existen numerosos razonamientos hechos desde diferentes ángulos teóricos. De acuerdo a lo expuesto por el pedagogo Puig (1989), citado en Páez (2006, p. 7), los medios del proceso de enseñanza-aprendizaje se clasifican en:

Según el grado de objetividad, yendo del más concreto al más abstracto.

Según sus características materiales.

Según la etapa generacional, valorando el momento de aparecer en la clase.

Según el libro de texto y el programa de la asignatura.

Según las funciones didácticas que realiza.

Desde el punto de vista didáctico, o sea, según sus funciones, Rodríguez (2004, p. 11) ofrece la siguiente clasificación:

Medios de transmisión de información: estos transmiten las particularidades de los contenidos de estudio, a los alumnos. Son predominantemente informativos, en dependencia de su nivel de complejidad técnica o de la forma industrial de procesarlo.

Medios de experimentación escolar: estos agrupan a los laboratorios y equipos de demostración para la enseñanza de las asignaturas científicas.

Medios de control del aprendizaje: estos son los dispositivos que se emplean para el control individual o colectivo del resultado del aprendizaje, sirven como mecanismo de retroalimentación en la asignatura.

Medios de aprendizaje y programación: con estos se logra que los alumnos puedan vencer un programa de trabajo para que aprendan por sí solos.

Medios de entrenamiento: estos están constituidos por simuladores y entrenadores, cuya función esencial es la formación de hábitos y habilidades.

### **Materiales impresos. Algunas consideraciones y funciones del libro para la docencia**

Acerca de los materiales impresos Rodríguez (2004, p. 12) considera que:

Son los medios de percepción directa que transmiten la información mediante el lenguaje escrito, impreso por medio de máquinas. Estos medios están destinados en primera instancia, a la transmisión de información escrita, aunque pueden ser acompañados por esquemas, imágenes o dibujos que lo complementan. Además, no solamente transmiten información, sino que también sirven para organizar y sistematizar el conocimiento, para orientar la auto evaluación, para dirigir la actividad cognoscitiva del estudiante, para mostrar e ilustrar métodos de investigación en la especialidad, para permitir el trabajo independiente y como guía ideológica y educativa. Si los comparamos con los demás medios de percepción directa, podemos afirmar que son los más utilizados por el profesor y los alumnos dentro y fuera del aula y en todas las fases del proceso de enseñanza-aprendizaje, para la apropiación de nuevos conocimientos, consolidación, ejercitación, aplicación y aun en los momentos de evaluación. Esta constituye la característica fundamental de este grupo de medios de enseñanza.

Fue J. A. Comenius el creador del primer libro ilustrado dirigido a enseñar a niños, este insigne pedagogo planteó los principios de la estructura del libro docente e incluso precisó los aspectos relativos a su carácter científico y a su accesibilidad, al lugar que ocupa en la enseñanza, a su volumen, forma y otros aspectos que aún son motivo de atención. El libro es un medio principal en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El libro que responde a un programa específico y desarrolla sus contenidos esenciales en el orden estricto del programa (documento rector), se le identifica como libro de texto. Tiene la ventaja de ajustarse con precisión al contenido del programa, y como limitación, que no potencia el desarrollo del estudiante más allá de los conocimientos esenciales mínimos de dicho documento rector. Al caducar o modificarse este, el libro pierde su vigencia.

El libro de consulta con fines docentes, no responde a un programa específico, incluye en los núcleos básicos del conocimiento o ideas rectoras estructuradas a partir de la evolución histórica de la lógica de la ciencia o rama del conocimiento, o en orden de complejidad; propicia que el estudiante investigue, profundice y sistematice sus conocimientos. Envejecen con el avance indetenible de la humanidad, la cultura, la ciencia y la tecnología. El contenido de un libro de consulta, aunque no tiene que ceñirse a un programa específico, sí tiene muchos elementos comunes con el contenido de enseñanza –aprendizaje.

Silvestre, Patiño y Hernández (2000) advierten que aunque el libro de texto ocupa el lugar central como medio en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la mayoría de las asignaturas, no es el único. Los diccionarios, libros científicos populares, libros de profundización en la disciplina de que se trate, otros libros como: atlas, antologías, e innumerables materiales didácticos como son: los objetos naturales, las representaciones de objetos y fenómenos, los medios técnicos de aprendizaje, los instrumentos y accesorios experimentales y herramientas, entre otros, tienen gran utilidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje y su concepción y utilización debe ser coordinada con el empleo de los libros de textos. Cabe igualmente valorar la importancia que van cobrando, con la masificación de la informática, los hipertextos o textos electrónicos que permiten avanzar en diversas direcciones en función de las particularidades del lector, sus intereses y posibilidades.

### **Funciones del libro para la docencia**

El polaco Okón, citado en Rodríguez (2004, p. 14), considera que “... los libros docentes deben cumplir cinco funciones: informativa, de ejercitación, de dirección, investigativa y educativa”. Este autor define funciones muy importantes, pero desestima funciones que tienen en cuenta otros autores. Otros dos criterios que igualmente aparecen reflejados en dicha referencia bibliográfica son los planteados por Ruiz y por Zuev . El primero de estos dos autores presenta las funciones siguientes: “informativa, reguladora, estimuladora, de coordinación y racionalizadora”. Como se puede apreciar este autor abarca funciones no propuestas por Okón, pero no tiene en cuenta las funciones como la educativa y la desarrolladora, las cuales son de gran importancia. En cuanto al segundo de los autores antes mencionados, podemos decir que hace un análisis de las funciones de los libros para la docencia y plantea una propuesta de clasificación bastante completa: “informativa, transformadora, sistematizadora, de consolidación y autocontrol, de autopreparación, integradora, coordinadora, desarrolladora y educadora”. La función transformadora, propuesta por Zuev encierra una importante diferencia entre el contenido de la obra científica y del libro docente.

Silvestre, Patiño y Hernández (2000) proponen un sistema de funciones para el libro de texto. El libro, como portador de la parte de la cultura que se selecciona como contenido de enseñanza, debe reflejar los objetivos en cuanto a la instrucción, la educación y el desarrollo de los estudiantes. El libro de texto se ajusta al contenido de enseñanza de la asignatura y será utilizado durante el proceso de enseñanza-aprendizaje como vía para la concreción de los objetivos básicos del programa.

En sus análisis, los autores antes mencionados, parten de tres funciones que definen como rectoras: la instructiva, la desarrolladora y la educativa, buscando la mayor correspondencia entre los objetivos del proceso de enseñanza-aprendizaje y el libro. Para ellos este es el

criterio fundamental para alcanzar la máxima calidad y efectividad del libro. La jerarquización de estas tres funciones es para ellos una condición muy importante en la concepción metodológica del libro. Igualmente destacan la importancia del libro tanto en la instrucción, en el desarrollo como en la educación del alumno.

La función instructiva responde a la pregunta: ¿qué debe conocer el educando para su instrucción y educación?, se refiere a la información que debe contener el libro como portador del contenido de enseñanza. El contenido de enseñanza responde a las exigencias del programa docente de la asignatura, del plan de estudio. Los autores referidos precisan que el libro de texto debe incluir el contenido mínimo, suficiente y necesario de los conocimientos que requiere asimilar el estudiante para su formación. Debe incorporar el volumen obligatorio, imprescindible y eliminar el exceso de contenidos que pueda ocasionar la sobrecarga intelectual del alumno, a la vez que asegure los elementos necesarios para el vínculo del contenido con la práctica social, de forma que estén presentes los elementos suficientes para comprender la utilidad y aplicar el conocimiento en la vida.

La función desarrolladora, para estos autores, está dirigida a dos aspectos fundamentales: el primero se refiere a la lógica interna del contenido, y el segundo al efecto del contenido en la estimulación del pensamiento del alumno. La estructura del contenido deberá revelar al alumno la lógica interna de dicho contenido, que ofrezca los elementos necesarios para lograr su comprensión, establecer nexos, generalizaciones y el vínculo con la práctica, evitando así la tendencia del alumno al estudio por repetición, al no hallar en el libro los elementos lógicos para la comprensión y valoración del conocimiento que adquiere; constituyéndose en una fuente activadora del pensamiento al estimular interrogantes, reflexiones, suposiciones y la de búsqueda de información complementaria. La incorporación de tareas en el libro, la inclusión de interrogantes y problemas pueden inducir al análisis lógico reflexivo del conocimiento y estimular el desarrollo de actividades intelectuales en el proceso de interacción del estudiante con el contenido de aprendizaje que ha de asimilar.

La función educativa tiene para los autores referidos una significación especial, como medio pedagógico de enseñanza que incide directamente en la formación integral del estudiante. Ellos plantean diversos aspectos de carácter educativo que pueden plantearse como exigencias al libro, entre los que destacan: la cientificidad del material docente, es decir la veracidad científica de su contenido y el vínculo con la actividad práctica social del hombre; la contextualización del contenido a la realidad del país, su desarrollo económico social, su historia, su naturaleza, las tradiciones y costumbres, su cultura, sus leyes y sus aspiraciones. Estos son elementos que van a incidir en la posición del estudiante ante la vida, en sus ideales, en la formación moral y patriótica y en su formación estética.

Con el propósito de instrumentar elementos de apoyo al logro de estas funciones rectoras, Silvestre, Patiño y Hernández (2000) declaran otras funciones para el libro que abordan aspectos básicos a tener en cuenta en su estructuración. Estas son: consolidación y autocontrol, lógico-orientadora, sistematización, coordinación, integración, regulación y estimuladora-motivacional.

### **Folletos**

Desde el punto de vista de Rodríguez (2004, p. 18): “Los folletos son materiales impresos elaborados por los colectivos de profesores para su centro docente, cuya reproducción y utilización tienen en ocasiones un carácter limitado dada las peculiaridades del tipo de enseñanza, las necesidades de la asignatura y las características de los alumnos, debido a que se utilizan solo en un periodo de tiempo durante el curso”.

El uso de este medio de enseñanza en la clase permite establecer un vínculo directo entre el objetivo de estudio y las generalizaciones y abstracciones que tienen lugar en la mente del alumno. La utilización de este tipo de medio de enseñanza le proporciona al profesor posibilidades de desarrollar exitosamente los contenidos trazados, además mejora las posibilidades comunicativas entre profesor y estudiante, y fundamentalmente, contribuye a activar los procesos del pensamiento, así como a desarrollar hábitos y habilidades.

### Ejemplo experimental en el simulador Electronics Workbench

Es importante aclarar que el simulador a utilizar, Electronics Workbench 4.1, en la demostración experimental del ejemplo propuesto, cuenta con varias librerías de elementos que aparecen en la barra de herramientas; pero utilizaremos para ello solamente dos: la librería de elementos pasivos (*Passive*) y la librería de indicadores (*Indicators*). También es recomendable consultar antes, el entorno de trabajo del Electronics Workbench 4.1, propuesto por Graverán (2005), para familiarizarnos con las funciones de tan práctico y novedoso software, y comprender mejor el significado de las palabras de uso frecuente en este, expuestas en idioma inglés.

### Experimentación de un sistema trifásico con el generador balanceado y la carga balanceada, conectados en estrella (Y)

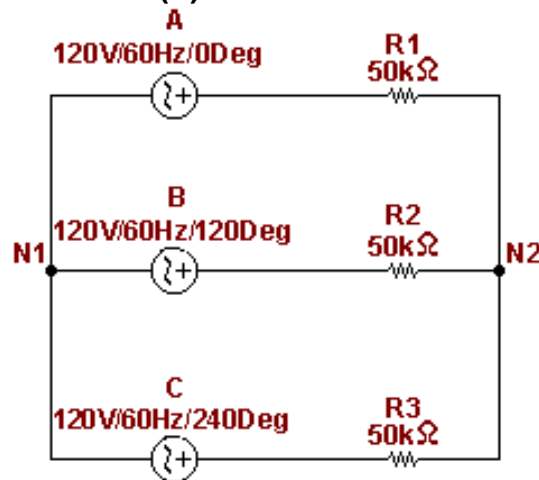
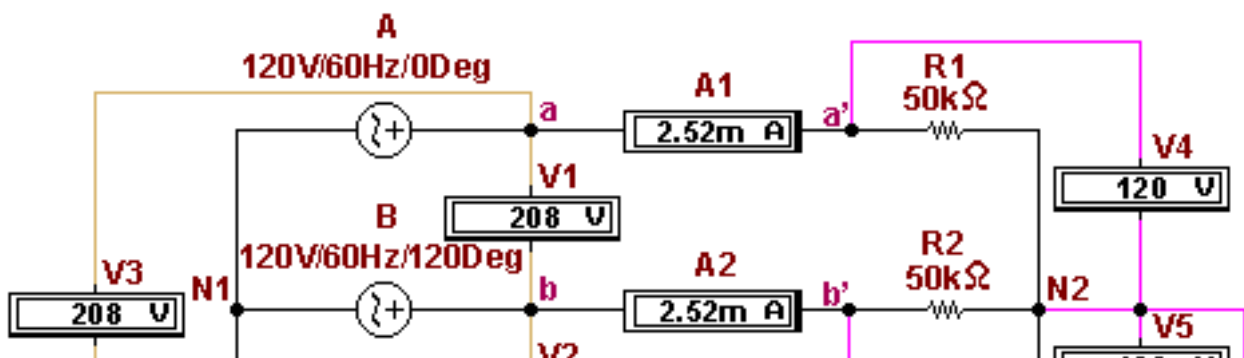


Figura 1. Esquema básico de la conexión Y (balanceada - balanceada).



**Figura 2.** Esquema de conexión para experimentar el circuito del ejemplo # 1 en el Electronics Workbench.

El circuito de la figura 1.1 muestra un sistema trifásico con el generador balanceado y la carga balanceada conectados en Y, donde se cumple que la tensión de línea ( $U_L$ ) es igual a ( $\sqrt{3}$ ) la tensión de fase ( $U_F$ ):  $U_L = \sqrt{3} U_F$ . También se cumple que la corriente de línea ( $I_L$ ) es igual a la corriente de fase ( $I_F$ ):  $I_L = I_F$ . Como se puede apreciar, los neutros del generador y la carga (**N1** y **N2**, respectivamente) no están conectados; desde el punto de vista teórico esto es posible porque como la carga es balanceada no hay circulación de corriente por el neutro del sistema.

### Procedimiento del montaje del circuito en el Electronics Workbench

**PASO 1:** seleccionar 3 fuentes eléctricas (generadores **A**, **B** y **C**) de corriente alterna (**C.A.** en español, **A.C.** en inglés), para ello realizaremos las operaciones siguientes:

- Clic en la librería de elementos pasivos de la barra de herramientas.
- Arrastre del lado izquierdo de la pantalla, donde está la librería, a la hoja de trabajo las 3 fuentes.
- Doble clic izquierdo en las fuentes, ajuste una a una las propiedades como se indica en la figura 1.1.
- Si desea nombrar los dispositivos e instrumentos con los que va a trabajar, presione **Ctrl + L**, lo que es muy recomendable.

**PASO 2:** seleccionar 3 resistores (**R1**, **R2** y **R3**).

- Arrastre ahora, dentro de la misma librería utilizada en el paso anterior (**Passive**), a la hoja de trabajo los 3 resistores.
- Doble clic izquierdo en cada uno de los resistores para ajustar sus propiedades, (para esto recuerde observar la figura 1.1).
- Si desea alinear los dispositivos o instrumentos como por ejemplo, los que están en la figura antes mencionada, así como también en la 1.2, puede hacerlo uno a uno de la siguiente forma: señálelo dando un clic izquierdo encima de él, y luego muévelo a la posición deseada a través de los cursores ( $\leftarrow \uparrow \downarrow \rightarrow$ ).

**PASO 3:** conectar los terminales de los dispositivos para conformar el circuito.

- Para conformar la figura 1.1 debemos partir primeramente de la selección de 2 nodos (**N1** y **N2**, conocidos también como neutros), para una correcta conexión desde la librería antes mencionada.

- Seleccione una a una las fuentes y rótelas, a través de **Ctrl + R**, de manera que el positivo (+) de cada una de estas, quede en dirección a los resistores.
- Para realizar las conexiones pertinentes al circuito de la figura señalada lleve a cabo el siguiente procedimiento:
  - a) Parta de la instalación de la fuente **A** con el nodo **N1**, para ello dé un clic izquierdo en el extremo del terminal opuesto al positivo de la fuente (dejando fijamente apretado el dedo sobre el mouse) y dirija la conexión, a través del movimiento, hacia la parte superior de **N1**.
  - b) Prosiga con la unión de la fuente **B** y el nodo **N1**, llevando a cabo el mismo procedimiento que en la instalación anterior, pero esta vez dirija la conexión hacia el centro de **N1**.
  - c) De igual forma es en el caso de la instalación de la fuente **C** con el mismo nodo, a diferencia debe dirigir la conexión hacia la parte inferior de **N1**.
  - d) El mismo procedimiento se utiliza para la conexión de cada uno de los resistores con el nodo **N2**.
  - e) Conecte (por sus otros extremos) cada una de las fuentes con cada uno de los resistores, respectivamente.
- Por ende, para realizar la conexión de un dispositivo o instrumento cualquiera con otro, hay que partir como antes se dijo, de señalar el mismo dejando el dedo apretado en el mouse, y dirigiendo, con el movimiento, dicha conexión hacia el dispositivo o instrumento deseado.

**PASO 4:** seleccionar 9 instrumentos de medición (los voltímetros **V1**, **V2**, **V3**, **V4**, **V5** y **V6**, y los amperímetros **A1**, **A2** y **A3**).

- Para confeccionar el circuito de la figura 1.2 siga primeramente el mismo procedimiento indicado para la figura 1.1, pero sin llegar a conectar cada una de las fuentes con cada uno de los resistores.
- Arrastre esta vez, desde la librería (**Indicators**), a la hoja de trabajo los 6 voltímetros y 3 amperímetros.
- Ubique estos instrumentos de forma alineada como se muestra en la figura.
- Seleccione luego, desde la librería (**Passive**), 6 nodos más (**a**, **b**, **c** y **a'**, **b'**, **c'**), los cuales ubicará también, alineadamente, como está indicado.

**PASO 5:** conectar al circuito los instrumentos de medición.

- Conecte los amperímetros (**A1**, **A2**, **A3**) por sus extremos izquierdos a los nodos (**a**, **b**, **c**), y de cada uno de estos a las fuentes (**A**, **B**, **C**).
- De igual manera haga con respecto a los extremos derechos de los amperímetros, pero esta vez realice las conexiones de la siguiente forma: (**A1** - **a'** - **R1**); (**A2** - **b'** - **R2**); (**A3** - **c'** - **R3**).
- Conecte el voltímetro **V1** entre **a** y **b**, entre **b** y **c** el voltímetro **V2**, y el voltímetro **V3** entre **c** y **a**.
- Adicione al circuito un último nodo, el cual conectaremos a la derecha de **N2**, y será considerado una prolongación de este a la hora de conectarlo con los instrumentos restantes.



- Conecte  $a'$  con el voltímetro **V4** y este con el nodo prolongado de **N2**; luego conecte dicho nodo con **V5**, y este último con  $b'$ ; finalmente, conecte el nodo prolongado de **N2** con **V6** que a su vez terminará conectado con  $c'$ .

|                                      |                 | Instrumentos. | Lectura. | Unidad de Medida. |
|--------------------------------------|-----------------|---------------|----------|-------------------|
| <b>U<sub>L</sub></b>                 | U <sub>AB</sub> | V1            | 208      | V                 |
|                                      | U <sub>BC</sub> | V2            | 208      | V                 |
|                                      | U <sub>CA</sub> | V3            | 208      | V                 |
| <b>U<sub>F</sub></b>                 | U <sub>a</sub>  | V4            | 120      | V                 |
|                                      | U <sub>b</sub>  | V5            | 120      | V                 |
|                                      | U <sub>c</sub>  | V6            | 120      | V                 |
| <b>I<sub>L</sub> e I<sub>F</sub></b> | I <sub>A</sub>  | A1            | 2.52     | mA                |
|                                      | I <sub>B</sub>  | A2            | 2.52     | mA                |
|                                      | I <sub>C</sub>  | A3            | 2.52     | mA                |

- Doble clic izquierdo sobre cada línea de conexión entre los instrumentos y los dispositivos le permite especificar el color deseado para esta.

**PASO 6:** activar el circuito.

- Accione el botón de activar, de la barra de herramientas, haciendo clic en el interruptor.

**PASO 7:** observar detenidamente el

proceso de simulación.

- Al realizar la operación del paso anterior observe qué sucede con las lecturas de los instrumentos, y luego llegue a una conclusión.

### Tabla de la lectura de los instrumentos

à

A partir de las lecturas obtenidas en los instrumentos podemos observar que:

$$(U_L = \sqrt{3} U_F). \text{ Por ejemplo: } U_{AB} = \sqrt{3} U_a = 1.73 \cdot 120 = 208V.$$

También se puede apreciar, de los valores obtenidos en los instrumentos, que las tres corrientes en cada fase ( $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ) son iguales, es decir, la lectura del amperímetro A1 es igual a la lectura del amperímetro A2 y a su vez, igual a la lectura del amperímetro A3. De la

misma forma que lo son las lecturas de los voltímetros V1, V2 y V3 que se corresponden, respectivamente, a las tensiones de línea ( $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$  y  $U_{CA}$ ); así como también las lecturas de V4, V5 y V6 se corresponden, respectivamente, a los valores de las tensiones de fase ( $U_a$ ,  $U_b$ ,  $U_c$ ), lo cual sucede porque tanto la fuente como la carga son balanceadas. Por otra parte, podemos constatar que se cumple la Ley de Ohm en cada fase de la carga, por ejemplo:

Si conocemos que  $R_1=R_2=R_3=50\text{k}\Omega$ , y que las resistencias internas de los voltímetros V4, V5, V6 son iguales ( $R_{v4}=R_{v5}=R_{v6}=1\text{M}\Omega=1000\text{k}\Omega$ ) tendremos entonces, partiendo de la fórmula general de la Ley de Ohm

( $I = \frac{U}{R}$ ), que:

- **En la fase A:**  $R_a = \frac{R_1 \cdot R_{v4}}{R_1 + R_{v4}} = \frac{50 \cdot 1000}{50 + 1000} = \frac{50000}{1050} / (I_A = \frac{U_a}{R_a} = \frac{120}{47600} = 0.00252\text{A} = \mathbf{2.52\text{mA}}).$

$$R_a = 47.6 \text{ k}\Omega = 47600\Omega.$$

- **En la fase B:**  $R_b = \frac{R_2 \cdot R_{v5}}{R_2 + R_{v5}} = \frac{50 \cdot 1000}{50 + 1000} = 47600\Omega. / (I_B = \frac{U_b}{R_b} = \frac{120}{47600} = \mathbf{2.52\text{mA}}).$

- **En la fase C:**  $R_c = \frac{R_3 \cdot R_{v6}}{R_3 + R_{v6}} = 47600\Omega. / (I_c = \frac{U_c}{R_c} = \frac{120}{47600} = \mathbf{2.52\text{mA}}).$

### Modificaciones experimentales

a) **1.ª modificación:** conecte un amperímetro entre los dos neutros (**N1** y **N2**) y obtenga la medición. ¿A qué conclusión se puede llegar?

b) **2.ª modificación:** cambie el valor de las tres resistencias por  $R_1=R_2=R_3=20\text{k}\Omega$ . Obtenga las lecturas de los instrumentos. ¿A qué conclusión se puede llegar con respecto a las tensiones ( $U_L$  y  $U_F$ ) y a las corrientes ( $I_L$  e  $I_F$ )?

c) **3.ª modificación:** cambie nuevamente el valor de las resistencias por  $R_1=R_2=R_3=80\text{k}\Omega$ . Obtenga las lecturas de los instrumentos, y razone a qué conclusión se puede llegar también con relación a ( $U_L$ ,  $U_F$ ,  $I_L$  e  $I_F$ ).

Las modificaciones realizadas anteriormente nos permiten llegar a la siguiente conclusión experimental:

Luego de conectar un amperímetro entre los dos neutros no circula corriente por el neutro del sistema producto a que la carga es balanceada. Después de cambiar los valores de las resistencias por cualquiera de los dos ( $20\text{k}\Omega$  u  $80\text{k}\Omega$ ), y obtener las lecturas de los instrumentos podemos concluir que mientras los resistores de la carga posean resistencias de igual valor, dicha carga continuará siendo balanceada, y por consiguiente, se seguirá cumpliendo que en la conexión estrella balanceada la ( $U_L = U_F$ ) y la ( $I_L = I_F$ ).

$\sqrt{3}$

### Recomendaciones metodológicas

Debido a que “El experimento utiliza la observación, la medición y cualquier otro método empírico como procedimientos auxiliares (Valledor, 2010, p. 6) se recomienda:

1) Observar que el instrumento seleccionado (amperímetro o voltímetro) esté ubicado para medir corriente alterna **C.A.** (en español), **A.C.** (en inglés).

2) Percatarse de que los instrumentos estén en posición correcta, o sea, como se indica en la figura 1.2.

3) Si se conecta un instrumento de medición (amperímetro o voltímetro) en una fase, se debe conectar también en las dos fases restantes, porque de lo contrario el sistema sería desbalanceado, pues se ha introducido una resistencia interna ( $R_a=1\text{m}\Omega$ , en serie, en el caso del amperímetro), y ( $R_v=1\text{M}\Omega$ , en paralelo, en el caso del voltímetro) con respecto a la carga.

La realización de este trabajo devino de un análisis relacionado con el modo en que se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Electricidad Básica, que se imparte en el 2.º año del Bachiller Técnico de la especialidad Electricidad. Se pudo apreciar que no existen las condiciones necesarias para impartir clases de esta asignatura con la calidad que se requiere en nuestros días: hacer uso de materiales bibliográficos de contenidos actualizados y emplear las tecnologías informáticas como medio novedoso y práctico que sirve de apoyo.

Con este folleto que ha sido concebido para la asignatura Electricidad Básica, se enriquece el poco fondo bibliográfico existente del tema Circuitos Trifásicos, para la asignatura antes mencionada. Resulta de suma importancia, debido a que mediante la utilización del simulador Electronics Workbench como medio novedoso y práctico de experimentación de circuitos trifásicos, contribuimos a elevar la calidad de las clases vinculando dicha asignatura con la computación. Por último, se puede afirmar que propicia el desarrollo de actividades independientes de los estudiantes mediante el empleo de los simuladores de circuitos eléctricos y electrónicos, porque los medios del proceso de enseñanza-aprendizaje, en particular los folletos, tienen múltiples potencialidades para el desarrollo de un proceso de enseñanza-aprendizaje centrado en los alumnos, logrando la independencia en la búsqueda de solución a los problemas de las asignaturas. Esto es posible por las funciones instructiva, desarrolladora y educativa que tienen dichos medios.

## REFERENCIAS

- Addine, F. (2009). *Didáctica y optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje*. Soporte electrónico.
- Calzado, D. (2010). *Las formas de organización del proceso de enseñanza-aprendizaje en la escuela*. Soporte electrónico.
- González, V. (1986). *Teoría y práctica de los medios de enseñanza*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Graverán, A. (2005). *Conjunto de ejemplos de circuitos electrónicos simulados en el Electronics Workbench para utilizar la computadora como herramienta de trabajo* (trabajo de diploma inédito). Instituto Superior Pedagógico Pepito Tey, Las Tunas.
- Páez, Y. J. (2006). *Folleto para experimentar Circuitos Trifásicos mediante el simulador Electronics Workbench* (trabajo de diploma inédito). Instituto Superior Pedagógico Pepito Tey, Las Tunas.
- Rodríguez, R. (2004). *Elaboración de un folleto del tema Mejoramiento del factor de potencia de la asignatura Suministros Eléctricos* (trabajo de diploma inédito). Instituto Superior Pedagógico Pepito Tey, Las Tunas.
- Valledor, R. (2010). El criterio de especialistas y el experimento en las investigaciones educativas. *Opuntia Brava*, 2(1). Recuperado de <http://www.opuntiabrava.rimed.cu>