

¿NO SE CUMPLE LA LEY DE KIRCHHOFF? ¿Dónde nos equivocamos?

Nieves Baade, Horacio Chiodini, José Palacios Mustelier[#]

Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ingeniería. Departamento de Fisicomatemática. IMApEC
1 y 47. 1900. La Plata. Argentina. nbaade@volta.ing.unlp.edu.ar

[#] Universidad de Oriente. Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Física Aplicada
Avda. de las Américas S/N. 90900 Santiago de Cuba. Cuba . pala@fa.uo.edu.cu

Resumen

Se presenta una experiencia de laboratorio donde se utiliza a la PC como instrumento adquirente de datos. Esta experiencia se encuentra dentro del marco de innovaciones propuestas para la mejora de la enseñanza de temas de electromagnetismo. La elección del instrumento de medida se justifica por las bondades del mismo, que además de contribuir a la formación de los alumnos en adquisición de habilidades procedimentales, permiten masificar la experiencia. La medida experimental, aún contando con escaso instrumental, puede realizarse en cursos numerosos. El análisis de los datos reales puede realizarse también a distancia.

El objetivo de la experiencia es enseñar en el contexto brindado por el laboratorio, recurriendo a la teoría en el momento que el alumno la requiera para poder sortear las dificultades cognitivas que se le presentan. El tema elegido es corriente alterna y los alumnos deben investigar el caso donde se presenta una aparente contradicción en el cumplimiento de la Segunda Ley de Kirchhoff .

Introducción.

El aprendizaje debe estar mediado por un ambiente de preguntas y de problemas planteados por cualquiera de las partes implicadas, que se configuran como una manifestación necesaria de la interactividad y en el modo de entender el contenido de una disciplina determinada.

La calidad del aprendizaje de los estudiantes, como su enfrentamiento a la búsqueda independiente, está condicionada por la naturaleza y la coherencia de las actividades que para este fin se planifiquen por el colectivo docente. Estas premisas son el punto de partida de la concepción metodológica que se adopte, en función de configurar una adecuada orientación y clima de trabajo que responda a las expectativas y necesidades de los estudiantes ⁽¹⁾.

El carácter protagónico de profesores y estudiantes es posible lograrlo cuando existe una articulación consciente en el cumplimiento de una tarea, cuando cada estudiante domina e interioriza cuáles son las acciones que va a implementar para cada respuesta, qué secuenciación establecer y con qué contenidos vincularlos.

La implementación de métodos activos que promuevan en el estudiante la necesidad de pensar creativamente durante el aprendizaje, ha sido uno de los objetivos que enfrentan los docentes durante los últimos años. En este contexto, la Física es una de las disciplinas en la que abundan propuestas, particularmente durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

El diseño y realización de los experimentos, como parte importante de las actividades que debe cumplir el estudiante de ingeniería, se encuentra en la base de su modo de actuar y de pensar como futuro profesional, existiendo potencialidades a partir de esta perspectiva para fomentar desde la Física, no sólo el desarrollo de las capacidades cognoscitivas con el fin de profundizar en la esencia de las leyes y conceptos, sino también para que adquieran habilidades para uso de procedimientos y desarrollen actitudes que contribuyan a su formación profesional ^{(2), (3)}

Estado de situación actual

En esta propuesta se aborda el diseño de una práctica de laboratorio sobre el tema de electromagnetismo de la asignatura Física II, correspondiente al plan de estudio de las carreras de Ingeniería, de la Universidad Nacional de La Plata, Es de destacar que no se diseña un laboratorio más, sino que en realidad se plantea una innovación pedagógica que pretende mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje.

Las Facultades de Ingeniería del país están en pleno proceso de adecuación y homogeneización curricular como consecuencia de la acreditación de dichas carreras. La propuesta para la acreditación elaborada por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, CONFEDI, resume lo que se pretende que el alumno logre en este nuevo contexto, expresando:

Respecto al Contenido Curricular:

”El plan de estudio debe permitir al estudiante adquirir una base científica sólida. Será motivo de especial valoración las experiencias de laboratorio que estimulen al estudiante para el trabajo creativo y la solución de problemas de resultado abierto, que desarrollen su capacidad de comunicación escrita y oral como también el manejo de las herramientas informáticas”.

Y referente al Proceso enseñanza – aprendizaje:

“El conjunto de experiencias que se debe brindar en el proceso de enseñanza aprendizaje deben basarse en contenidos específicos que tienden a desarrollar en el alumno actitudes, aptitudes y valores dirigidos a la construcción del conocimiento mediante el estímulo de la creatividad e innovación, así como la aplicación del ingenio para la solución de problemas”.

En el informe final de acreditación de nuestras carreras, en la UNLP, se ha concluido que si bien los contenidos teóricos de Física son suficientes en los programas vigentes, deben incrementarse las actividades prácticas de laboratorio.

Este informe, junto con las sugerencias planteadas, pone de manifiesto la importancia que en estos momentos se le está dando a los trabajos experimentales como instrumento facilitador de la adquisición de saberes. Si bien esto no es nuevo, debe reconocerse que en los últimos años se ha

generalizado la tendencia de reemplazar el trabajo experimental por la resolución de situaciones problemáticas teóricas

En particular para nuestra Facultad se recomienda, respecto a los laboratorios, pasar del 12%, del tiempo estipulado en el plan de estudio para el desarrollo de la asignatura, al 25 %.

En este planteo donde se intenta mostrar la situación actual de la enseñanza de la física en nuestras aulas, no podemos dejar de resaltar que se ha ido reduciendo el tiempo estipulado para la enseñanza de la Física en Ingeniería. En nuestro caso, en el transcurrir de los años, se ha pasado de 2 cursos anuales de 6 hs semanales a tres cursos semestres de 6hs en algunas carreras, mientras que en otras, el curso del tercer semestre es de sólo 3 hs semanales. Por supuesto esta reducción necesariamente ha ido acompañada de cambios curriculares que han permitido enseñar igual o mejor en menos tiempo.

A estos hechos le debemos sumar el cambio de paradigma que rige la enseñanza de las ciencias, que pasa de una enseñanza conductista a una constructivista.

Incrementar las actividades de laboratorio implica un cambio sustancial en la metodología de enseñanza, ya que significa transformar las clases con exposición teórica y ejercitación utilizando lápiz y papel en clases con un fuerte basamento experimental, donde el alumno está obligado a participar activamente en la investigación e interpretación de los fenómenos. Es de destacar que en este marco, los laboratorios ha realizar no tienen como único objetivo que el alumno se familiarice con las técnicas de medida sino que principalmente se busca que los mismos sean el camino para favorecer al entendimiento conceptual de los fenómenos físicos.

El avance tecnológico obliga a una modernización de los laboratorios que lleva a la incorporación de computadoras personales para la adquisición y análisis de datos.

En este camino, no sólo se busca la apropiación conceptual por parte del alumno, sino también que adquieran habilidades para uso de procedimientos y desarrollo de actitudes que contribuyan a su formación.

Las investigaciones en enseñanzas de las ciencias avalan la propuesta ya que han mostrado que escuchar hablar sobre ciencia no resulta un método efectivo para desarrollar un entendimiento conceptual y que los estudiantes de cualquier edad aprenden ciencias mejor cuando participan activamente en la investigación e interpretación de los fenómenos. También se ha encontrado que el desarrollo de herramientas pedagógicas adecuadas basadas en la utilización de computadoras personales que favorezcan el análisis, visualización, modelado y comunicación de datos constituyen un medio apropiado para favorecer la participación activa de los estudiantes y ayudarlos en el entendimiento conceptual de las ciencias.

Debemos concluir que debemos mejorar la calidad de la enseñanza-aprendizaje de la física básica y realizarlo en menos tiempo. **¡He aquí el gran desafío para los docentes!**

Aceptar el mismo nos lleva a buscar innovaciones en el aula con la finalidad de ir superando etapas que nos permitan acercar al ideal propuesto. El trabajo presentado es sólo una muestra de lo que se pretende realizar.

Propuesta

El programa de la asignatura Física II está organizado alrededor de ejes temáticos. Luego de desarrollar el concepto de campo, estudiando los campos eléctricos y magnéticos marcando similitudes y diferencias se estudian los circuitos eléctricos. Se analizan los circuitos de continua en régimen estacionario y transitorio.

El laboratorio propuesto se realiza antes de desarrollar la teoría sobre corriente alterna. Ya ha sido estudiado el generador de alterna y los elementos constitutivos del circuito, resistencia (R), capacitor (C) e inductor (L).

El objetivo del laboratorio es ayudar al estudiante a conocer el comportamiento de los elementos de un circuito RL serie, cuando es alimentado por un generador de corriente alterna (c.a.)

Para ello se realiza el análisis del comportamiento de un circuito serie de c.a. compuesto

Situación 1.- por dos resistores

Situación 2.- por resistor e inductor

En ambas casos, el estudiante debe medir con un voltímetro las diferencias de potencial en cada elemento circuital y en la fuente de alimentación.

Lo trascendente de esta propuesta no está en el diseño de la práctica en sí, sino en la posibilidad de promover en el estudiante la reflexión sobre las contradicciones que enfrentará en la construcción de su propio conocimiento, todo lo cual le permita profundizar en el fundamento teórico de la asignatura.

Desarrollo

En la situación 1, circuito serie resistivo, se comprobará efectivamente, que se cumple la Segunda Ley de Kirchhoff, conservación de la energía. En el otro caso, situación 2, se verá con sorpresa que la suma de tensiones medidas no cumple con ella. ¿Hemos medido bien?, esta pregunta se harán los estudiantes. Por supuesto que el profesor también los interrogará: ¿Han medido correctamente?.

En esta instancia, los estudiantes se sienten obligados a verificar que las mediciones han sido correctas dentro de los márgenes de errores calculados. Es entonces hora, de plantear una nueva experiencia con el objetivo de promover una discusión más profunda

Este nuevo laboratorio utiliza como herramienta de medida una computadora que tiene acoplada una placa adquisidora de datos con tres entradas analógicas que se conectan simultáneamente a los puntos del circuito, con vistas a medir las magnitudes correspondientes ⁽⁴⁾.

El programa de la adquisidora, permite visualizar los gráficos de las correspondientes diferencias de potencial en función del tiempo, haciendo notorio el carácter sinusoidal de las tensiones.

A su vez este programa confecciona las tablas correspondientes y tiene la opción de realizar una simulación de la medición en un osciloscopio con tres canales, donde se pueden superponer las tres señales. También, como alternativa, una vez obtenida la tabla de valores se puede utilizar las planillas Excel para graficar.

Para el circuito con resistencias solamente, se comprueba el carácter sinusoidal de las señales y además, el hecho de que están en fase, lo que se puede apreciar en que los máximos, mínimos y ceros ocurren en el mismo instante. Verifican además, que la suma de las diferencias de potencial máximas en cada elemento, es igual a la de la fuente, figura 1.

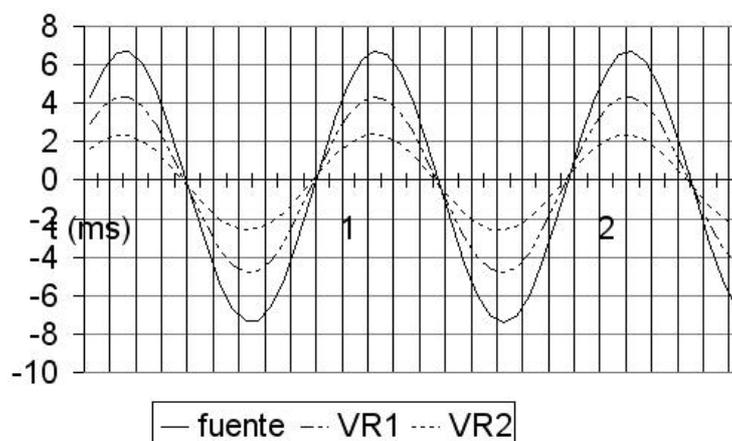


Figura 1

Otro factor que no se puede soslayar en esta situación, es la diferencia entre la amplitud de la señal y los valores medidos con el voltímetro, lo que se le hace notar a los estudiantes.

De esta manera ya el alumno está incorporando a su saber, que cuando se trabaja con corriente alterna hay tres tipos de valores de tensiones y corrientes, a saber los valores instantáneos, máximos y eficaces. Estos conceptos se enseñan en ese instante, no como generalmente se hace, fuera de contexto y en el pizarrón.

En el segundo caso, los estudiantes encontrarán diferencias, o sea, por un lado apreciarán que los máximos, mínimos y ceros están desfasados, pero conservando el mismo período, lo cual es verificable, También comprobarán que la suma de los valores máximos en cada elemento circuital no concuerda con el de la fuente. Ver figura 2

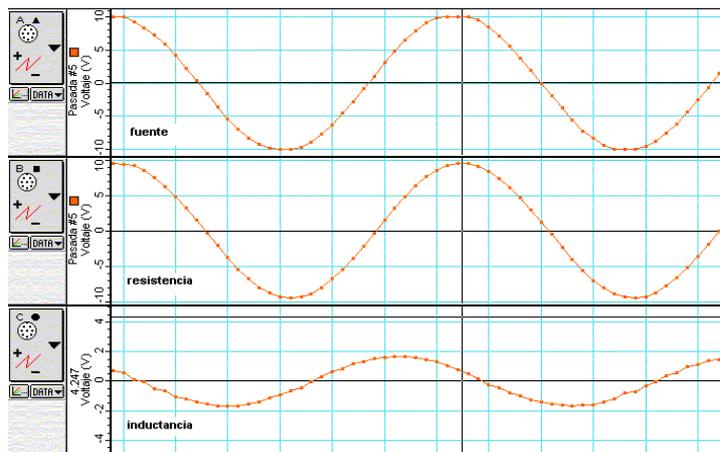


Figura 2

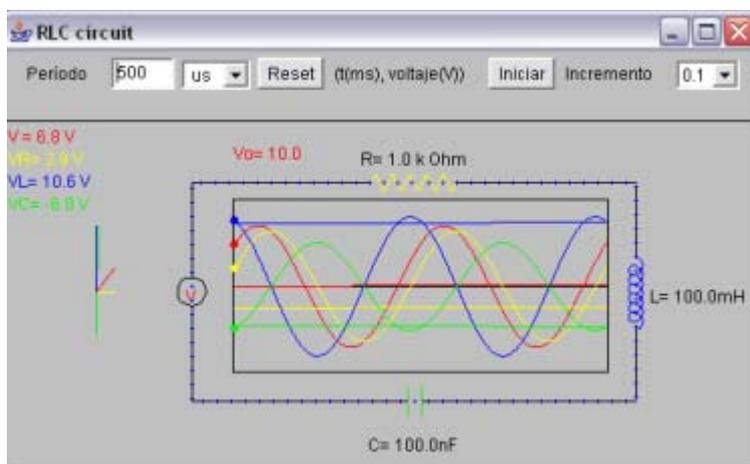
Hasta este momento, los estudiantes no han resuelto la contradicción planteada, consistente en que para un diseño del circuito se cumple la Segunda Ley de Kirchhoff y para otro, en el que sólo se cambia un elemento, no.

En esta situación el profesor sugiere a los estudiantes que intenten hallar respuesta al conflicto en que se encuentran. El alumno debe concluir que obviamente para los valores instantáneos, sí se cumple la Ley.

En esta instancia se está en condiciones de redondear teóricamente el tema. La incorporación al circuito de elementos que almacenan energía en sus campos, tales como inductores y capacitores, hace que se produzcan diferencia de fases entre corrientes y tensiones en los extremos de estos elementos, no sucediendo lo mismo entre los extremos de la resistencia, elemento disipador de energía.

Hoy día la introducción de los TIC's en el aula facilitan el tratamiento fasorial del tema, permitiendo visualizar el comportamiento de circuitos que contienen R, L y C e interactuar con ellos.

En la figura 3 se muestra una imagen del applet ⁽⁵⁾ donde claramente se visualiza el desfase entre tensiones y corrientes en elementos puros en un circuito RLC.



Autor: [Fu-Kwun Hwang](http://www.edu.aytolacoruna.es/aula/fisica/applets/Hwang/ntnujava/indexH.html)

<http://www.edu.aytolacoruna.es/aula/fisica/applets/Hwang/ntnujava/indexH.html>

Figura 3

Los alumnos que han realizado el laboratorio notarán que las gráficas difieren y mucho con las obtenidas por ellos en el laboratorio. **Una nueva contradicción a resolver.**

Es hora de aclarar que cuando se imparte la teoría, tanto en los textos como en las clases, se trabaja con elementos puros (por ejemplo con inductores con resistencia cero). No se debe olvidar que la explicación de todo fenómeno complejo obliga a estudiar primero los modelos más sencillos para que una vez resueltos se pueda avanzar aumentando el grado de complejidad de los mismos. La incorporación de esta metodología de trabajo es también una instancia de aprendizaje para el futuro ingeniero.

En esta instancia se plantearán a los alumnos nuevas situaciones problemáticas a resolver, ligadas al confronto planteado entre experiencia y teoría.

Situación problemática 1: Hallar la resistencia de inductor, utilizando los valores experimentales obtenidos en el laboratorio.

Situación problemática 2: Resolver analíticamente un circuito RL de alterna.

Situación problemática 3: Analizar analíticamente y experimentalmente un circuito RC de alterna.

En el anexo se presenta la guía de trabajo práctico.

Masificación de la propuesta

En cursos de aproximadamente 100 alumnos y contando con 4 PC con placas adquisidoras de datos en una clase de 3hs, prácticamente todos los alumnos pueden realizar la experiencia.

Para optimizar los recursos se divide la clase de laboratorio en dos instancias, la primera de adquisición de datos junto al instrumental y la segunda de análisis y conceptualización en las aulas no destinadas a laboratorio.

El tiempo estimado para la primera instancia, donde se arman los circuitos, se realizan las medidas con voltímetros y PC y, se obtienen las gráficas con el software preparado para tal fin, es de 30 minutos. El tiempo estimado para la segunda instancia es de 1 hora.

El tema de corriente alterna, en nuestro programa, tiene asignada una carga horaria de dos clases. Esta innovación se ajusta a estos tiempos. En una segunda etapa se piensa extender la experiencia a circuitos RC, RLC, serie y paralelo. Un tratamiento integral no sólo contribuirá a una mayor conceptualización de estos temas, sino que también a una real optimización del tiempo, acercándonos a la meta de enseñar mejor en menos tiempo.

La gran ventaja de la utilización de la informática es que los datos experimentales obtenidos, pueden ser colocados en INTERNET para ser utilizados por aquellos laboratorios que no cuentan con placas adquisidoras de datos. En este camino se piensa trabajar con la Universidad de Oriente de Santiago de Cuba

Conclusiones

Con esta propuesta hemos intentado provocar la reflexión sobre cómo motivar el aprendizaje del estudiante, al plantearle una situación aparentemente contradictoria, relacionada con una Ley, cuyo enfoque se realiza teniendo en cuenta situaciones distintas.

La experiencia realizada, como prueba piloto con un grupo reducido de alumnos, nos permite afirmar que:

- Si bien se parte de la premisa, quizás demasiada optimista, que el planteamiento de tareas en el laboratorio, seguramente despierta en el estudiante la necesidad de ser cada vez más un elemento activo en la construcción de su propio conocimiento, sobre la base de permitir un espacio al cuestionamiento, al interrogante y a la contradicción, que se constituyen en pilares para lograr la independencia cognoscitiva en un contexto en que el intercambio con sus semejantes permitirá enriquecer su acervo cultural y profesional. Es de recalcar que no todos los alumnos fácilmente adoptan esta postura, algunos tienden a ser meros receptores. La reiteración de la metodología nos hace presuponer que cada vez más, el estudiantado se verá obligado a producir en sí mismo el cambio necesario para alcanzar el aprendizaje significativo deseado.
- En general la respuesta en lo referente al interés de realizar la experiencia ha sido buena. En cambio sólo los mejores alumnos se comprometieron en la búsqueda de respuestas y de metas cognitivas.

Bibliografía

1. Maturana, Humberto. (1997). "Educar para colaborar o para competir", Revista de Pedagogía; Chile.
http://www.mdnh.org/educacion/educadores.html#4_3 (Acceso: Junio de 2002)
2. Burbules, N. C., Callister, t. A.(h). "Educación: riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información". España. Ediciones Granica. 2001.
3. Castells, M. "La era de la información". Madrid. Alianza Editorial. 1997.
4. 500 Interface Physics. Scince Workshop. Pasco Physics.2005.www.pasco.com
5. Fu-Kwun Hwang . <http://www.edu.aytolacoruna.es/aula/fisica/applets/Hwang/ntnujava/indexH.html>

Anexo 1

Guía de trabajo práctico

Título: Estudio del circuito RL, serie alimentado por un generador de c.a.

Objetivo: Analizar la Segunda Ley de Kirchhoff

Materiales y equipos a utilizar

- 1.- Tarjeta adquisidora de datos con posibilidades de medir tensiones..
- 2.- Generador de señales.
- 3.- Multímetro digital

4.- Resistencias e inductor

Parte 1. Verificación de la Segunda Ley de Kirchhoff utilizando como instrumental voltímetros digitales.

A.- En un circuito compuesto por 2 resistores en serie con el generador de c.a.

Armar el circuito y medir las caídas de tensión en las resistencias con el voltímetro. Comparar su suma con la diferencia de potencial en la fuente. Realizar el análisis de errores

B.- En un circuito compuesto por un inductor y un resistor en serie con el generador de c.a.

Armar el circuito y medir las caídas de tensión en L y R con el voltímetro. Comparar su suma con la diferencia de potencial en la fuente. Realizar el análisis de errores

Parte 2. Verificación de la Segunda Ley de Kirchhoff utilizando como instrumental la PC.

A.- En un circuito compuesto por resistores en serie con el generador de c.a.

A₁: Conectar cada uno de los canales (ABC) de la adquisidora de datos a la fuente y a los resistores.

Recomendación: mantenga la correspondencia de los colores con los de los conectores. Además tenga presente que antes de grabar, debe habilitar cada canal de la adquisidora de datos para medir tensión, graficarlas y visualizarlas en el osciloscopio simulado. También debe predisponer los datos de muestreo, seleccionando la frecuencia (siempre mayor a la de la fuente) y el tiempo

A₂: Realizar el procesamiento de los datos experimentales:

- a) Analizar las graficas obtenidas. Comparar con los datos obtenidos en la Parte 1. Distinguir, en cada caso, si se trabaja con valores instantáneos, eficaces o máximos. En cada medida estudie y/o determine el error cometido
- b) Para un mejor análisis trasladar los datos a una hoja de cálculo (incluido el tiempo), empleando por ejemplo las herramientas de Microsoft Excel. Generar una columna adicional con la suma de V_{R1} y V_{R2} . Graficar la suma de las caídas de tensión instantáneas. En ambos casos compararlas con la diferencia de potencial en el generador de señales.

A₃. Analice estos datos y los obtenidos en la parte 1. Discuta con sus compañeros y saque conclusiones

B. En un circuito compuesto por resistor e inductor en serie con el generador de c.a.

- 1.- Sustituya el resistor R_2 por el inductor.
- 2.- Siga los pasos A_1 al A_3 del ejercicio anterior.

Prepare y resuma los resultados obtenidos para analizarlos con el docente, enfatizando en las conclusiones fundamentales.