

Enseñanza del electromagnetismo: los transformadores eléctricos

Teaching electromagnetism: electrical transformers

Graciela Serrano¹, Lidia Catalán¹, Francisca Julián¹, Silvia Clavijo¹.

1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria-UNCUYO.

gserrano@fcai.uncu.edu.ar

Resumen

Estudiantes universitarios de Física básica manifiestan dificultades para aprender conceptos elementales de corriente alterna y sus relaciones, en particular los vinculados a fenómenos de inducción electromagnética. Buscando revertir esta situación se diseñó e implementó una estrategia didáctica complementaria sobre el tema, a modo de taller, para un grupo voluntario de estudiantes. Se revisaron aspectos teóricos con énfasis en experiencias de laboratorio real y virtual, y en la resolución de problemas. Las respuestas a un problema a desarrollar sobre el tema “transformadores eléctricos” brindadas por los alumnos asistentes se compararon con las dadas por otros estudiantes que no participaron en el taller. Para establecer la comparación se analizaron medidas descriptivas muestrales y se realizaron test no paramétricos. Las medidas descriptivas indicaron en todas las preguntas respuestas más acertadas de parte de los alumnos que asistieron al taller, respecto a quienes no lo hicieron. Sin embargo no es posible, en general, hacer inferencias poblacionales respecto a la diferencia en las respuestas de ambos grupos.

Palabras clave: Transformador eléctrico- Electromagnetismo- Enseñanza.

Abstract

University students of basic Physics manifest difficulties when learning elementary concepts of alternating current and their relationships, particularly those related to electromagnetic induction phenomena. Trying to reverse this situation, we have designed and implemented a complementary didactic strategy on the subject, as a workshop, for a voluntary group of students. Theoretical aspects were reviewed with emphasis on real and virtual laboratory experiences, and problem solving. The answers to a problem to be developed on the topic “electrical transformers” provided by the attending students were compared with those given by other students who did not participate in the workshop. To establish the comparison, sample descriptive measures were analyzed and non-parametric tests were performed. The descriptive measures indicated in all the questions more correct answers from the students who attended the workshop, regarding those who did not. However, it is not possible, in general, to make population inferences regarding the difference in the responses of both groups.

Keywords: Electrical Transformers-Electromagnetism-Learning

1. Introducción

Los estudiantes aprenden el tema de corriente alterna en un curso básico de electromagnetismo, pero este aprendizaje en general es reproductivo: no evidencia el reconocimiento ni la aplicación de leyes y fenómenos físicos. Para los estudiantes de Ingeniería, los temas aplicados son los que despiertan mayor interés al estudiarlos, y también son los que permiten a los docentes la vinculación directa de los principios y leyes de la física con temáticas específicas de la carrera. Considerando así las dificultades de los estudiantes al estudiar electromagnetismo (Catalán *et al.* 2010, Giacosa *et al.* 2014, Almudi *et al.* 2005) y las necesidades disciplinares específicas que impactan en el ciclo superior, nos preguntamos si una instancia de aprendizaje complementaria aplicada a un grupo reducido de alumnos mejoraría el aprendizaje, evidenciado por la calidad de las argumentaciones de sus respuestas, sobre el tema corriente alterna (Toulmin, 1958).

Para responder a esta pregunta se diseñó una instancia de aprendizaje complementaria opcional de corriente alterna bajo la modalidad de “taller”, al finalizar el cursado de la asignatura Física II. Si bien, habitualmente los contenidos de corriente alterna se desarrollan durante el cursado de la asignatura para todos los estudiantes, en el taller se buscó complementar este aprendizaje, brindando al estudiante posibles situaciones a resolver que favorecieran un aprendizaje significativo. Entre las actividades abordadas se encuentra el diseño de un transformador eléctrico. Durante el desarrollo de esta tarea los alumnos trabajaron en laboratorio real, discutieron la estructura del transformador eléctrico, revisaron leyes y conceptos físicos, y dedujeron fórmulas, para luego resolver problemas.

En este trabajo se analizan, con recursos estadísticos, los contenidos de las argumentaciones de las respuestas a las actividades desarrolladas, considerando que una buena argumentación científica refleja un aprendizaje de buena calidad (Henao y Stipcich, 2008). El objetivo fue comparar, a partir de cinco categorías de análisis, el

aprendizaje del tema “transformadores eléctricos” de alumnos que asistieron al Taller (grupo experimental) respecto de los que no lo hicieron pero que habían cursado regularmente la asignatura (grupo de control). Para ello se analizó el contenido de las argumentaciones usadas por los estudiantes para la resolución de una actividad solicitada sobre el tema “transformadores” y son las características de estas argumentaciones las que brindan criterios para caracterizar el aprendizaje del tema. Los resultados que se muestran representan un insumo para el diseño de futuras estrategias didácticas, que el grupo de investigadores del proyecto en el que se inserta este trabajo planea realizar, y aporta a la literatura existe en torno a la enseñanza y el aprendizaje del tema.

2. Materiales y métodos

Población: Conformada por 18 estudiantes de las carreras de Ingeniería Química, Ingeniería en Industrias de la Alimentación y Profesorado de grado universitario en Química que han cursado en diferentes años Física II (con contenidos de electromagnetismo) y deben rendir el examen final. La población se dividió en Grupo 1 y Grupo 2. El Grupo 1 es el grupo experimental (formado por 12 alumnos voluntarios que asistieron al taller de corriente alterna) y el Grupo 2 es grupo de control (6 alumnos que no asistieron al taller de corriente alterna).

Instrumento: Todos los alumnos respondieron por escrito el mismo problema abierto sobre el tema transformadores eléctricos, en situación de evaluación. Los alumnos del grupo experimental lo hicieron al finalizar el taller, y los del grupo de control al rendir sus exámenes finales de Física II. A partir de las respuestas de los estudiantes a la consigna “*Explique el funcionamiento de un transformador eléctrico a partir de las leyes o principios físicos que fundamentan el funcionamiento de este dispositivo (realice esquemas, obtenga expresiones para realizar cálculos en el transformador, etc.). Discuta: ¿qué ocurrirá en el transformador si el primario se alimenta con corriente continua?*”. A partir de las argumentaciones explicitadas por los alumnos, se establecieron cinco categorías de análisis vinculadas a las capacidades de los estudiantes de reconocer elementos constitutivos del transformador, esquematizar, identificar leyes o principios físicos, operar fundamentalmente para obtener expresiones simbólicas que regulen el funcionamiento del transformador y predecir comportamientos.

3. Resultados y Discusión

Las respuestas de los estudiantes al problema abierto fueron organizadas en cinco categorías, que consideramos como indicadores del aprendizaje del tema, y las respuestas se calificaron de 0 a 3 (ver Tabla 1). Las respuestas brindadas por los estudiantes de ambos grupos tuvieron un tratamiento estadístico con el software IBM SPSS Statistics 22.

Se recurrió para el tratamiento de las respuestas a estadísticas descriptivas y a test de naturaleza no paramétrica, debido a los tamaños muestrales y la naturaleza categórica de ambas variables (variable grupo y variable respuesta).

Tabla 1. Organización de las respuestas y categorías de análisis

Categorías de análisis:		puntuación
1) Identificar los elementos constitutivos del transformador	Nombra correctamente	3
	Nombra algunos elementos	2
	Nombra con errores	1
	No contesta	0
2) Realizar esquema del transformador	Completo y correcto	3
	Incompleto y correcto	2
	incompleto con errores	1
	No responde	0
3) Identificar las leyes físicas involucradas en el fenómeno	Enuncia verbal o simbólicamente	3
	Enuncia solo verbal o sólo simbólicamente	2
	Enuncia con errores	1
	No identifica	0
4) Deducir fórmulas de manera justificada	Desarrollo totalmente correcto	3
	Desarrollo incompleto y correcto	2
	Desarrollo con errores	1
	No responde	0
5) Fundamentar el funcionamiento con corriente continua	Explica correctamente	3
	Responde correctamente sin justificar	2
	Respuesta con errores	1
	No responde	0

Todas las categorías fueron analizadas con medidas descriptivas y, además, en cada categoría se realizaron test no paramétricos para decidir si, a nivel estadístico puede o no considerarse la dependencia de la respuesta según el grupo de procedencia. Estos test se describen en particular para la Categoría 1.

Categoría 1: Identificar los elementos constitutivos del transformador

Lo deseado desde el punto de vista educativo al implementar este taller, es tener resultados que muestren que la respuesta esperada disminuye su calificación al pasar del grupo experimental (grupo 1) al grupo de control (grupo 2). La Figura 1 ilustra las respuestas dadas a la primera pregunta, tendiente al reconocimiento de los elementos constitutivos de un transformador eléctrico. Analizando las

estadísticas descriptivas (ver Tabla 1), una comparación de medias para la Categoría 1 arroja un valor de 2.42 en el grupo experimental, más de 1 punto superior a la media de 1.33 en el grupo de control. Así, se encuentra a nivel muestral una prevalencia en mayor nivel de respuestas (2 y 3) en alumnos del grupo 1 respecto a alumnos del grupo 2. Posteriormente, tratamiento de odds-ratio muestral realizado en tablas 2x2, en las que se unificaron las respuestas en correctas (respuestas 2 y 3) e incorrectas (respuestas 0 y 1) sobre las respuestas a la primera categoría indica que hay 5,5 veces más posibilidades de responder correctamente en el grupo 1(experimental) que en el grupo 2.

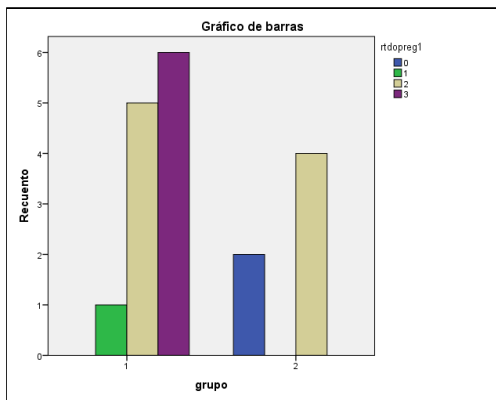


Figura 1. Elementos constitutivos del transformador: Respuesta por grupos

Se realizaron test no paramétricos para decidir la independencia de la respuesta respecto al grupo de procedencia de los estudiantes. Estos test son Chi Cuadrado de Razón de Verosimilitud y la Prueba Exacta de Fisher (en los casos donde el test Chi cuadrado no era conveniente de aplicar). Todos los test dieron respuestas coincidentes: hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis de independencia entre los valores de respuesta a la Categoría 1, obtenidos en el grupo 1 y 2 y asumir que existe algún tipo de relación estadísticamente significativa, (por ejemplo al 3% en la Prueba exacta de Fisher), entre la respuesta y el grupo de procedencia.

También se realizaron lecturas de medidas direccionales con el estadístico D de Somer, y lecturas de medidas simétricas con los estadísticos Tau-b de Kendall y Tau-c de Kendall. La Prueba U de Mann – Whitney permitió analizar la diferencia entre las medidas de tendencia central entre ambos grupos, y de la misma se concluye que las medidas de tendencia central entre ambos grupos difieren en forma significativa (p-valor = 0,041), considerando que la hipótesis alternativa planteada bajo este test es P (Puntuación obtenida en Grupo 1 > Puntuación obtenida en el Grupo 2) es distinta a 0,5. Del test unilateral derecho sobre el Test U de Mann – Whitney el p-valor=0,02 permite concluir que la

probabilidad de que se obtenga una puntuación en el grupo 1 mayor a la puntuación en el grupo 2 es mayor al 50%. La interpretación del p-valor unilateral es debido a que se pudo aplicar U de Mann Whitney para muestras grandes considerando que el tamaño del grupo experimental (Grupo 1) es mayor a 10. Sobre el test de medianas, no da significativo al 5% es decir se pueden asumir medianas iguales entre los dos grupos de respuesta. La prueba de Kolmogorov no da significativa, por lo cual a nivel de distribución de frecuencias se puede asumir respuestas similares en ambos grupos. En síntesis, las pruebas indican que hay diferencias entre los grupos y esta diferencia debe radicar en los valores de tendencia central que no sea la mediana. (Tabla 2, transcrita de la imagen brindada por SPSS)

Tabla 2. Estadísticas de comparación de medidas de tendencia central para la Categoría 1.

Resumen de contraste de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
Las medianas de Categoría 1 son las mismas entre los grupos	Prueba de la mediana para muestras independientes	0.054	Conserve la hipótesis nula.
La distribución de resultados de la Categoría 1 es la misma entre grupos	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	0.041	Rechace la hipótesis nula.
La distribución de resultados de la Categoría 1 es la misma entre grupos	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para muestras independientes	0.270	Conserve la hipótesis nula.
Se muestran distribuciones asintóticas. El nivel de significancia es 0.05			

Categoría 2: Realizar esquema de un transformador eléctrico.

Para responder los alumnos debieron realizar un esquema del transformador y nombrar sus partes, además de dar indicios de las conexiones en el primario y secundario.

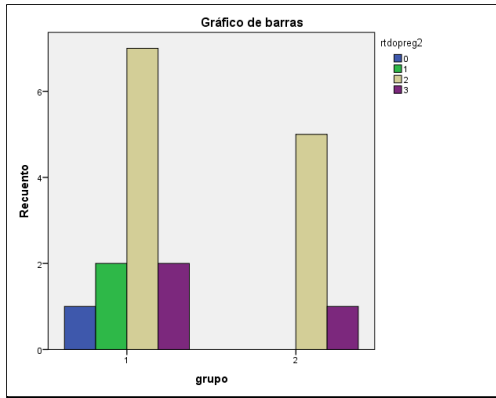


Figura 2. Esquema del transformador: Respuestas por grupo.

Del estudio de las medidas descriptivas (Tabla 1) se observa que el Grupo 1 tiene una media de respuesta (1,83) menor a la media del grupo 2 (2,17), siendo las medianas exactamente iguales. La asimetría negativa en las respuestas del primer grupo indica la presencia de respuestas incorrectas o inexistentes con calificación por debajo de la media, situación que no se observa en el segundo grupo (asimetría positiva) dado que todas las respuestas fueron correctas.

Para analizar la independencia de respuestas procedentes de ambos grupos, se realizaron test no paramétricos (Chi-cuadrado de Pearson, Razón de verosimilitud, Prueba exacta de Fisher, Asociación lineal por lineal) y sus resultados permiten descartar posible dependencia entre las respuestas de ambos grupos. Los test de medidas simétricas y direccionales dan no significativos, así podría asumirse que no hay una relación lineal entre las variables grupo de procedencia y respuesta del alumno a la pregunta 2.

Categoría 3: Identificar las leyes físicas involucradas.

En esta categoría se incorporan las respuestas dadas por los estudiantes buscando caracterizar el fenómeno en el que basa su funcionamiento el transformador eléctrico empleando diferentes lenguajes. Los resultados de los test no paramétricos muestran que no hay suficiente evidencia muestral de que las variables tengan algún tipo de relación. Tampoco hay suficiente evidencia estadística como para asegurar que la respuesta a la pregunta 3 dependa del grupo de procedencia, ni de que exista correlación entre las variables en estudio. No se puede considerar que la diferencia entre medianas, medias y distribución de frecuencias sea significativa en la respuesta a la pregunta 3 entre ambos grupos.

Realizando estudios descriptivos (ver Tabla 1) y odds-ratio muestral en tablas 2x2, agrupando las

respuestas en correctas (2 y 3) e incorrectas (0 y 1), se observa que hay 7 veces más de posibilidades de responder adecuadamente estando en el grupo 1 que en el grupo 2.

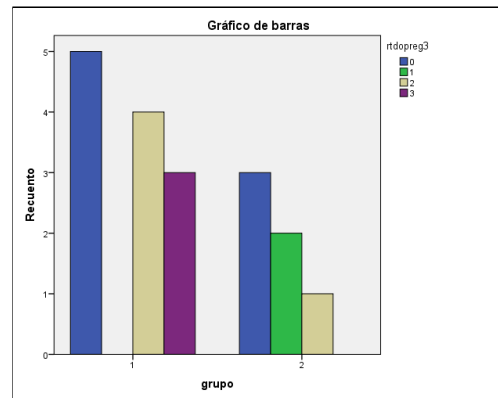


Figura 3. Identificación de las leyes físicas: Respuesta por grupo.

Categoría 4: Deducción justificada de fórmulas.

Los estudiantes debieron obtener, de manera justificada a partir de la interpretación del fenómeno de inducción electromagnética en el transformador, las relaciones que permiten modelizar el uso de este dispositivo.

Los test no paramétricos aplicados sobre las respuestas indican que no hay evidencia muestral suficiente como para asumir que haya una relación entre las respuestas de los estudiantes y el grupo de procedencia. En tanto a los estudios descriptivos, realizando odds-ratio muestral en tablas 2x2 con el criterio indicado anteriormente, se encuentra que hay 7 veces más de chance de deducir adecuadamente las fórmulas de transformador estando en el grupo 1 que en el grupo 2.

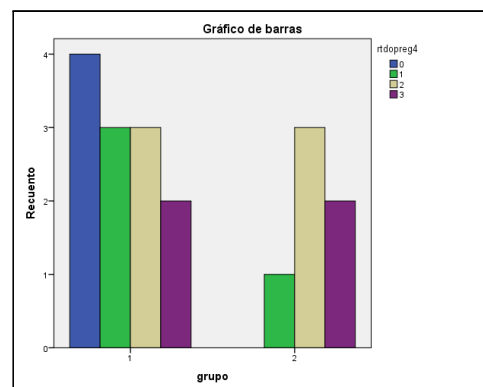


Figura 4: Deducción de fórmulas: Respuesta por grupo.

Categoría 5: Fundamenta el funcionamiento de un transformador con corriente continua.

Esta categoría surge de agrupar las respuestas de los alumnos al predecir el comportamiento de un transformador eléctrico al conectarlo a corriente continua. El odds-ratio muestral en tablas 2x2 confeccionada con la agrupación de respuestas, indicó que un alumno del grupo experimental tiene 4 veces más posibilidades de responder correctamente que un alumno del grupo de control. Sin embargo, los test no paramétricos indican que no existe evidencia estadística suficiente para decir que las respuestas de ambos grupos son diferentes.

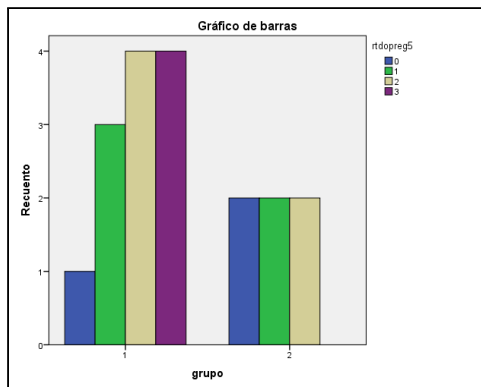


Figura 5. Fundamentación de funcionamiento: Respuesta por grupo.

4. Conclusiones

Los test no paramétricos aplicados a los resultados por grupo y categoría de análisis permiten concluir que, con respecto a la primera categoría (identificación de los elementos constitutivos del transformador), existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos evaluados, se puede considerar que la respuesta es dependiente del grupo al que pertenece el alumno, favoreciendo como mejor respuesta al grupo experimental que asistió a la instancia de aprendizaje complementaria. Los resultados muestrales evidenciarían una mayor probabilidad en dar respuestas correctas (completa o parcialmente) para los alumnos del grupo experimental por sobre los del grupo de control.

Sin embargo, los test no paramétricos no muestran diferencias estadísticas significativas entre las respuestas agrupadas en las restantes categorías, es decir: no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en las categorías 2, 3, 4 y 5.

Los estudios muestrales realizados con odds-ratio muestral en tablas de respuestas agrupadas (correctas-incorrectas) 2x2 indican, en todas las categorías, una mayor posibilidad de respuesta correcta por parte de los estudiantes que asistieron al taller en esta instancia de aprendizaje complementaria.

En síntesis: si bien desde el punto de vista inferencial no puede asegurarse diferencia significativa entre las respuestas de los alumnos que asistieron al taller y los que no lo hicieron, en las tareas de representar gráficamente el transformador e identificar y aplicar las leyes que explican el fenómeno en el cual se basa su funcionamiento, sí existe diferencia en los resultados muestrales como lo indican los estadísticos muestrales y los resultados de odds-ratio. Así, considerando estos resultados muestrales y sin hacer inferencia, se estaría en condiciones de afirmar que los estudiantes que asistieron a la instancia de aprendizaje complementaria mostraron, en términos generales, mayor posibilidad de dar respuestas correctas en todas las categorías de análisis, frente a los alumnos que no asistieron a esta instancia.

Sin embargo, debe hacerse notar que los resultados estadísticos encontrados no concuerdan con los esperados: que el rendimiento del grupo que asistió al Taller fuera superior, mostrando con ello un mejor aprendizaje, evidenciado en la calidad y pertinencia de sus argumentaciones, respecto al grupo de estudiantes que no participaron en esta estrategia didáctica adicional.

5. Referencias

- Almudí, M.; Zuza, C. y Bonet, E. (2005). *Explicando los fenómenos de inducción electromagnética: relevancia de su enseñanza y dificultades de aprendizaje*. Enseñanza de las ciencias, número extra, 2005.
- Catalán, L.; Caballero Sahelices, M. y Moreira, M. (2010). *Niveles de conceptualización en el Campo conceptual de la Inducción electromagnética. Un Estudio de Caso*. Latin-American Journal Physics Education. Vol. 4, No. 1, Jan. 2010
- Giacosa, N.; Zang, C. y Ramiro Galeano, A. (2014). *Oscilaciones electromagnéticas forzadas: análisis del sistema simbólico y lingüístico en libros de texto universitarios*. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 26, n° extra. Dic. 2014
- Henao, B. y Stipcich, M. (2008). *Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 7 N°1 (2008)
- Toulmin, S. 1958. *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.