

Experiencia de la matemática, aplicada a los circuitos eléctricos en la carrera de ingeniería eléctrica.

Experience of mathematics, applied to electrical circuits in the electrical engineering career.

Henry Mariña Leyva, Maykop Pérez Martínez, José María Anta Vega
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA HABANA JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA, CUBA
henrym@cemat.cujae.edu.cu, maykop@electrica.cujae.edu.cu, janta@cemat.cujae.edu.cu

Abstract

En la actualidad el perfeccionamiento curricular realizado en la carrera de ingeniería eléctrica ha conllevado a un nuevo plan del proceso docente, en el que la esencialidad de los contenidos constituye un aspecto fundamental para reducir el tiempo de formación y lograr mayores niveles de independencia y protagonismo del estudiante. También es importante como se integran estos contenidos entre las distintas disciplinas que conforman la carrera. En correspondencia el MES tiene dentro de sus premisas para la elaboración de los Planes de estudio E “Potenciar el protagonismo del estudiante en su proceso de formación”, surgiendo así este trabajo donde se han integrado las disciplinas de matemática y circuitos eléctricos, desarrollándose materiales didácticos, como monografías dirigidos a la enseñanza–aprendizaje de la matemática aplicada a los circuitos eléctricos en temas como variables de estados y método de frecuencia para el análisis de circuitos eléctricos, lo cual no solo ayudará a mejorar el proceso de enseñanza–aprendizaje sino también a la motivación de los estudiantes por la carrera. La investigación se desarrolló en la carrera de Ingeniería Eléctrica, para estudiantes de segundo año, de la Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE, y sus resultados fueron evaluados a partir de entrevista a los estudiantes.

At present, the curricular improvement carried out in the career has led to a new plan of the teaching process, in which the essentiality of the contents constitutes a fundamental aspect to reduce the training time and achieve higher levels of independence and protagonist of the student. It is also important how these contents are integrated between the different disciplines that make up the career. Correspondingly, the MES has within its premises for the elaboration of the Study Plans E “To promote the protagonist of the student in their training process”, thus arising this work where the disciplines of mathematics and electrical circuits have been integrated, developing didactic materials, such as monographs aimed at teaching - learning mathematics applied to electrical circuits on topics such as state variables and frequency method for the analysis of electrical circuits, which will not only help to improve the teaching - learning process but also to the motivation of students for the race. The research was developed in the Electrical Engineering career, for second-year students, of the Technological University of Havana, CUJAE and its results were evaluated from an interview with the students.

Palabras clave: enseñanza de las matemáticas, circuitos eléctricos, proceso de enseñanza–aprendizaje.

Keywords: [teaching of mathematics](#), [electric circuits](#), [teaching–learning process](#).

1. Introducción

En la actualidad, la carrera de ingeniería eléctrica sufrió una transformación curricular, en correspondencia con el Ministerio de Educación Superior (MES), donde en sus bases conceptuales para la elaboración de los planes de estudio “E” plantea que en la disciplina debe existir la unidad de la lógica interna de la ciencia con la lógica del proceso de enseñanza–aprendizaje, garantizando una formación teórica dentro de su ámbito del saber y una aplicación de estos conocimientos en la resolución de problemas, traducándose en lograr mayores niveles de esencialidad en los contenidos de dichas disciplinas (MES, 2017), lo anteriormente planteado trajo como consecuencia que las asignaturas de circuitos eléctricos y matemáticas sufrieran transformaciones en la concepción de su proceso de enseñanza–aprendizaje que se tenía en los planes de estudios anteriores, pues entre otras cosas disminuyó el número de horas en la impartición de las mismas.

Por otro lado el (MES, 2017) plantea que en una época de rápida obsolescencia del conocimiento, la importancia de que el estudiante aprenda a aprender y se motive para adquirir nuevos conocimientos constituye una necesidad para su formación permanente, por lo que se hace necesario “Potenciar el protagonismo del estudiante en su proceso de formación”, además de “Lograr una integración adecuada entre las actividades académicas, laborales e investigativas” donde es importante que en la actividad académica esté presente el vínculo teoría–práctica, es decir, que los estudiantes aprendan a aplicar los conocimientos en situaciones prácticas, a manejar instrumentos y equipos, así como a realizar prácticas de laboratorio sobre bases teóricas para el desarrollo de habilidades profesionales necesarias en su desempeño futuro.

Por su parte, las asignaturas de Circuitos Eléctricos constituyen la base fundamental del perfil del Ingeniero Electricista, ya que en ella se estudian todos los métodos generales de análisis de circuito, adquiriéndose en el proceso de enseñanza–aprendizaje (PEA), todas las habilidades prácticas necesarias para su utilización en la vida laboral y en otras disciplinas de años superiores, así como la confrontación y verificación de la fundamentación teórica, lo cual forma en el estudiante un método científico de trabajo.

Las asignaturas de circuitos eléctricos tienen un total de 144 horas/clases lo que representa aproximadamente el 5% del currículo base, persigue como objetivo, contribuir a la formación integral de ingenieros electricistas capaces, entre cosas, de:

- Poseer una formación integral teórico–práctica y científico–técnica, que le permita de forma independiente resolver los ejercicios de la profesión, desarrollando además la capacidad de adquirir conocimientos por sí mismos.
- Analizar circuitos eléctricos lineales, pasivos y activos en estado estable, en los regímenes de corriente directa, alterna, periódico no sinusoidal y aperiódico.
- Analizar circuitos eléctricos lineales, pasivos y activos, en estado transitorio, particularizando para circuitos de primer y segundo orden, para distintos tipos de estímulos.

Lo anterior demuestra la importancia que tiene para los estudiantes tener como precedente los conceptos matemáticos antes de enfrentarse a la resolución de los circuitos eléctricos.

Por otra parte, en el caso de la disciplina de Matemática Superior que se imparte en el segundo año de la carrera, sufrió una reducción del número de horas en el nuevo plan de estudio E, quedando con un total de 144 horas/clases. A esto se le suma que las matemáticas de todas las carreras ingenieriles se integraron en un tronco común, lo que trae como consecuencias deficiencias en la aplicación de la matemática en el perfil del ingeniero electricista asociadas al

proceso de enseñanza–aprendizaje, lo que permite considerar que estas no favorecen el correcto desempeño profesional y por tanto no cumplen con su encargo social. Es válido resaltar también que los objetivos instructivos de la disciplina de Matemática Superior, que en otro momento respondían directamente al perfil del egresado del ingeniero electricista, en estos momentos responden a la formación de un ingeniero esencial. A partir de esta visión actual del perfil del egresado se ha hecho necesario modificar los programas analíticos de la disciplina de Matemática Superior, lo que ha conllevado a la supresión de contenidos y herramientas necesarias para la formación del futuro ingeniero electricista. Y por otro lado se ha visto en la necesidad de buscar alternativas complementarias a través de la interdisciplinariedad con la disciplina de Circuitos Eléctricos para cubrir este espacio vacío mediante materiales monográficos.

Además, en reciprocidad con el análisis anterior, existen diferentes autores, tanto nacionales como internacionales, que aportan elementos de manera significativos, en la investigación que se propone, como, por ejemplo: los elementos a tener en cuenta en el proceso de enseñanza–aprendizaje de conceptos y sus definiciones en la disciplina de matemática superior para mejorar las herramientas que le permitan tener al futuro ingeniero eléctrico un buen desempeño profesional; (Melo , 2003), (Zuñiga 2007), (Brito, Alemán, Fraga , Para, & Arias, 2011), (Pérez F. , 2013), (Chávez , Sabín , Toledo , & Jiménez , 2013), (García , 2014), (Soriano , Grau , & Cruz , 2014), (Martínez & Pérez , 2016), (Grisales, 2018), (Bueno & Naveira , 2020). Todos estos autores han reconocido la importancia de investigar y realizar estudios que enriquezcan el proceso de enseñanza–aprendizaje, sin embargo, se valora la necesidad de realizar investigaciones referentes a la concepción didáctica del proceso de enseñanza–aprendizaje relacionado con las asignaturas de matemática superior aplicada a los circuitos eléctricos a partir de los cambios curriculares. A partir de indagaciones teóricas y empíricas realizadas por los autores, acerca de los planes de estudios precedentes y el actual, además entrevistas con profesores de más de 20 años de experiencia en la carrera, se ha podido conocer que todavía existen dificultades en el proceso de enseñanza–aprendizaje de la matemática superior, en gran parte en la apropiación de los conceptos y como estos son aplicados a los procesos o problemas profesionales por parte de los estudiantes.

El objetivo de este trabajo es mejorar el proceso de enseñanza–aprendizaje de la matemática superior a partir de su aplicación en las asignaturas de la carrera de ingeniería eléctrica, específicamente en las asignaturas de circuitos eléctricos en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, para estudiantes de segundo año, de la Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE.

2. Materiales y métodos

Para desarrollar la investigación que se presenta, se revisaron los planes de estudios en vigor, así como los planes de clases con el objetivo de definir los objetivos directrices más importantes para los ingenieros electricistas, se realizaron reuniones metodológicas en la disciplina e interdisciplina en la que se involucraron profesores de circuitos eléctricos y matemática con el fin de desarrollar materiales didácticos que se proponen como resultado de este trabajo. Con el objetivo de contrastar los resultados obtenidos se realizaron entrevistas abiertas a los estudiantes de segundo año de la carrera.

3. Discusión y Resultados

Como resultado del trabajo metodológico realizado por las disciplinas de circuitos eléctricos y matemática superior se obtuvo la propuesta de los materiales didácticos desarrollados por los

autores en (Mariña ,Pérez ,& Anta , 2020) y (Mariña, Pérez, & Anta, 2021), que servirán de guía a los estudiantes para aplicar los conocimientos de matemática superior en las asignaturas de circuitos, a través del desarrollo de talleres educativos, de clases prácticas y laboratorios que se proponen a continuación. En (Mariña, Pérez , & Anta , 2020), los autores explican desde el contexto de la matemática superior, partiendo de los conocimientos que los estudiantes han adquirido en la asignatura de Circuitos Eléctricos I, como son el análisis de procesos transitorios en el dominio del tiempo, o sea: a partir de ecuaciones diferenciales en el tiempo, en el caso de circuitos de primer orden y de segundo orden serie-paralelo, el concepto de variable de estado para el análisis de los procesos transitorios en el dominio del tiempo que ocurren en los circuitos eléctricos.

Mientras que en (Mariña, Pérez, & Anta, 2021), explican las herramientas matemáticas fundamentales utilizadas para el análisis circuital donde aparecen con estímulos de forma constante o sinusoidal. Exponen, además, que tales expresiones describen la forma de onda satisfactoriamente, pero no permiten determinar la respuesta del circuito o complejizan su análisis. En la práctica de la ingeniería eléctrica es frecuente encontrar ondas periódicas no sinusoidales, entre estas: cosinusoide rectificadas, muy empleada en electrónica de potencia. Onda cuadrada, muy empleada en electrónica de potencia, también. Diente de sierra empleada en el barrido de los osciloscopios, instrumento estudiado en electrónica de potencia.

Ejemplo 1. Propuesta de clase práctica.

Plantee la ecuación de estado para el circuito mostrado en la Figura 1, después de la conmutación, identificando primeramente las variables de estado y calcule el vector de estado inicial.

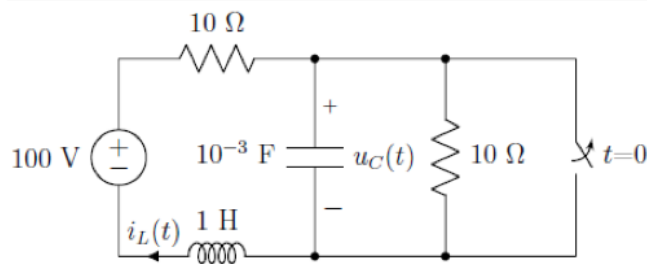


Figura 1 – Circuito RLC serie-paralelo.

Lo que se pretende con este ejercicio de clase práctica es que el estudiante a partir del concepto de variable de estado brindado por (Mariña , Pérez & Anta , 2020) pueda por si solo identificarlas en el circuito después de ocurrida la conmutación del interruptor, esto ayuda a que el estudiante desarrolle mayores niveles de independencia, integre los conocimientos de circuitos eléctricos y se sea parte activa de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje.

Ejemplo 2. Propuesta de clase práctica y laboratorio.

A partir del ejemplo anterior obtener la solución de la ecuación de estado, en este momento se presenta el método de los coeficientes indeterminados, con lo cual el estudiante puede resolver de forma manual las ecuaciones de estado de segundo orden generada por el circuito, se debe resaltar que el orden de las ecuaciones de estado depende de la cantidad de variables de estado que se presente en el circuito en este caso dos. Enfatizando que en los circuitos eléctricos que se analizan bajo el enfoque de variables de estado los casos más comunes de valores propios son: los reales y diferentes, y los complejos conjugados. No apareciendo, generalmente, en la matriz del sistema valores propios repetidos, la dinámica física de los circuitos impone esta característica. Se le orienta al estudiante, para el trabajo en el laboratorio, comprobar los resultados pueden

con el software libre Scilab, donde en (Pérez, Rodríguez & Ramos, 2019), se hace referencia a los diferentes comandos que puede ser de utilidad para los estudiantes, material que se propone como bibliografía complementaria en las asignaturas de circuitos eléctricos y matemática superior potenciando, a criterio de los autores, la vinculación entre ambas disciplinas en las prácticas de laboratorios.

Ejemplo 3. Propuesta de clase práctica y laboratorio

Sea la función $f(t)$ definida en la Figura 2(a), la tensión de la fuente $u_s(t)$ en el circuito de la Figura 2(b). Determine la respuesta $u_o(t)$ del circuito y dibuje los espectros de frecuencia de $u_s(t)$ y de la respuesta $u_o(t)$.

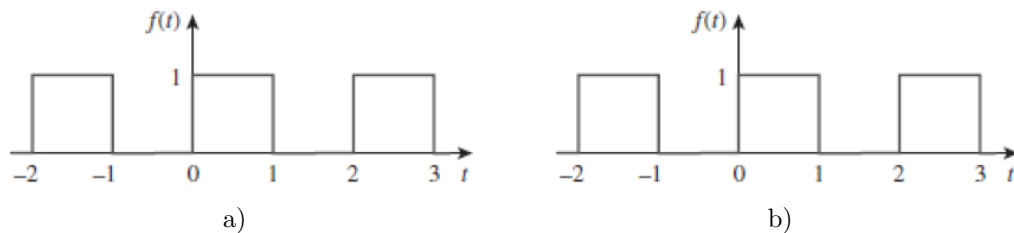


Figura 2 – a) Función ejemplo 3. b) Circuito RL ejemplo 3..

En este ejemplo se le explicará al estudiante, el método de frecuencia para el análisis de los circuitos eléctricos. En la práctica se encuentra que muchos circuitos son excitados por medio de funciones periódicas no sinusoidales. Para determinar la respuesta en estado estable de un circuito a una excitación periódica no sinusoidal se requiere la aplicación de una serie de Fourier y el principio de superposición. En (Mariña, Pérez, & Anta, 2021), se explican detalladamente los pasos a seguir en el caso de los circuitos eléctricos, pudiéndose resumir como, pasos para aplicar la serie de Fourier:

- Se expresa la excitación o estímulo como una serie de Fourier en la forma compleja.
- Se transforma el circuito del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia discreta.
- Se encuentra la respuesta de las componentes de corriente directa y corriente alterna en la serie de Fourier.
- Se suman las respuestas individuales de corriente directa y corriente alterna utilizando el principio de superposición.

Utilizando el software mencionado anteriormente se pueden determinar las formas de ondas de los desarrollos de Fourier de $u_s(t)$ y $u_o(t)$, sobrepuestas en las formas de ondas exactas con el objetivo de validar los resultados obtenidos, tarea que se le orienta al estudiante para el trabajo en el laboratorio. Con el desarrollo de este ejercicio se puede llegar a la conclusión que es cierto que el método fasorial, explicado en las asignaturas de circuitos eléctricos, es un método ventajoso para aplicar donde los estímulos estén representados por sinusoides o combinación de estos, pero no es un método general que vincule directamente con otros métodos operacionales como las transformadas de Fourier y Laplace, impartido en las asignaturas de matemática superior, ya que presenta la desventaja que un análisis fasorial se aplica sólo cuando la frecuencia es constante; esto se aplica al manipular dos o más señales sinusoidales de la misma frecuencia. Es por eso, que en un análisis más profundo de circuitos eléctricos sencillos con estímulos periódicos no sinusoidales, como el que se presenta, se prefiere utilizar el método de Fourier

en la forma exponencial, para tener una analogía directa con la transformada de Fourier, por ejemplo, en el dominio de la frecuencia; además que, de la forma exponencial de la serie de Fourier se deriva directamente la transformada de Fourier y las propiedades de frecuencia se mantienen invariantes, con la única excepción de que en esta última el dominio de la frecuencia es continuo.









4. Resultados








En entrevistas realizadas a los estudiantes después, de poner en práctica, las ideas aquí expuestas todos confirmaron que es importante comprender como se integran los conocimientos de la matemática superior en asignaturas técnicas como son los circuitos eléctricos, además de disminuir los contenidos puramente teóricos, y tenerlos aplicados en clases prácticas y laboratorios, y explicados en los materiales que brindados por los profesores. Constatándose que la contextualización de la matemática superior a la carrera de ingeniería eléctrica responde a los cambios curriculares actuales, potenciando el PEA, garantizando también un adecuado uso de la simulación posibilitando una mejor preparación de los estudiantes para enfrentar las disciplinas siguientes.

5. Conclusiones

Se concluye que el uso de este tipo de recursos en clases de matemáticas y circuitos eléctricos tiene un impacto positivo en los estudiantes, sin embargo, hace falta realizar estudios que profundicen más respecto a este impacto, garantizando que las nuevas metodologías y técnicas de enseñanza–aprendizaje deben inducir a que el docente actúe en el PEA como facilitador, de tal manera que los estudiantes desarrollen competencias y habilidades que le permitan un buen desarrollo profesional. En consecuencia, para que la Universidad actual cumpla con las demandas de formación actuales, se reitera la importancia de que los profesores adopten nuevos enfoques en el PEA y la formación profesional, especialmente en los que se refiera al aprendizaje basado en el planteamiento de problemas, que refleja la naturaleza de la propia ingeniería, dado que es bajo este escenario en que el futuro ingeniero puede adquirir los conocimientos y métodos de carácter científico que lo habilitarán y que le pueden garantizar el éxito profesional. También como resultado de la realización de las actividades meteorológicas entre ambas disciplinas se han desarrollado materiales didácticos, como los que se proponen, que han ayudado a los estudiantes a mejorar su propio proceso de enseñanza–aprendizaje, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en la matemática superior contextualizada en los circuitos eléctricos.

Referencias

-  Grisales, A. (2018). *Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas*. Entramado vol.14, No.2, ISSN 1900-3803. <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v14n2/1900-3803-entra-14-02-198.pdf>
-  Pérez, M., Rodríguez, Y., & Ramos, J. (2019). *Simulación con Matlab*. Monografía. ISBN: 978-959-261-346-1. https://www.researchgate.net/publication/331438458_Simulacion_con_matlab
-  Zuñiga, L. (2007). *El cálculo en carreras de ingeniería: un estudio cognitivo*. Relime Vol. 10, No. 1, ISSN 2007-6819. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-24362007000100007
-  Brito, V., Alemán, R., Fraga, G., Para, G., & Arias, D. (2011). *Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros*. Ingeniería Mecánica. Vol. 14. No. 2. ISSN 1815-5944. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442011000200005
-  Bueno, H., & Naveira, C. (2020). *Los conceptos matemáticos y sus definiciones para la formación de los ingenieros informáticos para la sociedad*. Revista Universidad y Sociedad, Vol 12, No 4. ISSN: 2218-3620. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1625>
-  Chávez, E., Sabín, R., Toledo, D., & Jiménez, Á. (2013). *La Matemática: una herramienta aplicable a la Ingeniería Agrícola*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 22, No. 3. ISSN-1010-2760. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000300014
-  García, R. (2014). *Ingeniería, matemáticas y competencias*. Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación", vol. 14, núm. 1. E-ISSN: 1409-4703. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44729876015>
-  Mariña, L. H., Pérez, M. M., & Anta, V. J. (2020). *Matemática aplicada a los circuitos eléctricos en la carrera de Ingeniería Eléctrica. I*. Monografía. ISBN: 978-959-261-604-2. https://www.researchgate.net/publication/344930624_Matematica_aplicada_a_los_circuitos_electricos_en_la_carrera_de_Ingenieria_Electrica

-  Mariña, L. H., Pérez, M. M., & Anta, V. J. (2021). *Método de frecuencia para el análisis de los circuitos eléctricos en la carrera de ingeniería eléctrica*. Monografía. Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echevarría. https://www.researchgate.net/publication/348199622_Metodo_de_frecuencia_para_el_analisis_de_los_circuitos_electricos_en_la_carrera_de_Ingenieria_Electrica
-  Martínez, C., & Pérez, P. (2016). *El desarrollo de la matemática y su relación con la tecnología y la sociedad Caso típico*. Universidad y Sociedad. Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos. Vol. 8 No 1. ISSN: 2218-3620. <http://rus.ucf.edu.cu>
-  Melo, D. (2003). *Las matemáticas en la ingeniería a través de la historia*. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, núm. 13. ISSN: 0124-8170. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101306>
-  MES. (2017).. *Planes de Estudio*. Ministerio de Educación Superior. <https://www.mes.gob.cu/es/planes-de-estudio>
-  Pérez, F. (2013). *La matemática aplicada a la ingeniería. Facultad de ingeniería*. Artículo de Divulgación. Universidad de Buenos Aires. <http://www.fi.uba.ar/archivos/Matematica%20Aplicada%20al%2015%20AGOSTO%2013%20FINAL.pdf>
-  Soriano, G., Grau, M., & Cruz, C. (2014). *Estudio de fenómenos transitorios en circuitos eléctricos de primer orden*. Ingeniería Energética Vol. XXXV, No. 3 ISSN 1815 - 5901. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1815-59012014000300014&lng=es&nrm=iso
-  Trejo, T. E., Camarena, G. P., & Trejo, T. N. (2013). *Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como propuesta metodológica*. Revista de Docencia Universitaria Vol. 11, Número especial. ISSN: 1887-4592 <https://polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/5562>