

Los modelos matemáticos en el contexto de los circuitos eléctricos y la metacognición

Patricia Camarena Gallardo y Javier Herrera Espinosa
Instituto Politécnico Nacional, México
patypoli@prodigy.net.mx

Resumen

En este reporte se presentan los resultados de una investigación que se llevó a cabo con una muestra de cuarenta estudiantes del nivel superior de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica del Instituto Politécnico Nacional, a quienes se les presentaron problemas del área de circuitos eléctricos que deberían modelar matemáticamente. De este proceso se determinaron los elementos metacognitivos que entran en acción al momento de la resolución de los problemas. Al procesar la información se hizo una clasificación de estos elementos metacognitivos para establecer categorías que son fuente de apoyo a la instrucción de la matemática en el contexto de la ingeniería.

El marco teórico en que se mueve la investigación es *la matemática en el contexto de las ciencias* en su fase de estrategia didáctica y toma la concepción de metacognición que describe Santos como monitoreo y autoevaluación de los procesos cognitivos, así como las habilidades metacognitivas de Nickerson. En la metodología de investigación se emplea la entrevista clínica y la interpretación de la información de cada individuo se lleva a cabo en términos de los elementos teóricos; la investigación es de tipo etnográfico.

Introducción

Es un hecho el conflicto cognitivo que representa la matemática en los estudiantes (Camarena, 1987). Aunque el papel que juega esta ciencia básica en el nivel superior es muy distinto al de los otros niveles educativos, ya que es una herramienta para la carrera que apoya, sin dejar a un lado el carácter formativo que ésta ofrece (Camarena, 1987 y 1995).

Por otro lado, todos los objetivos de las carreras universitarias expresan que se dará una formación integral al estudiante, cuando generalmente las asignaturas de las ciencias básicas están aisladas de las demás materias; es decir, el elemento de interdisciplinariedad que debe estar presente en los planes y programas de estudio de una carrera dada es hipotético.

Además, los egresados durante su vida profesional tendrán que enfrentarse a problemas reales donde deben manejar los conocimientos integrados y deberán saber resolver problemas (Camarena 1995 y 2001). Por otro lado, la teoría de la resolución de problemas incluye cuatro elementos teóricos: las heurísticas, las habilidades, la metacognición y las creencias, todos ellos importantes. En esta presentación se toma en cuenta solamente la metacognición.

Por lo antes expuesto, se formula el problema de investigación como aquel que pretende determinar los elementos metacognitivos que entran en acción por parte de los estudiantes ante la resolución de problemas de *la matemática en el contexto de las ciencias*, en particular, de problemas de circuitos eléctricos donde los modelos matemáticos están presentes.

Marco teórico y metodológico

La matemática en el contexto de las ciencias es el marco teórico de la investigación ya que

los problemas que serán instrumentados con los estudiantes forman parte del dominio de la matemática en el contexto de las ciencias en su fase didáctica, la denominada matemática en contexto (Camarena, 1995 y 2001). Entre los elementos que resaltan de la estrategia didáctica que de ahí emerge se tienen los modelos matemáticos que es un concepto que se supone debe manejar el egresado durante su vida profesional, pero resulta que en ningún momento ni en ningún programa de estudios del nivel superior están incorporados, éste forma parte del currículo oculto (Camarena, 1995 y 1997).

Por otro lado, a través de la matemática en contexto se resuelven problemas contextualizados en otras áreas del conocimiento, situación que lleva a incorporar los elementos teóricos que intervienen en la teoría de la resolución de problemas.

De manera semejante, al concepto de modelos, se tiene que la resolución de problemas es un elemento del currículo oculto. Los egresados deben estar preparados para resolver problemas, sin embargo nadie los preparó para ello. Desde luego que no hay recetas para la resolución de problemas, si las hubiera no habría problemas solamente serían ejercicios.

Preparar al estudiante para resolver problemas (contextualizados) de su disciplina significa desarrollarle habilidades del pensamiento, habilidades para aplicar heurísticas y metacognición y, hacerlo consciente de las creencias (Santos, 1997) negativas que están en juego al momento de resolver problemas.

Cabe mencionar que la resolución de problemas es uno de los niveles de orden superior en las habilidades del pensamiento, requiere de los conocimientos disciplinarios previos para hacer uso de ellos en cualquier momento (Nickerson, 1994).

Como se ha mencionado, la metacognición es el elemento teórico de la resolución de problemas que será abordado en este reporte. Este elemento corresponde a aquella parte del individuo que le hace ser consciente de su propio conocimiento, de saber si tiene o no todos los elementos cognitivos cuando resuelve un problema o tiene que ir a buscar en libros o consultar personas, etc. Cuando la persona está en el proceso de resolución de un problema la metacognición es el elemento que se encarga de que el individuo se pregunte a sí mismo si va por buen camino o no, es decir, hace que busque contradicciones, incongruencias o elementos que le den la pauta para decir que sí va bien o no va bien (en la teoría de *la matemática en el contexto de las ciencias* a esto se le denominan "puntos de control de error"). Cabe mencionar que Ausubel (1990) fue uno de los pioneros en el estudio de la metacognición.

Hay algunas diferencias de concepción respecto al término metacognición por parte de algunos investigadores. Así, Santos (1997) lo cataloga como monitoreo y autoevaluación de nuestros procesos cognitivos (puedo o no puedo, voy bien o no voy bien). Mientras que Nickerson (1994) habla de las habilidades metacognitivas y menciona que éstas son las necesarias para la adquisición, el empleo y control del conocimiento y demás habilidades cognitivas.

Esto también lo dice comentando que una persona no sólo necesita tener conocimientos disciplinarios sino también el conocimiento de cómo y cuándo aplicar ese conocimiento en problemas a resolver. Es decir, ante la resolución de un problema se pueden formular las siguientes interrogantes: ¿se lo que debo hacer?, ¿hay algo más que deba saber antes de empezar?, ¿hay algo que sepa que me pueda ser útil?

Relacionando lo anterior con la práctica docente se mira la necesidad de cultivar las capacidades introspectivas del alumno, de hacerlo consciente de las incongruencias (puntos de control de error) en la disciplina, así como de desarrollarle habilidades para la predicción de resultados, entre otros.

Los indicadores para la detección de los elementos metacognitivos estarán determinados por los constructos de Santos y Nickerson: *monitoreo, autoevaluación, adquisición, empleo y control del conocimiento y demás habilidades cognitivas*.

La investigación es de tipo etnográfico ya que se lleva a cabo la descripción y análisis de los elementos metacognitivos que son empleados por estudiantes específicos, quienes son entrevistados en su ambiente. El detectar los elementos metacognitivos involucra el captar el punto de vista, sentido e intenciones que los actores otorgan a sus propias acciones de aprendizaje y resolución de problemas.

La metodología a seguir se lleva a cabo a través de tres fases:

1. Determinación de la muestra.
2. Selección y elaboración de los problemas a aplicar.
3. Entrevistas a los estudiantes cuando resuelven los problemas y análisis de la información.

Desarrollo

Primera fase.

Para el desarrollo del trabajo se toman a cuarenta estudiantes, de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional de México, que fueron elegidos de un grupo de clases de los investigadores. Es decir, la selección estuvo determinada por las características reales de tiempo y disposición de material humano de los investigadores.

Segunda fase.

El área de desarrollo de la investigación son los circuitos eléctricos que se imparten en carreras de ingeniería eléctrica y electrónica, así como sus ramas afines.

Se inició con estudiantes que llevaban un primer curso de circuitos eléctricos en carreras de ingeniería. Sin embargo, para la población elegida en un 70 % ya tenían nociones del tema, porque el Instituto Politécnico Nacional, institución donde se lleva a cabo la investigación, incluye al nivel medio superior, donde los estudiantes reciben una formación encausada al área de conocimiento a la que pertenece la carrera profesional que cursarán; es decir, los alumnos que han cursado el ciclo educativo en la misma institución ya han recibido un curso introductorio a los circuitos eléctricos.

Los problemas se seleccionaron, y en otros casos se elaboraron, de acuerdo a los programas de estudios del primer curso de circuitos eléctricos de carreras de ingeniería. Para lo cual se determinó el común de conocimientos de los programas de estudio de seis carreras diferentes en el área de la electricidad y la electrónica. Es claro que cuando se quiere vincular la matemática con otras ciencias los alumnos deben tener claros los conceptos cualitativos de la disciplina del contexto, ya que si no es así de poco les servirá la matemática que poseen.

El caso que se describe solamente requiere del conocimiento de los conceptos de resistencia y fuente de voltaje, así como las leyes de Kirchhoff y Ohm. Son problemas donde dado un circuito se piden encontrar resistencias equivalentes y otros donde se pide encontrar el voltaje en cada resistencia.

Tercera fase.

Para las entrevistas se repartió el número de alumnos de la muestra entre los dos investigadores. Se les daban a los pupilos los problemas a resolver y se les iba inquiriendo acerca de lo que escribían, apuntando las respuestas así como los comentarios que se hacían así mismos.

De la información recaba (la narrativa del proceso de resolución de problemas) se separaron los elementos metacognitivos, los cuales se clasificaron de forma tal que se establecen siete categorías o tipos diferentes de comportamientos metacognitivos, como se muestran a continuación (véase la tabla de este documento).

Descripción de las categorías.

Ante el problema de encontrar la resistencia equivalente:

La categoría del sujeto tipo **A** formula las ecuaciones de cada malla y no sabe qué más hacer, luego regresa y hace rayones como si estuviese pensando.

Tal parece que esa colección de ecuaciones inconexas le crean una barrera; de hecho, la barrera pudo estar creada por alguno o varios de los siguientes elementos: el número de ecuaciones, que son ecuaciones o simplemente que su estrategia fue fallida.

Pasa de un esquema VISUAL al ALGEBRAICO y de ahí al BLOQUEO, no sabe cuáles son sus capacidades.

En este caso no se ve clara la autoevaluación parece que más bien ya no siguió porque no pudo no porque hubiese sabido que no podía. Su habilidad para el empleo de conocimiento fracasó y no hubo adquisición de conocimiento. No detecta incongruencias y no predice la solución.

El sujeto tipo **B** se va directamente a modificar el diagrama a otro equivalente donde tenga acomodados los elementos de forma más fácil de mirar el circuito hasta llegar a la solución. Resuelve el problema de forma visual y numérica, es decir, con los puros diagramas que va simplificando.

Ésta es su estrategia o heurística para abordar el problema, lo que habla de su metacognición como autoevaluación, ya que es consciente que le será más fácil de resolver el problema si hace uso de sus diagramas, sabe que él no es abstracto; mismo caso para sus habilidades metacognitivas de empleo y control de su conocimiento. Sin embargo no se aprecia ningún indicio de que haya verificado incongruencias o predicho la solución, tal parece que su seguridad en sí mismo, conocedor de sus capacidades, no le piden que verifique incongruencias. Se mueve en un mundo visual, de hecho, de esquema VISUAL sigue en el VISUAL y de ahí pasa al NUMÉRICO.

El sujeto tipo **C** pasa directamente a la formulación algebraica del circuito sin necesidad de simplificar visualmente el circuito, trabaja algebraicamente y luego sustituye valores para dar el resultado numérico.

Este alumno sabe que su poder de abstracción es bueno, confía en él.

Pasa del esquema VISUAL al ALGEBRAICO exitosamente y al final solamente sustituye para dar la solución numéricamente.

Sin embargo tampoco hace predicciones acerca del resultado, tal vez le parezca que no lo necesita, o no tiene compromiso con el problema.

Habilidades Metacognitas	Categorías						
	A	B	C	D	E	F	G
Autoevaluación de los procesos cognitivos	X	X	X	XX	XXX	XXX	XXX
Emplear el conocimiento y habilidades cognitivas		X	X	X	X	X	X
Controlar el conocimiento y habilidades cognitivas		X	X	XXX	XX	XXX	X
Adquirir el conocimiento y habilidades cognitivas	No se da y no procede	No se da y no procede	No se da y no procede	No se da y no procede	No se da y no procede	No se da y no procede	No se da y no procede
Monitoreo: Detectar incongruencias en el proceso, predecir la solución de un problema	No se da	No se da	No se da	No se da	No se da	No se da	No se da

TABLA. Categorías de los elementos metacognitivos

(Se pondera con el No. de equis el peso de la habilidad metacognitiva en cada categoría)

El estudiante tipo **D** pasa a simplificar el circuito con otro esquema y en cuanto siente que tiene controlada la situación pasa a las expresiones algebraicas para terminar en este registro el problema.

La habilidad de autoevaluación está muy clara en este tipo de sujetos ya que en cuanto saben que pueden trabajar algebraicamente (ya que este proceso representa un nivel más de abstracción que el manejo visual) dejan los esquemas. Cabe mencionar que esta categoría fue la que menos alumnos tuvo.

Pasan de un esquema VISUAL al ALGEBRAICO y finalmente dan la solución numérica.

Ante el problema de encontrar los voltajes en cada resistencia

La categoría tipo **E** encuentra el voltaje total y después regresa al esquema original para que con el dato obtenido y simplificando el circuito encontrar en cada resistencia el voltaje. Elige una estrategia con la cual sabe que puede poner en acción sus conocimientos.

Pasa de esquema VISUAL al NUMÉRICO regresa al VISUAL para simplificar el circuito a través de otro esquema VISUAL que conlleva la asociación NUMÉRICA en cada resistencia con la que se topa. La habilidad metacognitiva de control del conocimiento juega un papel fuerte en esta categoría.

El alumno tipo **F** se va directamente a calcular en voltaje en cada elemento siguiendo un proceso de reducción del circuito original. Aquí se presenta una mezcla de visualización con elementos numéricos, es claro que ellos saben cuáles son sus habilidades y conocimientos.

La categoría del alumno tipo G pasa a las expresiones algebraicas pero no logra conjuntarlas, sustituye unas en otras sin sentido como queriendo llegar a una sola expresión. Regresa y mediante dos esquemas de simplificación del original y calculando numéricamente las resistencias, sigue un proceso rutinario, escribe las ecuaciones del último circuito y luego sustituye valores numéricos. Este alumno emplea las habilidades de autoevaluación, y al parecer sí controla y regula su conocimiento.

Cabe mencionar que se presentaron las categorías B y C como distintas ya que en el proceso de resolución del problema en la categoría B se muestra un gran manejo de abstracción mientras que en el caso C esto no es así, situación que se reflejará en las habilidades de adquisición de conocimientos.

Conclusiones

Un elemento notorio fue que en general los muchachos quieren trabajar mecánicamente pero los procesos de resolución no se los permiten por lo que los elementos metacognitivos entran en acción.

Por otro lado, en los primeros problemas donde se requería encontrar resistencias equivalentes se obtuvieron cuatro categorías, de las cuales las tres primeras tienen porcentajes muy semejantes de estudiantes, de hecho, los porcentajes son 22 %, 29 % y 24 % para las categorías A, B y C, mientras que en la categoría D solamente el 9 % de los estudiantes caen en esa clasificación.

Para los problemas que solicitaban encontrar voltajes para cada resistencia del circuito eléctrico se lograron tres categorías, donde los porcentajes de estudiantes que se clasificaron en éstas fueron muy diversos: 28 %, 18 % y 35 % en orden de aparición.

Referencias bibliográficas

- Ausubel, P., Novak, D. & Hanesian, H. (1990). *Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas.
- Camarena, P. (1987). *Diseño de un curso de ecuaciones diferenciales en el contexto de los circuitos eléctricos. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa, CINVESTAV-IPN, México.*
- Camarena, P. (1995). *La enseñanza de las matemáticas en el contexto de la ingeniería. XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana, México.*
- Camarena, P. & Rocha, M. (1997). *Modelos matemáticos de la electricidad y magnetismo. Actas de RELME 11. Morelia.*
- Camarena, G., P. (2001). *La matemática en el contexto de las ciencias. Red de Cimates, Serie Antologías No. 1. Edit. CINVESTAV-IPN.*
- Nickerson, R. S., Perkins, D. N. y Smith, E. E. (1994). *Enseñar a pensar, aspectos de la aptitud intelectual. Editorial Paidós M. E. C.*
- Santos, L. M. (1997). *Principios y métodos de la resolución de problemas en el aprendizaje de las matemáticas. Grupo Editorial Iberoamérica SA de CV.*