MULTIDISCIPLINA Y MODELACIÓN. UN DIÁLOGO ENTRE LA INGENIERÍA Y LA MATEMÁTICA EDUCATIVA

Francisco Cordero, Johanna Mendoza, Leslie Torres, Tamara Del Valle y Miguel Solís y Jaime Mena
Cinvestav. México
UNACH.
PUCV. Chile
fcordero@cinvestav.mx, ejmendoza@cinvestav.mx, lmtorres@cinvestav.mx, tamaradc.mat@gmail.com, solise@unach.mx, mena.jaimemena@gmail.com

Resumen. En la matemática educativa es necesario construir un marco de referencia (MR), el cual nos permita atender la justificación funcional demandada por otras disciplinas. Para crear el diálogo entre la matemática educativa y el cotidiano de la ingeniería, se vuelve condición *sine qua non* construir dicho MR. Dado lo anterior, es obligado adentrarnos a la construcción social del conocimiento matemático (CSCM). El programa del Grupo Modelación y Tecnología (MyT) tiene, dentro de su secuencia de proyectos, el objetivo de formular una estructura de diálogo: Según el rol de lo multidisciplinar, la pluralidad epistemológica y la categoría modelación. Formular el diálogo, tiene por consecuencia valorar conceptos en relación al conocimiento como su *institucionalización, sus usos e instrumentos, sus prácticas sociales que norman sus construcciones, el cotidiano, la labor, el trabajo y las acciones humanas, como la identidad*, entre otros.
Palabras clave: Modelación, multidisciplinariedad, diálogo e ingeniería
Abstract. In mathematics education is necessary to construct a frame of reference (MR), which allows us to meet the functional justification demanded by other disciplines. To create dialogue between mathematics education and engineering everyday, it becomes prerequisite build that MR. Given this, is that it becomes necessary to delve into the social construction of mathematical knowledge (CSCM). The program Modeling and Technology Group (MyT) has within its sequence project, the objective of formulating this dialogue structure: According to the role of the multidisciplinary epistemological pluralism and category modeling. Formulate this dialogue has consequently evaluate concepts in relation to knowledge and its institutionalization, its uses and tools, their social practices that govern their constructions, daily life, work, work and human actions, such as identity, among others
Key words: Modeling, multidisciplinary, dialogue and engineering

Introducción

En general los modelos educativos no han logrado relacionar la matemática y el cotidiano, ya que lo que sucede en uno no sucede en el otro. En particular, si se piensa en la matemática del aula, ésta es diferente a la matemática que sucede en el cotidiano, de la ingeniería.

La matemática escolar no tiene un marco de referencia (MR) para poder atender la justificación funcional que demandan otros dominios de conocimiento. Su construcción es condición *sine qua non* para poder crear el diálogo entre la matemática y el cotidiano de la ingeniería. Por esto, es necesario adentrarnos a la construcción social del conocimiento matemático (CSCM).

Para conformar un estatus epistemológico que rinda cuentas del conocimiento matemático con relación a la matemática escolar y al cotidiano de la ingeniería, se requiere ubicar una dimensión social que problematice la relación de los dominios multidisciplinares. La pluralidad epistemológica tendrá que ser favorecida. Por esto, se deberá entender al conocimiento matemático como una construcción social, lo que conlleva cuestionar no en sí a la matemática, sino su *función social*. En consecuencia se valorarán conceptos entorno al conocimiento como su *institucionalización, sus usos e instrumentos, sus prácticas sociales que norman sus construcciones, el cotidiano, la labor, el trabajo y las acciones humanas, como la identidad*, entre otros.

Estudios con este marco darán cuenta de la funcionalidad del conocimiento matemático, es decir, de los usos del conocimiento, de sus funcionamientos y formas desde la condición, en nuestro caso, del ingeniero. Los cuáles serán el marco de referencia para favorecer el diálogo, el cual expresará el uso del conocimiento matemático desde y con el ingeniero. Esto sólo se logrará si se rompe la atención en los objetos matemáticos como tales y permitimos que el humano y su actividad sean los elementos primarios (Cordero, 2013).

Diálogo entre la Ingeniería y la Matemática Educativa

Es necesario poner atención en la consideración del ser con otro: lo que emana elementos como organización de grupos y función de las sociedades. En ese sentido el constructo que se formule de ingeniero debe estar cercano a comunidad con relación al conocimiento. Es decir, si hay conocimiento existe una comunidad que lo construye.

El cotidiano está compuesto por una interacción de comunidades de conocimiento, donde se desarrollan mantenimientos de rutinas para que permanezcan, esto último es lo que hace el día a día (Zaldívar y Cordero, 2010).

Todo ingeniero pertenece al menos a una comunidad de conocimiento, según sea su especialidad u oficio, su ámbito laboral o institucional. Un ingeniero será considerado como aquel que dada sus actividades cotidianas (de la ingeniería), se encuentra en interacción con otras comunidades de conocimiento. De esta manera, es que se encuentra presente en diversas situaciones, considerando a una situación como toda acción del ingeniero que forma parte de su vida diaria, en el seno de la ingeniería. Sin embargo, no todas las situaciones nos van a interesar. La atención se centrará en aquellas en donde se hace un uso de conocimiento matemático.

Entonces, a partir de una situación (*Si*), en el cotidiano de la ingeniería, sucede una comunidad de conocimiento del ingeniero (*CC(Ii)*). Es en estas situaciones en donde interactúan las comunidades de conocimiento, ya que estamos mirando al ingeniero como miembro de una comunidad de conocimiento. Todo lo anterior en su conjunto conforma el cotidiano del ingeniero.

La naturaleza de la situación *Si* que definirá la comunidad de conocimiento del ingeniero *CC(Ii)* corresponderá a una categoría de modelación (Cordero, 2011). Misma que aportará elementos para caracterizar la matemática funcional de la ingeniería.

La modelación es el uso del conocimiento matemático en una situación específica, en donde se debate entre la función y la forma, de ese conocimiento, de acorde con lo que organizan los participantes. A este último se le llama resignificación, donde la modelación puede llevar a cabo múltiples realizaciones y hacer ajustes en su estructura para producir un patrón deseable. Lo que significa que es, por un lado, un medio que soporta el desarrollo del razonamiento y de la argumentación. Y por el otro lado es una práctica que trasciende y se resignifica, que transforma al objeto en cuestión.

Con base en lo que hasta ahora se ha discutido, en el presente escrito se tiene como objetivo ejemplificar a la luz de algunos trabajos de investigación, cómo es el diálogo entre matemáticos educativos e ingenieros teniendo como eje centrar la categoría de modelación-graficación. Dichas investigaciones se desarrollan en distintos escenarios como el DME y el trabajo.

La noción de optimización en el discurso matemático escolar

La enseñanza de la Programación Lineal, suele verse doctrinada por pasos a seguir de los distintos métodos (método gráfico, método simplex u otro), convirtiendo el uso de los métodos en un proceso mecánico y sin sentido para el estudiante (Campero, 2010).

Realizando un análisis en algunos textos escolares, se puede observar cómo el uso de métodos de programación lineal aparecen pauteados: en el caso del método gráfico se señala cómo identificar la función objetivo, se pide graficar las restricciones en un sistema de inecuaciones, se solicita que a partir de las restricciones se identifique el polígono que se forma al interior de los conjuntos soluciones y, finalmente, se solicita valorizar los vértices del polígono para dar respuesta a la optimización solicitada. De esta manera, se pierde toda la riqueza que poseen los problemas que involucran optimizar.

Frente a lo anterior nos preguntamos ¿Cuáles son los significados que emergen y dan fuerza a la programación lineal? ¿Cuáles son los usos de la optimización en estudiantes de ingeniería? Para responder a estas interrogantes, nace la necesidad de reconstruir socialmente el surgimiento de la programación Lineal, identificando los significados que emergen de las actividades prácticas que contemplan a la Programación Lineal.

Para abordar esta propuesta, se torna necesario estudiar el rol actual de la programación lineal y los procesos históricos de su surgimiento, con el fin de lograr identificar aquellos factores que le dan fuerza a su desarrollo y construcción. Además, es necesario distinguir el rol actual de la modelación en la Programación lineal y cómo ésta se encauza desde una mirada Socioepistemológica para identificar aquellos factores que surgen del proceso de modelación.

En esta búsqueda, se ven fuertemente ligados al trabajo del matemático francés Joseph Fourier (1768-1830), quien fue el primero en intuir (de forma imprecisa) los métodos de lo que actualmente llamamos Programación Lineal y el trabajo de George Dantzig (1914-2005), quien se interesó por el desarrollo riguroso de esta disciplina que hoy llamamos Investigación de Operaciones (Campero, 2010). En dichos trabajos se puede observar los requerimientos sociales que influyeron en la necesidad de optimizar y, por consiguiente, han permitiendo identificar tres factores que emergen de la construcción de los primeros métodos diseñados en la Programación Lineal: la noción de optimización, de solución óptima y las de restricciones o acciones.

En carreras de ingeniería es común encontrarse con asignaturas relacionada con el área de Investigación de Operaciones, la cual consiste en el uso de modelos matemáticos para realizar procesos de toma de decisiones, es decir, métodos de optimización. Así también, cuando los estudiantes de ingeniería requieren construir modelos de optimización, hacen un trabajo funcional, en el cual se puede observar las necesidades sociales que conllevan al sujeto a determinar su óptimo, descentralizando la noción de Programación Lineal en sí misma y fortaleciendo la idea de optimizar. Lamentablemente, en el discurso matemático escolar los modelos son empleados sin conocer de su procedencia, sin siquiera tener conciencia de cuáles son los procesos que permiten optimizar una situación lineal cualquiera, e inclusive, sin ningún remordimiento al no comprender el modelo lineal que está detrás.

La simultaneidad y la estabilidad en una comunidad de ingenieros químicos

Se estudian los usos de los conocimientos matemáticos, Simultaneidad y Estabilidad, en el quehacer de una Comunidad de Conocimiento Matemático de la Ingeniería Química (CCM(IQ)) en un escenario de trabajo. Específicamente, en el diagnóstico del estado de los transformadores eléctricos de la Comisión Federal de Electricidad, región peninsular.

En dicho análisis se identifica un desarrollo de usos de la gráfica, dado que en un principio la CCM emplea gráficas como medio de control estadístico, sin embargo, al tener varios años de elaborarlas, se identificó que éstas tienen una relación con las fallas que ocurren en el transformador. De esta forma la comunidad inicia el estudio de las relaciones gráfica-falla y se percata que a través de su análisis, se puede diagnosticar el estado de un transformador eléctrico.

Así, las gráficas se resignifican de un medio de control estadístico a modelos gráficos que permiten inferir información, interpretar y leer comportamientos, así como generar argumentos respecto al estado de un transformador, y por tanto se vuelve el método de diagnóstico de la CCM(IQ).

Figura 1. Resignificación de la gráfica. (Torres, 2013).

Por tal motivo, se distingue a la categoría de Modelación-Graficación como una categoría medular en el trabajo de la CCM(IQ), ya que por medio de modelos gráficos se realiza el diagnóstico, para anticipar posibles fallas a través del análisis de comportamientos tendenciales.

En la investigación se identifican cuatro situaciones distintas de modelos gráficos en el quehacer de la comunidad, una situación ideal y tres reales: sin falla, con falla y una situación extraordinaria. Para ejemplificar la forma en la que la CCM(IQ) emplea los modelos gráficos se presenta el diagnóstico de una situación real sin falla.

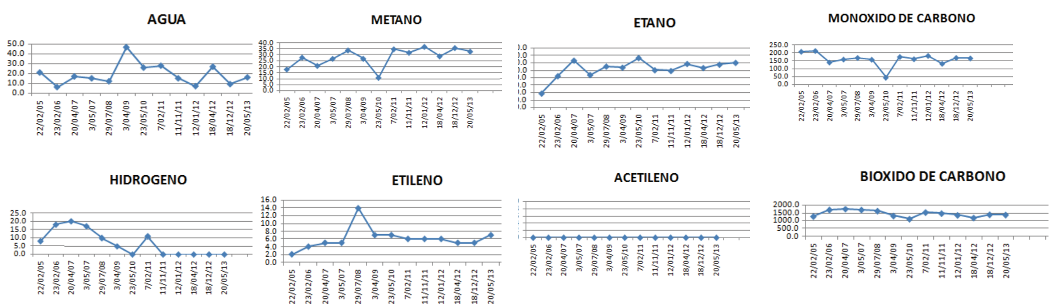

Figura 2. Gases en un transformador. Situación real sin falla. (Torres, 2013).

Este conjunto de gráficas permite a la comunidad diagnosticar el estado del transformador a través del análisis de comportamientos tendenciales. Conviene mencionar que las gráficas no se pueden ver de manera aislada sino que se deben considerar las 8 de manera *simultánea*.

Si consideramos primero las gráficas de monóxido y bióxido de carbono, se puede observar que tienen variaciones y que no en toda la gráfica se puede identificar la proporción esperada del 10%. Además, respecto al comportamiento de los gases clave, hidrógeno, etileno y acetileno, únicamente el acetileno presenta el comportamiento ideal (comportamiento tendencial a cero), lo que indica que no hay un problema serio dentro del transformador. Pese a ello, el hidrógeno y el etileno presentan variaciones; se puede ver que el hidrógeno al inicio de la gráfica, se incrementa, pero posteriormente disminuye hasta llegar a cero que es su valor de estabilidad, sin embargo, nuevamente se incrementa pero de nuevo recupera la estabilidad, tendiendo a mantenerse estable. Sin embargo, el etileno en ningún punto tiene concentración cero, a pesar de esto, la CCM (IQ) menciona que el transformador se encuentra estable, debido a que los incrementos en la concentración no son grandes. Además, en el comportamiento de los otros gases, metano, etano y agua, se observan muchas variaciones, y la tendencia del comportamiento es a incrementarse; sin embargo, el comportamiento de las gráficas más o menos tiende a una estabilidad, dado que los últimos valores graficados son cercanos, lo que muestra que estos gases también están estables dentro del equipo.

Así, a través del análisis de los modelos gráficos de las concentraciones de los gases disueltos en el aceite del transformador la CCM (IQ) diagnostica los equipos y determina sus acciones al respecto.

Una Situación de acumulación en la formación de ingenieros civiles

Identificar los usos del conocimiento matemático en una comunidad de conocimiento de ingenieros en formación conllevo a seleccionar una situación específica, la cual hemos llamado: acumulación de un fluido. Ésta presume estar en el ámbito de la ingeniería: por un lado, aparece en la ingeniería en formación y, por el otro lado, aparece en la jerga disciplinar de la ingeniería (Cordero, 2013; Mendoza & Cordero, 2011).

La situación específica genera una argumentación de estabilidad, en la cual la graficación fue el modelo de las resignificaciones de comportamientos tendenciales, con procedimientos como variar parámetros e instrucciones que organizan comportamientos. Los usos de las gráficas fueron las modelaciones que se resignificaron confrontando sus funcionamientos y formas a través de múltiples realizaciones, realizaciones de ajustes, construcción de patrones y desarrollo del razonamiento. (Suárez, 2008).

De manera más específica, la puesta en escena del diseño, brindó algunas formas de cómo el ingeniero en formación aborda la situación de acumulación, al pronunciar nuevos retos dentro de la misma y al construir, con base en los usos de la gráfica, modelos de comportamientos tendenciales desde lo gráfico y lo analítico.

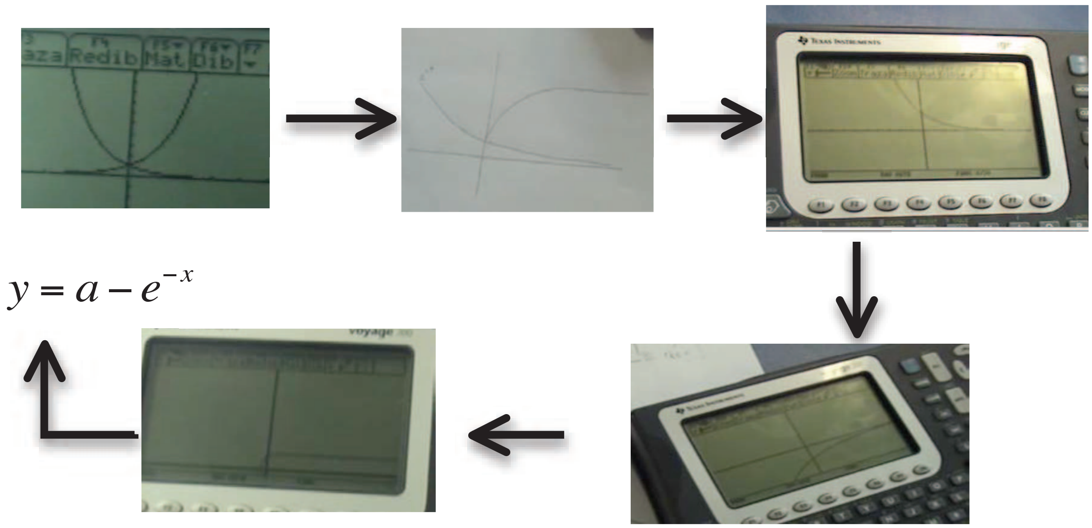

Figura 3. Construcción de modelos gráficos con base en el comportamiento tendencial de las funciones. (Mendoza, 2013).

Así, nuestra investigación presume de aportar un modelo de análisis, en cuanto reconoce el carácter de sujeto situado, caracterizó lo propio de la comunidad de conocimiento matemático a la cual pertenece. En ese sentido, reconocemos una intimidad en la construcción de conocimiento, de esta comunidad, en tanto que reconoce el argumento de estabilidad en el análisis de los patrones de tendencia con la variación, en la situación específica.

Agradecimientos Esta investigación está financiada por CONACYT con el Proyecto las Resignificaciones del Uso del Conocimiento Matemática: la Escuela, el Trabajo y la Ciudad. Clave 0177368.

Referencias bibliográficas

Campero, J. (2010). *Propuesta Didáctica en Optimización Dinámica: El Caso del Cálculo de Variaciones y la Teoría de Control.* Tesis para optar al grado de Doctor, no publicada. CICATA-IPN. Distrito Federal, México.

Cordero, F. (2011). La modelación y la graficación en la matemática escolar. En Rodríguez-Salazar, L., Quintero-Zazueta, R., & Hernández, A. (Coords.). *Razonamiento Matemático. Epistemología de la Imaginación. (Re)pensando el papel de la Epistemología en la Matemática Educativa*. Editorial Gedisa, Barcelona y Cinvestav, México. pp. 377 – 399.

Cordero, F. (2013). *Matemáticas y el Cotidiano*. Diplomado Desarrollo de estrategias de aprendizaje para las matemáticas del bachillerato: la transversalidad curricular de las matemáticas Módulo III. Documento interno. Cinvestav –IPN.

Mendoza, E. (2013). *Matemática funcional en una comunidad de conocimiento: El caso de las ecuaciones diferenciales lineales en la ingeniería*. Tesis de maestría no publicada, CINVESTAV-IPN, México.

Mendoza, E. & Cordero, F. (2011). El Uso de las Ecuaciones Diferenciales y la Ingeniería como comunidad de conocimiento. En Flores, R (Ed). *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (25), 1023-1030. México.

Rodríguez, R., Quiroz, S. e Illanes, L. (2013). Competencias de modelación y uso de tecnología en Ecuaciones Diferenciales. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (26), 2121 – 2128. México.

Suárez L. (2008). *Modelación – Graficación, Una categoría para la Matemática Escolar. Resultados de un estudio Socioepistemológico*. Tesis de Doctorado no publicada. Departamento Matemática Educativa, Cinvestav-IPN, México.

Torres, L. (2013). *Usos del conocimiento matemático. La simultaneidad y la estabilidad en una comunidad de conocimiento de la ingeniería química en un escenario del trabajo*. Tesis de maestría no publicada, CINVESTAV-IPN, México.

Zaldívar, J. y Cordero, F. (2010) Los usos de las gráficas en la resignificación de lo estable en un escenario de difusión de la ciencia. En Lestón, P. (Ed). *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa (*23), 929-938. México.