



## PROPUESTA TEÓRICA Y METODOLÓGICA SOBRE EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CRÍTICO A TRAVÉS DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

**Jaqueline Acebo Gutiérrez**  
Doctorado en innovación educativa  
Tecnológico de Monterrey

---

Área temática: Educación en campos disciplinares.

Línea temática: El desarrollo curricular, la innovación educativa, el diseño y evaluación de materiales educativos y, los procesos de evaluación en los diferentes campos de saber disciplinar.

Porcentaje de avance: Avance del 30%.

Trabajo de investigación educativa asociada a tesis de grado.

---

### ***Resumen:***

Este trabajo representa un avance de investigación, la cual toma como base el trabajo realizado por Rodríguez (2017) en el cual la enseñanza de las matemáticas en el salón de clase de modelación de fenómenos reales a nivel superior es transformada. El interés se centra en trabajar con la modelación matemática como estrategia didáctica para desarrollar, además de competencias disciplinares, también competencias transversales, entre ellas la del pensamiento crítico. Se ofrece una revisión de ideas sobre el pensamiento crítico, el objetivo es exponer cómo la modelación matemática puede privilegiar el desarrollo de esta competencia transversal. Para este propósito se ofrece una propuesta teórica desde donde este estudio concibe la modelación matemática y también, se pretende ofrecer una propuesta metodológica considerando que se espera plantear elementos para observar estos procesos en el salón de clase.

***Palabras clave:*** Enseñanza matemática, modelación matemática, pensamiento crítico.

## Introducción

Frente al gran desarrollo de la información y la tecnología, la sociedad ha cambiado su visión sobre la formación de las personas, especialmente en el ámbito educativo (Arsevan, 2015). De acuerdo con Coskun (2017), el objetivo más importante de los programas educativos, para toda nación, es procurar el desarrollo de los alumnos de tal manera que puedan acceder, interpretar, procesar y usar el conocimiento. Más aún, afirma que: “aquellas personas que pueden usar sus procesos mentales de manera efectiva y creativa pueden obtener y dar sentido al conocimiento y, por lo tanto, hacer avanzar a su sociedad más que sus contemporáneos” (2017, p. 19).

Las matemáticas son un lenguaje formal que nos permite expresar nuestros pensamientos abstractos (Citlas e Isik, 2014). Hemos visto que, una forma de abrirse a los desarrollos y los cambios en la tecnología y la ciencia es la capacidad de utilizar la técnica matemática y los procesos mentales también. Debido a esto, la sociedad espera que los profesores de matemáticas puedan privilegiar el desarrollo de los alumnos para que sean capaces de lograr soluciones efectivas. Por lo tanto, uno de los retos que los maestros deben encarar es cómo involucrar a los alumnos en la solución de problemas que impliquen sistemas complejos dentro de un contexto interdisciplinario (English, 2009).

Desde hace algunos años, muchos investigadores han visto la integración de la modelación matemática en la enseñanza de las matemáticas, como una opción para propiciar el pensamiento analítico, la solución de problemas; además de que permite una relación con el uso de tecnologías que son comunes en la sociedad (Kertil y Gurel, 2016).

La modelación matemática puede ser pensada como interpretar información de la realidad, identificar problemas potenciales, establecer modelos matemáticos y considerar la posible existencia de errores en el proceso de la solución matemática, de tal manera que los alumnos pueden mejorar sus modelos matemáticos y validarlos con la realidad. Este proceso va más allá de la enseñanza tradicional que solo llega a la representación de problemas y soluciones matemáticas (Huang, 2012).

La modelación como estrategia en la enseñanza de las matemáticas, lleva al alumno a relacionar el mundo de la vida real con el mundo matemático, por lo que puede situar al estudiante frente a las problemáticas sociales. Este proceso cíclico pone a trabajar de manera activa a los estudiantes en el desarrollo de habilidades de pensamiento para interpretar la realidad, traducirla a un modelo matemático, resolverlo y validarlo en ese mundo real (Dundar, Gokkurt y Soylu, 2012).

Hoy en día, además del dominio de conocimientos, es necesario que los alumnos aprendan a aplicarlos y desarrollen una actitud reflexiva y crítica ante ellos (Marici, Spijunovic y Lazic, 2016) de tal manera que puedan solucionar problemas de la vida diaria deliberando sobre sus ideas y juicios (Asku y Koruklu, 2015).

Debido a que los problemas en la vida real son complejos, es necesario que los estudiantes, especialmente aquello en el ámbito de la ingeniería, desarrollen la capacidad de pensar (Osman, Abu, Mohammad y

Mokhtar 2016). Además, los retos que la sociedad debe enfrentar en la actualidad, como los continuos cambios tecnológicos y la globalización, exigen de manera integral la formación de ingenieros desde el punto de vista educativo y laboral (Kindelán y Martín, 2008).

Considerando la gran importancia de la relación entre la estrategia de modelación matemática y la competencia de pensamiento crítico, la finalidad de esta investigación es dar respuesta a varias preguntas que permitan plantear una propuesta teórica y metodológica sobre el desarrollo del pensamiento crítico a través de la modelación matemática en la formación de ingenieros. De manera que, a partir de la propuesta que construiremos, deseamos aportar desde una perspectiva teórica cómo se concibe a la modelación matemática y, desde una perspectiva metodológica se puedan plantear elementos para mirar estos procesos en el aula.

El problema de investigación se puede establecer a partir de la siguiente pregunta general: ¿De qué manera la competencia de pensamiento crítico puede ser desarrollada a través de la implementación de la modelación matemática en un curso de Matemáticas para futuros ingenieros?

De la pregunta general se desprenden seis preguntas subordinadas:

- ¿Cuál es y cuál podría ser el nivel de modelación matemática de los alumnos de ingeniería que puede ser desarrollado durante un curso de Matemáticas?
- ¿Cuál es el tipo de pensamiento crítico que es y puede ser desarrollado en un curso de Matemáticas?
- ¿Cuáles son las habilidades que caracterizan a un pensador crítico que se pueden desarrollar desde la modelación matemática?
- ¿Cómo se pueden y deben integrar diversas disciplinas como ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés) al utilizar la estrategia de modelación matemática?
- ¿Cuáles son las ventajas desde lo disciplinar y desde lo transversal de utilizar la estrategia de la modelación matemática como una actividad colectiva?

## Desarrollo

En esta sección se presenta la descripción de los constructos de la estrategia de modelación matemática y la competencia transversal del pensamiento crítico.

### Modelación matemática

La modelación matemática ha tomado gran relevancia, esto se puede evidenciar en una gran cantidad de revistas científicas, libros especializados, asociaciones e instituciones que enfocados en este campo (Villa-Ochoa, Rosa, y Gavarrete, 2018). Para una gran mayoría de los alumnos desde los primeros años de

estudios hasta niveles de profesional, no es de su agrado el estudio de las matemáticas, esta situación es el resultado de diversos factores, entre ellos, el hecho de no saber para qué fin práctico se estudia las matemáticas (Camarena, 2009). Esta necesidad de relacionar las matemáticas con la realidad lleva a considerar contextos, modelos y la modelación en el salón de clase, de tal manera que, se trabaja con las limitaciones y barreras de programas rígidos y se promueve a que el estudiante tenga un rol protagónico en la construcción de conocimiento (Molina-Toro, Villa-Ochoa y Suárez, 2018).

Un modelo es una representación de la realidad, por ello se puede decir que la modelación matemática intenta caracterizar una parte de la realidad a través de las matemáticas (Brito-Vallina, Alemán-Romero, Fraga-Guerra, Para-García y Arias-de-Tapia, 2011). Para Dundar, Gokkurtb y Soyluc (2012) “modelo” significa representar las realidades que son parte de la vida física a través de símbolos para hacer sencillo lo complejo ya que en la vida diaria existen situaciones donde el acceso a la realidad se dificulta, siendo en ocasiones imposible.

El modelado matemático es el proceso de crear representaciones matemáticas al intentar resolver problemas de la vida real (Jacobs y Dundar, 2017), el modelo es un elemento de la modelación matemática, específicamente, representa el producto (Aztekin, 2015). En palabras de Huang (2012):

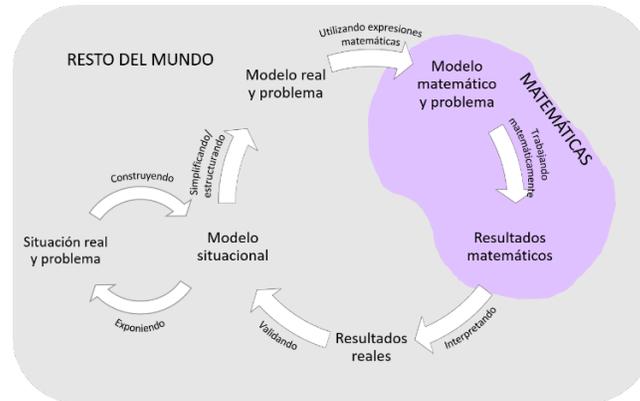
El modelado matemático se enfoca en convertir e interpretar información contextual, identificar problemas potenciales, establecer modelos y reinterpretar la premisa, hipótesis y posibles errores de las soluciones matemáticas. Estos procesos se describen normalmente en forma de etapas. Al seguir estos procesos, los estudiantes pueden refinar y desarrollar constantemente sus modelos matemáticos de manera circular. Además, los estudiantes deben poder participar en actividades mentales cuando pasan de una etapa a otra durante el proceso de modelado.

Desde la visión de relacionar el mundo matemático y mundo cotidiano, se han construido diversas representaciones de ciclos que tratan de evidenciar la actividad matemática que se lleva a cabo en la modelación matemática. Un ejemplo de estos ciclos es el que Blum y Borromeo (2009) utilizan en sus estudios un ciclo de modelación que cuenta con siete pasos:

1. Construyendo
2. Simplificando y estructurando
3. Matematizando (haciendo cálculos, resolviendo ecuaciones, etc.)
4. Trabajando matemáticamente
5. Interpretando
6. Validando
7. Haciendo una exposición

En este ciclo, el estudiante debe comprender el problema o la situación que se presenta. Ésta se debe simplificar, estructurar y precisar, es decir, tomar lo relevante para su solución. Este problema, al traducirlo a un modelo matemático, se deberá trabajar con cálculos y resolución de ecuaciones para tener un resultado que posteriormente se interpretará en el mundo real. Finalmente se validará este resultado con la realidad y, en caso de no validarse, es necesario regresar a las fases anteriores hasta lograrlo. Una vez que se valida, se expondrá ante los demás. Este ciclo de modelación matemática se puede observar en la figura 1.

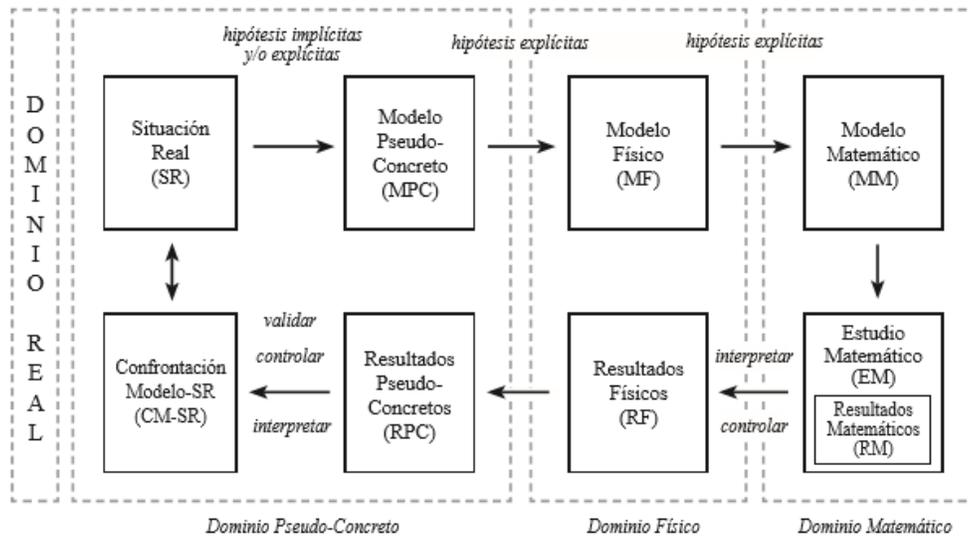
Fig.: 1 Ciclo de modelación de Blum y Borromeo (2009, p. 49)



Fuente: Elaboración propia.

Para Rodríguez (2017), la modelación matemática es considerada como un proceso cíclico donde se puede reconocer cuatro dominios: el dominio real, el pseudo-concreto, el físico y el matemático. Para relacionar el dominio real con el matemático, se proponen actividades que establecen un problema del mundo real que, al comprenderlo, los alumnos lo transforman en un modelo físico y de ahí a un modelo matemático para solucionar el problema. La solución propuesta estará tanto en términos matemáticos como pseudo-concretos de tal manera que se pueda validar y, en su caso, hacer cambios. Este proceso cíclico que Rodríguez propone donde se relaciona el mundo real (dominio real) y las matemáticas (dominio matemático) representa se puede observar en la figura 2.

Figura 2: Ciclo de modelación de Rodríguez (2017)



En el ciclo de la modelación matemática, al llevar a cabo sus procesos, los estudiantes pueden refinar y desarrollar constantemente sus modelos matemáticos de manera circular, de tal manera que los estudiantes participan en actividades mentales cuando pasan de una etapa a otra durante el proceso de modelado (Huang, 2012). Los procesos cognitivos de alto nivel es uno de los elementos que distingue a la modelación matemática (Mousoulides, Sriraman ve Christou, 2007).

### Pensamiento crítico

Fahim y Masouleh (2012) afirman que el pensamiento crítico se puede definir desde tres diferentes enfoques (Atabaki, Keshtiaray y Yarmohammadian, 2015; Fahim y Masouleh, 2012):

- Enfoque filosófico, centrado en la aplicación de reglas formales de lógica, se concentra en lo que necesita una persona para pensar, por ello, las actitudes de pensamiento crítico son lo más importante. Estos pensadores críticos se caracterizan por buscar y revelar los hechos, tener mente abierta, confianza en sí mismos, una gran curiosidad y una mentalidad escéptica.
- Enfoque psicológico, define el pensamiento crítico en función de las acciones o conductas que tienen los pensadores críticos. Buscan encontrar una relación entre el pensamiento crítico, la resolución de problemas y los altos niveles de habilidades de pensamiento. De esta manera, se concentran en las habilidades de pensamiento crítico. Estas habilidades son el análisis, la inferencia, el razonamiento, la comparación, la formulación de hipótesis, la síntesis y la creación de nuevas ideas, pruebas y conclusiones exhaustivas.

- Enfoque educativo, establece que el pensamiento crítico debe considerar tanto las habilidades como las disposiciones ya que es un proceso mental que no se activa de manera automática y, por lo tanto, requiere de un estímulo para su activación (Poondej y Lerdpornkulrat, 2015).

Ennis (1985) establece la siguiente definición de pensamiento crítico: "...es el pensamiento reflexivo y razonable que se centra en decidir en qué creer o hacer" (Ennis, 1985, p. 45). De acuerdo con el investigador, esta concepción de la competencia de pensamiento crítico involucra tanto disposiciones, como habilidades que se integran en el proceso de decidir qué creer o hacer.

Las habilidades de pensamiento crítico son las más importantes del siglo XXI, ya que son consideradas como habilidades innovadoras y de aprendizaje por lo que representan un requisito para tener éxito en la actualidad (Vargas, 2015, Bie, Wilhelm y Van der Meij, 2015). Se espera que los empleados tengan habilidades de análisis y resolución de problemas y toma de decisiones en el ámbito laboral (Murawski, 2014).

Formar estudiantes como pensadores críticos es el objetivo primordial de todas las instituciones educativas (Cargas, Williams y Rosenberg, 2017). Si los alumnos aprenden a pensar críticamente y con imparcialidad, además de lograr aprendizajes académicos, podrán aspirar a convertirse en ciudadanos efectivos, capaces de razonar de manera ética y actuar a favor del bien común (Elder y Paul, 2010). Pueden convertirse en una ciudadanía activa que forma parte de una sociedad plural y democrática (Bigozzi, Tarchi, Fiorentini, Falsini y Stefanelli, 2018).

## Consideraciones finales

En la actualidad, el ámbito educativo apuesta por una visión hacia la educación STEM, que es la enseñanza y el aprendizaje en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (Kennedy y Odell, 2014; Hernández et al, 2013). Esta visión se centra en tomar a la ciencia y las matemáticas como estrategias para la tecnología y la ingeniería (Bell, 2016).

Según Kertil y Gurel (2016), las diferentes perspectivas acerca de la educación STEM integrada, por lo general, hacen énfasis en el uso de tareas contextuales las cuales, involucra a los estudiantes con múltiples procesos tales como el diseño, construcción, análisis, matematización, verificación, revisión y comunicación; por lo que, en cierta manera, el modelado matemático como un proceso, está involucrado en todas las aplicaciones relacionadas con STEM.

Como se ha comentado, por un lado, la modelación es una excelente estrategia para la implementación de una educación STEM integrada y, por otro lado, la competencia de pensamiento crítico es considerado como una de las competencias de mayor importancia en la formación de los alumnos, especialmente en el campo de la ingeniería. Es debido a estos beneficios que se considera de gran relevancia el estudio del desarrollo del pensamiento crítico en la modelación matemática para la formación de ingenieros.

Considerando que este estudio se centra en trabajar con la modelación matemática como estrategia didáctica para desarrollar, además de competencias disciplinares, la competencia transversal del pensamiento crítico se trabajará en el desarrollo de una rúbrica que pueda evaluar y dar evidencia del desarrollo que propicia la modelación. En primera instancia, se llevará a cabo una prueba piloto en la cual este instrumento se pueda observar tanto cualitativa como cuantitativamente. También se hará la observación por expertos y se llevarán a cabo entrevistas para complementar los datos, Esto sucede en una actividad precisa, el alumno hará una actividad de modelación a través de un proyecto.

## Referencias

- Aksu, G. y Koruklu, N. (2015). Determination the effects of vocational high school students' logical and critical thinking skills on mathematic success. *Eurasian Journal of Educational Research*, 59, 181.
- Arseven, A. (2015). Mathematical Modelling Approach in Mathematics Education. *Universal Journal of Educational Research*, 3(12), 973-980. DOI: 10.13189/ujer.2015.031204
- Atabaki, A. M. S., Keshtiaray, N. y Yarmohammadian, M. H. (2015). Scrutiny of Critical Thinking Concept. *International Education Studies*, 8(3), 93-102.
- Aztekin S. y Zehra, T. (2015). The content analysis of mathematical modelling studies in turkey: a meta-synthesis study. *Education and Science*. 40(178), 139-161
- Bell, D. (2016). The reality of STEM education, design and technology teachers' perceptions: a phenomenographic study. *International Journal of Technology and Design Education* (2016) 26, 61-79. DOI 10.1007/s10798-015-9300-9
- Bigozzi L. et al (2018) The Influence of Teaching Approach on Students' Conceptual Learning in Physics. *Frontiers in Psychology*, 9(2474). doi: 10.3389/fpsyg.2018.02474
- Brito-Vallina, M., Alemán-Romero, I., Fraga-Guerra, E., Para-García, J., y Arias-de-Tapia, R. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 129-139.
- Camarena, P. (2009). La matemática en el contexto de las ciencias. *Innovación Educativa*, 9(6),15-25. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1794/179414894003.pdf>
- Ciltas, A. e Isik, A. (2013). The Effect of Instruction through Mathematical Modelling on Modelling Skills of Prospective Elementary Mathematics Teachers. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 13(2), 1187-1192.
- Coskun, H. (2017). Mathematical modelling research in Turkey: A content analysis study. *Educational Research and Reviews*, 12(1), 19-27. DOI: 10.5897/ERR2016.3077
- Dundar, S., Gokkurt, B. y Soylu, Y. (2012). Mathematical modelling at a glance: a theoretical study. *Social and Behavioral Sciences*, 46, 3465-3470. English, L. D. (2009). Promoting interdisciplinarity through mathematical modelling. *ZDM Mathematics Education*, 41, 161-181 DOI 10.1007/s11858-008-0106-z
- Fahim, M. and Masouleh, N. S. (2012). Critical Thinking in Higher Education: A Pedagogical Look. *Theory and Practice in Language Studies*, 2(7), 1370-1375.
- Hernández, P. R. et al. (2014). Connecting the STEM dots: measuring the effect of an integrated engineering design intervention. *International Journal of STEM Education*, 24, 107-120. DOI 10.1007/s10798-013-9241-0

- Huang, C.-H. (2012). Investigating engineering students' mathematical modelling competency. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 10(2), 99-104.
- Jacobs, G. J. y Durandt, R. (2017). Attitudes of Pre-Service Mathematics Teachers towards Modelling: A South African Inquiry. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(1), 61-84. DOI 10.12973/eurasia.2017.00604a
- Kindelán, M. P. y Martín, A. M. (2008). Ingenieros del siglo XXI: importancia de la comunicación y de la formación estratégica en la doble esfera educativa y profesional del ingeniero. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXIV (732), 731-742.
- Maričić, S., Špijunović, K. y Lazić, B. (2016). The Influence of Content on the Development of Students' Critical Thinking in the Initial Teaching of Mathematics. *Croatian Journal of Education*, 18(1), 11-40. doi: 10.15516/cje. v18i1.1325
- Molina-Toro, J. F., Villa-Ochoa, J. A. y Suárez Tellez, L. (2018). La modelación en el aula como un ambiente de experimentación-con-graficación-y-tecnología. Un estudio con funciones trigonométricas. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 11(1), 87-115.
- Murawski, L. M. (2014). Critical Thinking in the Classroom...and Beyond. *Journal of Learning in Higher Education*, 10(1), pp. 25-30.
- Osman, S. et al. (2016). Identifying Pertinent Elements of Critical Thinking and Mathematical Thinking Used in Civil Engineering Practice in Relation to Engineering Education. *The Qualitative Report 2016*, 21(2), 212-227.
- Poondej, C. y Lerdpornkulrat, T. (2015). The reliability and construct validity of the critical thinking disposition scale. *Journal of Psychological and Educational Research*, 23 (1), 23-36.
- Rodríguez, R. (2017). Repensando la enseñanza de las matemáticas para futuros ingenieros: actualidades y desafíos. *Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 8(15), 69-85.
- Vargas, D. (2015). Evidence of Critical Thinking in High School Humanities Classrooms. *Gist Education and Learning Research Journal*, (11), 26-44.
- Villa-Ochoa, J. A.; Rosa, M. y Gavarrete, M. E. (2018). Aproximaciones socioculturales a la modelación en Educación Matemática. Aportes de una comunidad latinoamericana. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 11(1), 4-12.