

LA PREDICCIÓN Y LA MODELACIÓN-GRAFICACIÓN EN LA COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO MATEMÁTICO DE INGENIEROS CIVILES DE CHIAPAS EN EJERCICIO DE SU PROFESIÓN

Adriana Atenea de la Cruz Ramos

ateneadr@hotmail.com

Universidad Autónoma De Chiapas (Unach), Facultad De Ingeniería Civil

Avance de investigación

Modelación-graficación en la comunidad de ingenieros civiles en formación Superior

RESUMEN

Este anteproyecto estudiará a la predicción y a la modelación graficación como categorías que esbocen la comunidad de conocimiento matemático de la ingeniería civil del estado de Chiapas. Para desarrollar esta idea el anteproyecto se desarrolla en tres grandes apartados: en el primero se expondrá la problemática y los antecedentes para constituir la comunidad de conocimiento matemático de la ingeniería civil, en el segundo los elementos teóricos y metodológicos de la investigación y, por último el cronograma de actividades y el esbozo de los resultados que se pretenden obtener en esta investigación.

PALABRAS CLAVE: predicción, modelación-graficación, infiltración, matematización, ingeniería civil.

INTRODUCCIÓN

El contenido de las matemáticas en las carreras propias de la ingeniería es significativa, aunque los conocimientos matemáticos son abordados en educación básica y media resulta complicada su enseñanza y su aprendizaje en el nivel superior, impactando fuertemente en la formación de ingenieros civiles. Todo plan curricular, como los hace evidente la revisión realizada por Cajas (2013), al observarse de manera lineal los programas de ingeniería, ubican a las matemáticas dentro de las ciencias básicas que preceden a las materias de las ciencias de la ingeniería y las materias profesionales (véase *Figura 1*). Esta importancia y dificultad de las matemáticas hace que alumnos, profesores y la sociedad en general demande cuestionamientos que tiene que ver más con el sentido utilitario que funcional (en el sentido de Cordero, 2008) del conocimiento matemático tales como ¿sirve esa matemática de la escuela, en la vida diaria del ingeniero civil?

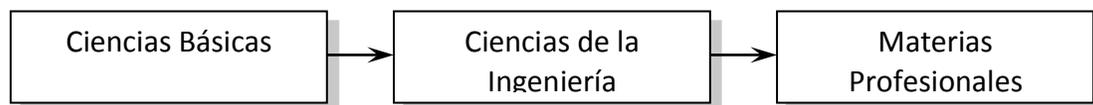


Figura 1. Programa lineal de ingeniería entendida como aplicación de la ciencia básica. Tomado de Cajas, 2013.

En un plan de estudios de la licenciatura en Ingeniería Civil, tomemos por ejemplo el caso de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), se puede observar que están inmersas en el área

6. Modelación y Aplicaciones y Matemática en Contexto

de ciencias básicas específicamente las asignaturas como Geometría Analítica, Cálculo Diferencia y Cálculo Integral; sin embargo en esos planes y programas de estudio no es claro el uso, aplicación y relación de estos conocimientos con las propias de la ingeniería, y, si bien, en el currículo pudiera encontrarse una explicación de cuáles son las matemáticas importantes en la formación de un ingeniero civil aún faltaría preguntarse cuáles son las matemáticas que realmente usa el ingeniero civil en el ejercicio de su profesión o, preguntando de otra manera, cuál es la matemática presente en la *comunidad de conocimiento matemático de la ingeniería civil*.

Entonces hay matemáticas por lo menos en dos ámbitos diferentes, en el ámbito de formación de los ingenieros y las pertenecientes al ámbito mismo de los ingenieros. Aquí podemos traer a colación la dualidad del conocimiento que identifica Cordero (2013) de una matemática escolar y una matemática funcional que obedecería a dos demandas distintas, la primera a las competencias curriculares vigentes (Plan de Estudios, 2007) y la otra a los requerimientos de cada país (Cajas, 2013). Concentrarnos en el segundo ámbito nos traería como cuestionamiento cómo poder identificar la matemática funcional de la ingeniería y para llevar a cabo este estudio hemos elegido la ingeniería civil. Nos centraremos en los fenómenos de la infiltración. La carencia de agua es un problema vital en muchas ciudades, existe la necesidad de recurrir a nuevas formas de abastecimiento de agua, tal como el *recurso hídrico subterráneo*, es decir el aprovechamiento de los mantos acuíferos. Es indispensable conocer el grado de contaminación para hacer factible esta nueva forma de abastecimiento. Existen medios para determinar esta capacidad, como lo es: midiendo la capacidad de infiltración en los suelos, que es determinada por el infiltrómetro o la Ecuación de Horton (Aparicio 2004), en ambos casos es importante la toma de datos, siendo en el segundo el uso imprescindible de la graficación en la determinación del tipo de suelo a evaluar. Para conocer la probable contaminación es necesario realizar estudios de calidad del agua, los estudios comprenden tres indicadores, la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). La DBO5 y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales. La primera determina la cantidad de materia orgánica biodegradable y la segunda mide la cantidad total de materia orgánica (Tebbutt, T., 1998).

Cabe señalar que en todas las pruebas a realizar, es importante el uso de gráficas para la determinación de parámetros y de coeficientes para la caracterización del agua. Sin embargo la infiltración cobra importancia debido a que tiene el objetivo de predecir el movimiento del agua en el subsuelo a partir de datos de propiedades físicas de éstos, así como de condiciones de carga de agua sobre el mismo. Una de las formas más eficientes es realizar un estudio en el que se conozca de la velocidad de infiltración de lixiviados de los rellenos sanitarios que se ubican cerca de esta fuente de abastecimiento. La aplicación de un modelo matemático resulta más eficaz para conocer el comportamiento y velocidad de ese probable contaminante así como de su radio de acción. Por su carácter preventivo, la predicción juega un papel esencial, actividad que se ve fortalecida por la modelación y la graficación, herramientas que permiten conocer, comprender y controlar el comportamiento de fenómenos naturales.

PROBLEMÁTICA

La Ingeniería Civil se desarrolla a partir del análisis, diseño, dictamen y predicción, actividades que norman la formación y actividad en el ejercicio de su profesión. En cada una de las actividades mencionadas existe el contenido matemático, quizás no perceptible, pero es relevante en cada una de ellas. Un papel importante de la matemática educativa consiste en proponer

6. Modelación y Aplicaciones y Matemática en Contexto

marcos de referencia que ayuden a entender la reconstrucción del conocimiento matemático (Cordero, 2008), para atender una problemática de la enseñanza y aprendizaje de la matemática en el área de la Ingeniería Civil. A raíz de las prácticas observadas en la formación del ingeniero civil se logra distinguir la modelación, misma que se encuentra implícita en dichas prácticas, de tal forma que desempeña un papel medular en las actividades de esta comunidad.

Frecuentemente el ingeniero civil se enfrenta a la problemática de formular modelos matemáticos que representen el fenómeno o situación a estudiar surgiendo así cuestionamientos tales como: ¿cómo obtener un modelo matemático que represente fenómenos físicos comunes para ellos como la Infiltración, cuando los datos se obtienen experimentalmente?, ¿qué fenómenos y mediante qué función son estudiados, representados y modelados? y ¿cómo son matematizados estos modelos?, Estas preguntas surgen ya que la región es fundamental para su formulación (Angulo, *et al*, 2007), es decir el estudio del fenómeno de infiltración es determinado por el tipo de suelo, por tanto los datos obtenidos no serán los mismos en Tuxtla Gutierrez que en San Cristóbal de las Casas, Villahermosa, Tabasco o Guadalajara, Jalisco.

Al revisar el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Civil, se encuentra que las matemáticas son para: resolver, modelar identificar, predecir los problemas y fenómenos que se presentan en el entorno social, demostrando de esta forma la importancia de la predicción de los fenómenos físicos. Por tanto al hacer referencia a la Predicción se remite a la modelación, de la que inercialmente, se piensa en generar un modelo matemático que represente la situación o fenómeno a estudiar, sin trascender y pensar en que se genera un conocimiento. Al obviar conceptos como la predicción y la modelación o la graficación, no se logra demostrarla relevancia de estas categorías siendo utilizadas únicamente como instrumentos y no como herramientas de construcción de conocimiento matemático en cada asignatura (Hernández 2006, De la Cruz-Ramos, 2011).

El presente trabajo surge de la necesidad de estudiar el papel que juegan las categorías Predicción (Cantoral, 2001; Cantoral, Farfán, Lezama y Martínez-Sierra, 2008) y Modelación-Graficación (Suárez, 2008; Cordero, 2011) en el área de Ingeniería Civil específicamente en las áreas de Mecánica de Suelos, Hidrología, así como en Ingeniería Ambiental, siendo la parte medular el estudio de nociones como la Predicción y la Modelación-Graficación como formadoras de conocimiento matemático con la intención de que evolucionen de ser únicamente instrumentos a constituirse como herramientas de construcción de conocimiento matemático.

ESTADO DEL ARTE. ANTECEDENTES PARA LA CONFORMACIÓN DE UNA COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO MATEMÁTICO DE LA INGENIERÍA CIVIL.

Los aspectos a tratar acerca de la construcción social del conocimiento matemático de la Ingeniería Civil son diversos, por lo que nos concentraremos en tres de ellos: la matematización en la ingeniería: donde se explica el porqué de la justificación matemática de los fenómenos físicos; las relaciones entre Matemáticas e Ingeniería: donde se observan las interacciones que existen entre el conocimiento científico y el matemático en la ingeniería; hacia el diseño de situaciones didácticas en Ingeniería: donde se describen algunas situaciones didácticas puestas en escena de estudiantes de la licenciatura en Ingeniería Civil que cursan la materia de Ecuaciones Diferenciales.

La matematización en la ingeniería

6. Modelación y Aplicaciones y Matemática en Contexto

En un primer acercamiento se estudiara la incorporación del contenido matemático en el contexto de la ingeniería. Farfán (1997) y Romo (2009) coinciden en que el inicio de la matematización de la ingeniería tuvo lugar en l'École Polytechnique ya que fue reconocida como una de las primeras instituciones de formación de ingenieros.

Farfán (1997) aborda esta temática llamándole “surgimiento de la Ingeniería Matemática” en el siglo XVIII, en él se manifiesta el proceso de institucionalización de las matemáticas en áreas propias de la ingeniería, dejando de ser una práctica tradicional. El impulsor fue Bernard Forest de Bélidor quien utilizó por primera vez la frase “La ciencia de la ingeniería” en su libro *Science des Ingenieurs* (1720) en ese material surgen las primeras muestras que la ingeniería sea cada vez más matemática, particularmente que el lenguaje de la ingeniería se transforme en el lenguaje algebraico. Llama la atención la transformación que va sufriendo “el papel de las matemáticas en la ingeniería” sobre todo al convertirse en un conocimiento elitista.

Bélidor pretendía trasladar y popularizar, en su comunidad la información generada por los matemáticos y científicos de la Real Academia de Ciencias, con el fin de: “...colocar a la gente del arte manual en condición de examinar con precisión, de tal suerte que accedan a la verdad, y cuyos principios puedan servir para resolver un sin número de problemas relacionados...” (Farfán, 2012, p. 82). Afirmaba férreamente la existencia de un solo conocimiento basado en principios generales tomados del lenguaje de las matemáticas, que permitiría mediante su estudio y análisis transformarlo. Así también se sabe que las instituciones militares no daban cabida al desarrollo de la matemática para la ingeniería, ya que era más importante las aplicaciones geométricas, dándole así, más jerarquía al diseño de fortificaciones, topografía, reconocimiento y reportes escritos. La investigación matemática era considerada como pérdida de tiempo. Hacia 1789 en vísperas de la revolución francesa, únicamente se retomó del programa de Bélidor exclusivamente la codificación de la práctica y la simplificación administrativa tanto para sus profesores como para sus alumnos...” (Farfán, 2012).

Conjuntamente surgieron las escuelas centrales basadas en la influencia filosófica de ya que si bien su educación era enciclopédica, cubriendo el conocimiento “positivo”, posteriormente incorporaron también cursos de matemáticas superiores (*mathematiques transcendentes*) a fin de preparar a los alumnos para su ingreso en la Politécnica. Sucedió un entonces un proceso de matematización del mundo científico, ya que aumentó la importancia numérica de textos, sin embargo los resultados en matemáticas fueron espectaculares en comparación con los dados en Física, Química o Geología. (Farfán, 2012).

La matematización del mundo científico se vio reflejada en varios aspectos:

- Las matemáticas fueron favorecidas en el ámbito educativo en este periodo, apreciadas tanto por alumnos y profesores.
- Las matemáticas se usaron en la selección de candidatos para ocupar altos cargos. Este proceso “elitista”, vía la selección basada en matemáticas, se organizó desde Mézieres, alcanzando su culminación en la *École Polytechnique* donde un examen de matemáticas decidía el ingreso.
- Se consideró a las matemáticas como un lenguaje necesario para desarrollar otras ciencias.

De aquí que se manifestara una necesidad del surgimiento de textos matemáticos, destinado a diversos sectores de la población, ocasionando la popularización de las matemáticas en la

6. Modelación y Aplicaciones y Matemática en Contexto

Francia posrevolucionaria, ya que gracias a la creación de un modelo que diera origen a la nueva “élite” de ingenieros, militares, e industriales. El surgimiento de la ingeniería matemática, fue producto de un proceso lento en el cual la *École* representó un papel trascendental, no solo en el nacimiento de científicos de la ingeniería de gran talento si no en la creación de un ambiente científico propicio. De acuerdo con Gnedenko & Khalil (1979) las matemáticas para ingenieros no son un fin en sí mismo, sino más bien un medio que permitía estudiar temas de ingeniería así como un método que más tarde aplicarían en el trabajo práctico, pero así como el ingeniero requiere de las matemáticas para entender su problemática, ellos propusieron que los matemáticos estudiaran algunos tópicos de la ingeniería con el fin de que los ejemplos fueran de ése ámbito; logrando una mayor relación de la información presentada con los problemas reales. Guthrie (2010) hace mención de la importancia de la educación y formación en la ingeniería ya que desde la mitad del siglo pasado la ingeniería se ha desarrollado tanto, que no puede separarse de la sociedad debido a sus fuertes necesidades. También hace recomendaciones acerca de cuál sería la educación idónea en ingeniería, es decir, que los estudiantes se formen de acuerdo a su ambiente o contexto de trabajo.

Romo (2009), tiene como pregunta de investigación: ¿Qué lugar darle a las matemáticas en una formación de ingeniero? en su investigación encontró coincidentemente con Farfán en cuanto a el surgimiento de *l'École Polytechnique* entre 1794 -1850; y los trabajos desarrollados por la comisión internacional de la Enseñanza de las matemáticas a principios del siglo XX. Situando su pregunta de investigación en tres instituciones: las de producción, las de enseñanza y las instituciones usuarias.

Esta revisión da cuenta de la existencia de la problemática entre la transmisión de los saberes e identifican los niveles en los que se produce el conocimiento matemático y cómo lo utilizan en diversas instituciones. En esta investigación se abordará el conocimiento que se construye al realizar la actividad de Modelación-Graficación tanto en la formación del ingeniero civil, como en el ejercicio de su profesión.

Relaciones entre Matemáticas e Ingeniería Civil en Chiapas.

Delimitando este estudio con las categorías de construcción de conocimiento matemático como la Predicción y la Modelación-Graficación en Ingeniería Civil, encontramos que existen fenómenos naturales que son importantes ya que son propias del ejercicio de la Ingeniería. Por tanto, la resolución de problemas con información y datos recolectados de fenómenos físicos adquiere especial importancia como contexto significativo de enseñanza en los salones de clases. Cajas (2001) toma como objeto de estudio la educación de la ingeniería, sus investigaciones consideran a la ciencia como un fenómeno que trasciende a la sociedad misma: a alfabetización científica y tecnológica. Esto en su gran mayoría se debe a que el saber científico no ha logrado trascender tanto a la escuela (transposición didáctica) como a la vida cotidiana. Expresa la falta de uso del saber matemático en la vida diaria, por lo que expresa que la ciencia no es utilizada en la vida cotidiana, por tanto no hay saber funcional, se encuentra entonces, que no hay matemática que refleje el uso de conocimiento científico escolar en la vida cotidiana.

Hacia el 2006, Cajas reflexiona acerca de las prácticas en la universidad y las prácticas en Ingeniería; así como del papel de las ciencias involucradas en la currícula de la licenciatura, su importancia radica que generalmente se consideran a las ciencias básicas como los fundamentos de la ingeniería por ejemplo: matemáticas y física y que esas materias son impartidas por profesores especialistas en física, matemáticas o ingenieros sin experiencia en campo, de tal

forma que no existe vinculación de las prácticas de la ingeniería al currículo. Así también, las corrientes contextualizadas (Cajas, 2007) han contribuido a integrar otras áreas como estadística, geometría, modelación o simulación matemática, entre otras, en los cursos de Precálculo y Cálculo. Se ha observado que durante las últimas décadas, se han incorporado nuevas estrategias en la enseñanza de las funciones y herramientas tecnológicas en el salón de clases. La Modelación-Graficación referida a sistemas de representaciones integra símbolos, signos, figuras, gráficas y construcciones geométricas. Estos elementos enuncian el concepto y suscriben en sí mismos el modelo con el cual es posible interpretar y predecir comportamientos de fenómenos físicos. La simulación y la Modelación-Graficación son representaciones de un objeto matemático que está vinculado a una situación física o real. Cuando se logra la simulación matemática en el salón de clase, se obtienen ideas intuitivas que la matemática formal exceptúa cuando se transita de lo concreto a lo abstracto en la enseñanza del conocimiento matemático (Steed, 1992).

Con la intención de articular los conocimientos matemáticos con asignaturas propias de la Ingeniería Civil sugerimos el estudio del fenómeno físico conocido como Infiltración desde la perspectiva de la práctica social de la Predicción y Modelación-Graficación. Se requiere una alternativa a la enseñanza actual en Ingeniería, ya que no son los mismos retos que se enfrentan en el norte, el centro y el sur del país, a razón del tipo de suelo, así como de los factores climáticos así como la precipitación tanto a lo largo y ancho del país como del estado de Chiapas. De aquí que se pretende fortalecer los métodos de Predicción que actualmente se trabajan en los libros de texto, de tal forma que preparen al Ingeniero Civil para enfrentarse a éstas necesidades. Por tanto se aborda el estudio del Método de Horton (Aparicio, 2004) para ejemplificar el comportamiento de la Infiltración, este método generaliza los tipos de suelos, dando como parámetros únicamente tres clasificaciones, partiendo de factores sin relevancia tales como: la vegetación en términos de “desnudo o cubierto de vegetación” cuando en realidad se trabaja sólo condiciones ideales.

Hacia el diseño de situaciones didácticas en Ingeniería.

De la Cruz-Ramos (2011), reportó la instrumentación de una experimentación para la resignificación del Binomio de Newton en el contexto de la Ingeniería Civil, sobre el fenómeno de la infiltración.

Situación Didáctica para el proceso de Infiltración en el contexto de la Ingeniería Civil

En esta sección se presenta la situación didáctica que se aplicó a alumnos de la Licenciatura de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). El objetivo primordial consistió en que estudiantes de tercer semestre de la Licenciatura de Ingeniería Civil interactuaran y vincularan los contenidos de naturaleza matemática, física así como de las Ciencias de la Ingeniería; tal es el caso del fenómeno de Infiltración, mismo que se aborda en asignaturas posteriores como Hidrología y Mecánica de Suelos. Se acudió al diseño de situaciones, siguiendo la metodología de Ingeniería Didáctica, como enlace entre ésta y la modelación, al igual que sus propiedades. Para la elección de la puesta en escena se consideraron los siguientes factores: cursos tomados y semestre cursado, ya que se tenía el interés que en los equipos existieran los conocimientos fundamentales así como elementales para la ejecución de la práctica e interpretación de los resultados obtenidos. Se empleó esta metodología ya que se parte de construcciones teóricas que el investigador formula en el proceso de cuestionamiento y formulaciones al inicio de su trabajo, ya que a lo largo de los intercambios entre el profesor y los

alumnos, el proyecto evoluciona bajo las reacciones de los alumnos. Estas construcciones involucran actividades como: concepción, realización, observación.

REFERENCIAS

- Angulo V., Rita.; Juan Carlos Cabrera, Leticia Pons y Rosana Santiago (2007) Conocimiento y región. México: Plaza y Valdés-UNAM-PROMEP.
- Aparicio, F. (2004). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Editorial Limusa. México.
- Cajas, F. (2013). La formación de Ingenieros/as Civiles y Matemáticos/as en la Actualidad: Tendencias y Desafíos. *II seminario-taller centroamericano de armonización académica regional de las licenciaturas en Ingeniería Civil y matemática*. Gdl., México.
- Cantoral, R. (2001). *Matemática educativa. Un estudio de la formación social de la analiticidad*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Cantoral, R., Farfán, R. M., Lezama, J. y Martínez-Sierra, G. (2006). Socioepistemología y representación: algunos ejemplos. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. Special Issue on Semiotics, Culture and Mathematical Thinking. L. Radford & D'Amore, B. (Guest Editors) 27-46.
- Cordero, F. (2008). El Uso de las Gráficas en el Discurso del Cálculo Escolar. Una visión Socioepistemológica. *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte Iberoamericano*. R. Cantoral, Covián, O., Farfán, R. M., Lezama, J., y Romo, A. (Eds.). (ISBN primera edición: 978-84-7978-803-2) México: Ediciones Díaz de Santos, S. A. 285-309.
- Cordero, F. (2011) La modelación y la graficación en la matemática escolar. En L. M. Rodríguez-Salazar, R. Quintero-Zazueta y A. R. Hernández (Coords.). *Razonamiento Matemático. Epistemología de la Imaginación. (Re)pensando el papel de la Epistemología en la Matemática Educativa*. (377-399). Gedisa, Barcelona y Cinvestav, México.
- Cordero, F. (2013) Matemáticas y el cotidiano. Diplomado. *Desarrollo de Estrategias de Aprendizaje para las Matemáticas del Bachillerato, La transversalidad Curricular de las Matemáticas*. Documento interno de trabajo.
- De la Cruz-Ramos, A. (2011). Situaciones Didácticas de las Ecuaciones Diferenciales en el contexto de Ingeniería Civil a través de la Predicción. *Tesis de maestría no publicada*. Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- Farfán, R. (1997). *Ingeniería Didáctica: un estudio de la variación y el cambio*. Editorial Iberoamérica. México D. F.
- Farfán, R. (2012). *Socioepistemología y ciencia: El caso del estado estacionario y su matematización*. Editorial Gedisa. México D. F.
- Gnedenko, B.V., Khalil, Z. (1979). La educación matemática de los ingenieros, *Ciencias de la Educación en Matemáticas*, Volumen 10.
- Guthrie, P. (2010). Beyond Systems Engineering – Educational Approaches for the 21st Century. En D. Grasso, M.B. Burkins (eds.), *Holistic Engineering Education*, Springer Science BusinessMedia.

6. Modelación y Aplicaciones y Matemática en Contexto

- Hernández, H. (2006). Una visión socioepistemológica de la matematización del movimiento: del binomio de Newton a la serie de Taylor. *Tesis de maestría no publicada*. Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- UNACH (2007) *Plan de estudios de la Licenciatura Ingeniería Civil*. Facultad de Ingeniería UNACH-México.
- Romo A. (2009). The role of mathematical knowledge in a practical activity engineering projects at university level. *CERME 5, 2007*.
- Suarez, T. (2008). Modelación-Graficación, una categoría para la matemática escolar. Resultado de un estudio socioepistemológico. *Tesis doctoral no publicada, Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav-IPN, México*.
- Tebbutt, T., (1998). *Fundamentos en el control de la calidad del agua*. Ed. Limusa: México.

