

# FORMACIÓN DE INGENIEROS Y TÉCNICOS DESDE LA MATEMÁTICA EDUCATIVA

*Ruth Rodríguez, Bertha Ivonne Sánchez, Alberto Camacho, Ismael Arcos, Hipólito Hernández, Atenea De la Cruz, Olda Covián, Fernando Cajas*

## Resumen

El objetivo del grupo es reflexionar sobre la enseñanza de la matemática en escuelas de formación de futuros profesionales: ingenieros y técnicos, desde cinco grandes temas: 1) El tipo de matemáticas que debe ser enseñada y aprendida, 2) El reconocimiento de la pluralidad de enfoques geopolíticos que se tienen sobre ¿qué es una escuela de ingeniería y una escuela técnica? y ¿qué es una escuela de formación tecnológica? 3) La relación de las matemáticas con las ciencias de la ingeniería y los contenidos técnicos 4) El rol que juegan los profesionales en la transformación del conocimiento matemático hacia un saber práctico, y de qué manera ese saber práctico puede volverse al aula y 5) Las formas de modelización pertinentes en esos niveles.

**Palabras clave: Ingeniería, modelación, prácticas.**

## Introducción

El grupo tiene como propósito organizar a profesores e investigadores interesados en la formación de futuros profesionales ingenieros y técnicos desde la Matemática Educativa. La mayoría de los miembros trabajan desde años atrás en esta problemática, desde diversas referencias y diferentes marcos teóricos y metodológicos. Como veremos a lo largo de la exposición de sus posturas, todos tienen propuestas en esta temática y algunos otros comparten reflexiones en común.

La idea es conformar un grupo de profesores investigadores latinoamericanos interesados en esta temática.

El grupo nace en 2014 en el marco de la XVII Escuela de Invierno en Matemática Educativa (EIME XVII) realizada en el Estado de Oaxaca, República de México en diciembre 2014 (<http://www.red-cimates.org.mx/index.php/eimes>), teniendo una segunda reunión presencial durante la 29ava. Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa (RELME 29, en la Universidad de Panamá, República de Panamá en Julio 2015 (<http://www.relme29.up.ac.pa>)). Se espera que el grupo se reúna al menos dos veces al año, una durante los trabajos de EIME y la segunda en el marco de la RELME.

El objetivo en esta tercera reunión presencial en Oaxaca, cuya sede es la EIME XVIII, es proponer un programa de trabajo del mismo para los siguientes 5 años, alrededor de las preguntas iniciales (ver resumen) además de ahondar en otras problemáticas que puedan surgir en las discusiones al centro del grupo. La intención es recopilar y reunir la diversidad de reflexiones de la puesta en común y plasmarlas en:

- a) Artículos en extenso del grupo (Rodríguez, Sánchez y Camacho, 2014),

- b) Artículos en extenso de algunos miembros del grupo, que compartan puntos de vista comunes (Cajas, 2015) y, finalmente
- c) La producción de un libro (a publicarse en diciembre 2015/ enero 2016).

Otro interés es la creación de:

- a) Un espacio Web del grupo, como página en redes sociales (buscar grupo público en Facebook Formación de Ingenieros desde la Matemática Educativa, ó Twitter)
- b) Grupo público en Facebook: Formación de Ingenieros desde la Matemática Educativa.

Algunas referencias importantes del grupo lo constituye el reconocimiento y previa participación académica de sus miembros en diversas asociaciones internacionales interesadas en este tipo de formaciones. Sólo por mencionar algunos ejemplos, citamos a:

- a) Sociedad Americana de la Educación de la Ingeniería, ASEE por sus siglas en inglés (American Society for Engineering Education); ver <http://www.asee.org>
- b) National Academy of Engineering (<https://www.nae.edu/>)
- c) Sistema de Acreditacion de Programas de Arquitectura e Ingenieria (<http://acaai.org.gt/>)
- d) Sistema de Homologacion Centro Americano de Programas de Ingenieria (<http://www.csuca.org>)
- e) Programa de Pertinencia de las Ingenierias en America Latina (<http://www.redusoi.org/>, Cajas)
- f) Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Instituciones de Ingeniería; LACCEI por sus siglas en inglés; ver <http://www.laccei.org>
- g) Grupo de estudio “Las interacciones entre las matemáticas y las otras disciplinas en la formación general y profesional” en el marco del Espace Mathématique Francophone Francophono, EMF por sus siglas en francés; ver en <http://emf2015.usthb.dz>
- h) Grupo de estudio Interdisciplinarietà en Matemática Educativa (TSG22) en la Conferencia Internacional de Matemática Educativa, ICME por sus siglas en inglés, 2016 en Hamburgo; ver en [http://icme13.org/topic\\_study\\_groups](http://icme13.org/topic_study_groups)

A continuación, presentamos brevemente algunas de las propuestas del grupo, alrededor de las 5 preguntas iniciales, que se replican enseguida:

- 1.El tipo de matemáticas que debe ser enseñada y aprendida en ingeniería y en escuelas de técnicos,
- 2.El reconocimiento de la pluralidad de enfoques geopolíticos que se tienen sobre ¿qué es una escuela de ingeniería?
- 3.La relación de las matemáticas con las ciencias de la ingeniería,
- 4.El rol que juega el ingeniero en la transformación del conocimiento matemático hacia un saber práctico, y de qué manera ese saber práctico puede volverse al aula,
- 5.Las formas de modelización pertinentes en esos niveles.

Se presenta la postura de cada miembro del grupo a través de la discusión de alguna de las preguntas previamente planteadas.

### **Ismael Arcos: Matemáticas en la formación de ingenieros desde la Matemática Educativa**

Desde la experiencia en la docencia y en la investigación de Ismael Arcos (Arcos, 2015), los trabajos se desarrollan principalmente alrededor de las dos primeras preguntas para el trabajo del grupo, esto es:

- (a) ¿Qué tipo de Matemáticas es la que maneja el Ingeniero?, ¿cómo trata el ingeniero el conocimiento matemático? y
- (b) ¿Qué usos da al conocimiento matemático?, ¿cómo con ese conocimiento resuelve sus problemas?

Alrededor de estas preguntas, se ha reflexionado respecto de diversas situaciones, algunas de ellas son:

- (1) ¿Cuál es la concepción de Ingeniería?,
- (2) ¿Qué se entenderá por la formación de ingenieros?,
- (3) ¿Qué se entiende por la(s) Matemática(s) en la Formación de Ingenieros? y
- (4) ¿Cuál es el papel de las Matemáticas en las Escuelas de Ingeniería.

A partir de todo esto, parece necesario reconocer que el papel de la matemática en la actividad profesional depende, en buena medida, de las características de dicha actividad, y que el pensamiento matemático, es decir, el conjunto de procesos mentales que ocurren cuando se ocupa la matemática en la práctica profesional, es de naturaleza deferente ¿diferente?, según las características de la profesión.

Podemos decir que el pensamiento matemático en la actividad del matemático puede estar fuertemente vinculado a la lógica formal, mientras que en la ingeniería se relaciona más bien con la modelación y la resolución de problemas.

En consecuencia, la formación matemática en escuelas de ingeniería debiera orientarse, más que hacia el rigor lógico y el pensamiento racional, al desarrollo de esas dos grandes competencias: la modelación y la resolución de problemas.

Como matemático educativo que labora en una escuela de ingeniería, Arcos (2015) ha desarrollado actividades relacionadas con algunos de los siguientes aspectos:

1. Determinación de los propósitos generales del conjunto de cursos de Matemáticas, como parte de la formación escolar de los futuros profesionales de la ingeniería. Por lo tanto, en la determinación más o menos precisa de los contenidos específicos de esos cursos.
2. Propuesta y exploración de las posibles maneras en las que esas temáticas deben atenderse en las aulas y en otros espacios de aprendizaje.
3. Diseño y elaboración de textos y otros materiales para la enseñanza de las Matemáticas en escuelas de Ingeniería.

4. Diseño y exploración de actividades de aprendizaje con o sin la ayuda de elementos y herramientas tecnológicas.
5. Diseño y exploración de instrumentos de evaluación de los aprendizajes.

Se asume, desde esta perspectiva, que todas aquellas actividades de indagación bibliográfica, hemerográfica o aquellas desarrolladas en aula o en cualquier otro escenario en donde puedan ocurrir aprendizajes de Matemáticas, por parte de los estudiantes de una escuela de Ingeniería, bien pueden denominarse actividades de investigación en Matemática Educativa.

### **Hipólito Hernández Pérez, Adriana Atenea de la Cruz Ramos: Matemáticas en la formación de ingenieros desde la Matemática Educativa**

En los trabajos desarrollados por Hernández, Muñoz y Buendía (2007); Hernández, Rodríguez y De la Cruz (2010); Hernández y Solís (2013); y Hernández y Esqueda (2014) se realizaron investigaciones respecto a la modelación y solución de problemas en el contexto de la ingeniería civil, considerando, el plan de estudio de la Universidad, es decir: “la Ingeniería Civil, está orientada a formar integralmente a profesionales capaces de incidir y responder a las demandas sociales a través de la planeación, diseño, construcción, mantenimiento y operación de obras civiles, asimismo orientados al aprendizaje permanente, con calidad humana y socialmente responsables” (Universidad Autónoma de Chiapas, UNACH, 2007), así como, además, se considera que el papel del ingeniero civil debe ser el resolver problemas de la ingeniería que se presentan en la sociedad, con la finalidad de analizar y predecir fenómenos naturales, optimizar los recursos, con el objeto de su sustentabilidad. Bajo estas consideraciones, los profesores de matemáticas (Matemática Educativa) debemos centrarnos en la formación matemática de los ingenieros en la modelación y resolución de problemas cotidianos, desde un punto de vista práctico y no tanto de la lógica formal. Esta postura se debe a los comentarios y experiencias con los ingenieros en ejercicio de su profesión, en tanto deben resolver los problemas de ingeniería considerando como punto de partida un conocimiento previo y empírico, y un análisis a partir de su experiencia, que posteriormente hacen uso del pensamiento matemático para su validación.

Además, compartimos la idea de Einstein (1934):

(...) la experiencia justifica nuestra confianza en que la naturaleza es la realización de lo más simple que puede ser matemáticamente concebido. Estoy convencido de que una construcción puramente matemática puede permitirnos encontrar los conceptos y las conexiones necesarias entre ellos que proveen la clave del entendimiento de los fenómenos naturales.

Por tanto, intuitivamente los fenómenos naturales pueden ser descritos y entendidos en términos de modelos matemáticos y resueltos por muchos científicos. En este sentido hay que discutir si esa intuición está fundamentada o no. Los modelos matemáticos pueden integrar información experimental cuantitativa o cualitativa y su visualización, que recuperan comportamientos observados y establecer una retroalimentación en los diferentes procesos de la construcción de conocimiento matemático, es decir, buscar la interacción entre todos los niveles representados en los modelos matemáticos.

### **Ruth Rodríguez: La importancia de la modelación y la simulación computacional en la formación de Ingenieros**

Desde nuestra óptica, al igual que Arcos (2015), consideramos fundamental reconocer que la matemática que el ingeniero necesita debe ser más funcional que la matemática formal en el sentido estricto de la palabra. Damos cuenta que el conocimiento matemático presenta al menos dos facetas: como objeto de conocimiento, pero también como herramienta valiosa para modelar la realidad del futuro ingeniero. Es por ello que la modelación es una cuestión fundamental para esta cuestión.

A pesar de que estudios previos (Rodríguez, 2010) se han centrado particularmente en la enseñanza y aprendizaje de las Ecuaciones Diferenciales como herramientas para modelar; en los últimos años nos ha preocupado el hacer una propuesta de un curso completo de Ecuaciones Diferenciales para ingenieros, que muestre las prácticas fundamentales de modelación que ellos necesitan (Rodríguez, 2013a y 2013b). Gracias al trabajo en la dirección de conocer más la Matemática que el ingeniero necesita en su área de trabajo, nos dimos a la tarea de comprender mejor las prácticas y usos de los ingenieros de la Matemática (Rodríguez, 2013b). Se tienen luego ejemplos muy concretos en áreas específicas; de manera similar a Hernández, Rodríguez y De la Cruz (2010). Estos últimos han centrado su interés en la parte de la ingeniería civil, mientras que nosotros nos hemos interesado más en la parte de Ingeniería Industrial en Sistemas (Rodríguez y Bourguet, 2014, 2015); Ingeniería de Control (Smith & Campbell, 2011) e Ingeniería Química (Ramírez y Macías, 2013).

Parte del estudio de estas prácticas de ingeniería, han mostrado la importancia que se tiene de lidiar con la realidad desde la formación inicial matemática de los futuros ingenieros, de ahí nuestro enfoque y énfasis en las experimentaciones en clase de matemáticas (Rodríguez, 2013a), además del uso de simuladores computacionales como Matlab (Smith & Campbell, 2011) y Vensim (Rodríguez y Bourguet, 2014, 2015).

Nuestros hallazgos, principalmente en los últimos trabajos sobre el uso de la construcción de simuladores y el uso de “un nuevo lenguaje gráfico” para expresar ideas matemáticas, ha sido de gran valor para el diseño de actividades en clase de matemáticas. Estos últimos muestran la ventaja que propone el uso de lenguajes a los futuros ingenieros, el tratamiento de problemas más “reales” y complejos de los que usualmente suelen tratar en clase y, sobre todo, el abordar problemáticas de naturaleza social, y no tanto escolar.

Parte de nuestro trabajo previo gira alrededor de las preguntas 1, 3, 4 y 5 planteadas, anteriormente:

- 1) El tipo de matemáticas que debe ser enseñada y aprendida,
- 3) La relación de las matemáticas con las ciencias de la ingeniería,
- 4) El rol que juega el ingeniero en la transformación del conocimiento matemático hacia un saber práctico, y de qué manera ese saber práctico puede volverse al aula,
- 5) Las formas de modelización pertinentes en esos niveles.

Deseamos resaltar que hacemos investigación en áreas específicas de la Ingeniería (Industrial y de Sistemas) y reconocemos cómo éstas prácticas pueden ser llevadas al aula de matemáticas por medio de actividades específicas y, finalmente, tratamos de entender cómo éstas afectan, de manera positiva, el entendimiento y comprensión de los estudiantes (futuros ingenieros) sobre una noción matemática en particular, en nuestro caso, de la Ecuación Diferencial como herramienta para modelar diversas situaciones.

Reconocemos la necesidad de adoptar marcos teóricos específicos, como el estudio de praxeologías (Rodríguez, 2010) para identificar y caracterizar las prácticas de modelación de los futuros ingenieros (Camacho y Sánchez, 2015; Camacho et al., 2011; Camacho y Romo-Vázquez, 2015, Covián, 2013). A pesar de que los esfuerzos iniciales de conformación de este grupo de investigación no contempla la adopción de un marco único de referencia; creemos posible adoptar en los estudios futuros la Teoría Antropológica de Chevallard y en particular, la noción de praxeología, para caracterizar los estudios de prácticas de modelación de los ingenieros, que nos permiten tener más elementos para la creación, diseño y evaluación de actividades en el aula de Matemáticas.

### **Fernando Cajas: Emergencia de la Ingeniería Educativa y su relación a Matemática Educativa**

Durante las últimas tres décadas han emergido estudios cognitivos sobre lo que saben los ingenieros alrededor del diseño para casos específicos (Vicenti, 1993 para aeronáutica). Emergen también los nuevos estudios de antropología de la ingeniería realizados por Louis Buciarelli (1998) sobre lo que realmente hacen los y las ingenieras en diferentes espacios de trabajo, tal el caso de diseño de celdas fotovoltaicas y los trabajos sobre la construcción social de la tecnología y más recientemente Madhavan (2015) sobre cómo piensan los ingenieros. Se da la emergencia de revistas científicas tales como los Journal for Technology and Human Values, Journal of Culture and Technology, Journal of Engineering Education, European Journal of Engineering Education, Australian Journal of Engineering education, etc. Estos proyectos otorgan elementos para definir una nueva epistemología de la ingeniería, que no se centra solamente en la epistemología de la ciencia, sino una epistemología que se base en las prácticas de la ingeniería.

Dentro de la comunidad de Matemática Educativa también se dan los primeros estudios sobre el papel de la matemática en ingeniería (Farfán, 1991; Trejo, Camarena y Trejo, 2013). En términos generales estos estudios han ocurrido desde la perspectiva de la matemática y diferentes marcos de Matemática Educativa. Sin embargo, la matemática solo es una parte de la caja de herramienta de los ingenieros, que es utilizada de forma pragmática en la práctica de ingeniería. En los programas de ingeniería la matemática ha sido introducida como parte de un paquete llamado Ciencias Básicas. A nivel internacional, con raras excepciones, los programas de educación en ingeniería están contruidos desde la concepción de la ingeniería como conocimiento y vistos como ciencia aplicada. Esto ha llevado a generar programas que inician con Ciencias Básicas, particularmente Física y Matemática, seguidos luego de Ciencias de las Ingeniería para concluir con Materias Profesionales.

La matemática y la física son los cursos clásicos de las Ciencias Básicas y se han introducido al currículo de ingeniería desde la epistemología de la matemática y de la física, casi siempre epistemologías ingenuas de la ciencia. El reto que se tienen con los

programas de ingeniería, es replantear las Ciencias Básicas desde una epistemología de la ingeniería. La Matemática Educativa, por otro lado, se ha desarrollado como campo de investigación y se ha acercado a la ingeniería desde perspectivas matemáticas, con la ventaja de que ha ampliado los marcos teóricos para su análisis. Así se encuentran perspectivas clásicas enfocadas en la didáctica de la matemática, sin trastocar el discurso matemático escolar, moviéndose hacia marcos cognitivistas y ahora hacia marcos sociales, donde se reconoce que la matemática es una construcción social. En ese sentido se espera que los marcos teóricos de la Matemática Educativa, también incorporen a la epistemología de la ingeniería cuando se analice el papel de la matemática en ingeniería.

Esperamos que comunidades de matemáticos educativos interesados en matemática en ingeniería, también conozcan los trabajos propios de las comunidades de educación en ingeniería, que de a poco conforman un área de investigación en el aprendizaje de esta disciplina (Borrego et al., 2014, Johri y Olds, 2014).

### **Bertha Ivonne Sánchez y Alberto Camacho: Recursos para la construcción de conocimiento**

El uso de recursos de la física y otras disciplinas en la enseñanza de la matemática, ha servido para motivar los tópicos y objetos matemáticos, de modo que a través de ellos se puedan interpretar algunos resultados de los problemas prácticos que con esos recursos y otros conceptos se puedan resolver y cuya resolución se exige en los planes y programas de estudio, principalmente en aquellos de las carreras de ingeniería. Es así que la introducción de conceptos externos a la práctica matemática, involucra otro tipo de técnicas y prácticas intermediarias, que se unen con las técnicas de la matemática, cuya asociación sirve de puente para la resolución de tareas y ejercicios (Camacho y Sánchez, 2015).

Al menos para la enseñanza, el uso de ese tipo de saberes para la adquisición del conocimiento, ha sido convenido tanto por los autores de textos, los profesores y quienes han diseñado los planes de estudio, sin un cuestionamiento de fondo que valide su uso. Esos conocimientos son cotidianos en la matemática escolar, principalmente en el nivel superior de ingeniería, y son marcados por una tradición en la resolución de *problemas de aplicación* para cada tema específico, que supuestamente tienen que ver con las especialidades de las carreras. Ante ello nos cuestionamos:

¿Cómo modelar actividades de enseñanza aprendizaje bajo esas condiciones?

A partir de la pregunta, proponemos desarrollar procesos de modelización de problemas específicos de la matemática escolar, para favorecer en los estudiantes la comprensión de conceptos a través de instrumentos elementales de fácil construcción, que se simulan a partir del trabajo que se realiza en la actividad cotidiana, dentro de la misma ingeniería. En ese dominio es posible establecer relaciones experimentales entre actividades prácticas (macro-espacio), la apropiación que puedan hacer los profesores-experimentadores de esa actividad (meso-espacio) y la manera en que la desarrollen los estudiantes (micro-espacio). La modelización de las actividades se construyen previamente por el profesor-experimentador, involucrando en ella los conocimientos del curso, y superponiéndolos con los instrumentos y conocimientos prácticos.

Hasta ahora, hemos experimentado el proceso de modelización del concepto de *pendiente*, que se enseña en 5º semestre del nivel medio superior en México, simulando en ella el

trabajo que realizan los topógrafos cuando nivelan con sus propios instrumentos las secciones transversales a los ejes de carreteras. El propósito fue reconocer la evolución de la componente interna, cognición, de los estudiantes respecto al concepto de tangente, el mismo concepto de pendiente sólo que del lado de los topógrafos, a través de la actividad que desarrollaron en el aula de la nivelación de terrenos. Para ello se usaron algunos elementos de la matemática que se enseña en el bachillerato mexicano.

La aproximación de la modelización fue mostrada sobre una situación de enseñanza diseñada a partir de las capacidades de los alumnos para llevarla a cabo, de manera que, por un lado, se intentó que comprendieran el método de nivelación desarrollado por los topógrafos, aun cuando fuera parcialmente y, por otro, se procuró introducir el concepto de tangente de un ángulo desde esa perspectiva en la clase de 5° semestre. El análisis de los resultados de la experimentación, muestra que el arraigo que los estudiantes tienen del concepto de pendiente, como la razón entre los catetos del triángulo rectángulo, enseñado de esa manera a través de los libros de texto, estuvo presente en todas las decisiones que tomaron para llevar a cabo la actividad, y que difícilmente pueden incorporar una definición paralela del concepto, como es la tangente del ángulo.

### **Olda Covián: Las matemáticas en la formación de futuros profesionales: técnicos en construcción e ingenieros en mecatrónica**

En las formaciones profesionales, una de las características principales es la convergencia de tres instituciones que las conforman: la enseñanza de las matemáticas  $E(M)$ , la enseñanza de formación específica o de disciplinas intermedias  $E(DI)$  y la institución práctica (institución en la que se deben desarrollar profesionalmente los egresados de dichas formaciones). Debido a esta característica las preguntas que surgen en torno de los conocimientos que ahí se dan, por mencionar algunas, son: ¿Los conocimientos matemáticos impartidos en  $E(M)$  son suficientes o están al servicio de la formación disciplinar  $E(DI)$ ? ¿Qué características tienen estos conocimientos matemáticos? Y quizá una de las preguntas más importantes ¿Cómo acercar los conocimientos impartidos tanto en  $E(M)$  como en  $E(DI)$  a la práctica profesional? ¿Son suficientes las simulaciones y modelaciones elaboradas en  $E(DI)$  para enfrentarse a los problemas profesionales? Al tratar de aportar respuestas a estas preguntas, diversos trabajos (Romo-Vázquez, 2009; Covián, 2013) han evidenciado que las matemáticas en  $E(M)$  tienen una distancia considerable con respecto a  $E(DI)$  puesto que los modelos usados en la práctica responden a las condiciones del contexto y muchas veces en la escuela esas condiciones no son “reproducidas”, por lo que los estudiantes estructuran sus propios modelos, que al momento de ser llevados a la práctica resultan poco eficaces para abordar los problemas.

Tomando como antecedente la problemática planteada, es que se desarrolla un proyecto que propone el diseño de actividades didácticas que tome en cuenta contextos extra-matemáticos, desde los cuales se pueda contextualizar para permitir la cercanía entre  $I_p$ ,  $E(DI)$  y  $E(M)$ . Este proyecto se fundamenta en argumentos de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) y se basa en la identificación de modelos en contextos extra-matemáticos que puedan ser susceptibles a ser transpuestos a  $E(M)$ .

Para este reporte se hablará en particular de dos proyectos inmersos en formaciones específicas, el Bachillerato Tecnológico y la formación pre-universitaria. Formaciones, que al igual que las profesionales, como la ingeniería, demandan conocimientos de  $I_p$ ,  $E(DI)$  y



E(M). Ambas investigaciones están enmarcadas en la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD).

La primera se inserta en el Bachillerato Tecnológico, específicamente en la formación de futuros profesionales técnicos en construcción (Covián, 2013). Desde ésta se caracterizó el conocimiento matemático en la actividad de levantamiento topográfico (Covián y Romo-Vázquez, 2014). Al elaborar el análisis praxeológico se identificaron modelos de  $E(DI)$ , susceptibles de ser transpuestos a  $E(M)$ , como por ejemplo, el cálculo de área de terrenos. Una particularidad de esos tipos de tareas, es que los propios tipos de terrenos determinan la técnica matemática que se usará. Por ejemplo, no es lo mismo calcular el área en un terreno “plano” como en un terreno “no plano” (que posee lagos o sinuosidades).

Otro ejemplo es el trabajo en desarrollo por una estudiante del programa de maestría en Matemática Educativa (CICATA-IPN). Esta investigación tiene por contexto la formación pre-universitaria, que permite a los estudiantes al final del segundo año de cursarla, adquirir un título de profesional técnico. Desde ésta última se pretende diseñar una actividad didáctica basada en la modelación para el curso de control automático, que articule elementos de  $E(M)$  y  $E(DI)$ .

En particular se mostrará la importancia de la elección de un contexto extra-matemático para este tipo de diseños ¿Qué hace susceptible a los contextos extra-matemáticos de ser transpuestos a  $E(M)$ ?

### **Conclusiones preliminares del grupo**

El propósito del grupo, es determinar cómo desde la comunidad de Matemática Educativa podemos contribuir a la formación de diversas profesiones, particularmente ingenieros y técnicos, esta propuesta es relativamente nueva, pero dadas las diversas investigaciones que han sido expuestas, consideramos tener material suficiente para aportar en esta dirección.

Diferentes autores, desde diversas posturas teóricas, hemos contribuido a las cinco principales interrogantes expuestas en un inicio. El propósito del grupo en reuniones latinoamericanas y mexicanas, como lo es la XVIII Escuela de Invierno en Matemática Educativa, nos permitirán trabajar en esa dirección. Esperamos contribuir más a ese respecto durante las dos sesiones presenciales en el evento de diciembre 2015 en Oaxaca y contribuir en un segundo momento, con posturas y respuestas del grupo, a estas y otras interrogantes sobre el papel que juega, puede y debe jugar, la Matemática Educativa en la formación de ingenieros.

### **Referencias**

- Arcos, I. (2015). *El cálculo en Ingeniería*. Ponencia en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas en Abril 2015.
- Borrego, M.; Foster, M. y Froyd, J. (2014). Systematic Literature Reviews in Engineering Education and Other Developing Interdisciplinary Fields. *Journal of Engineering Education*, 103 (1), 45-76.
- Buciarelli, L. (1998). *Engineering Design*. MIT Press.
- Cajas, F. (2001) Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Revista Enseñanza de la Ciencias*, 19 (2), 243-254.

- Camacho A. & Romo-Vázquez A (2015). Déconstruction-construction d'un concept mathématique. Actes du Espace Mathématique Francophone, Alger.
- Camacho, A., Sánchez, B., Blanco, R. & Cuevas J. H. (2011). Geometrización de una porción del espacio real. *Educación Matemática*, (23), 3, México.
- Camacho, A. y Sánchez, B. (2015). *Praxeologías y empiremas. Recursos extremos para la construcción de conocimiento*. XIV CIAEM, México
- Covián, O. (2013). *La formación matemática de futuros profesionales técnicos en construcción*. Tesis de doctorado no publicada. México, D.F. CINVESTAV-IPN.
- Covián O. y Romo-Vázquez, A. (2014). Modelo Praxeológico Extendido una Herramienta para Analizar las Matemáticas en la Práctica: el caso de la vivienda Maya y levantamiento y trazo topográfico. *Boletim de Educação Matemática* [en línea] 2014, 28 (Abril-Sin mes) : [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2015] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291231123008>> ISSN 0103-636X
- Einstein, A. (1934). On the method of theoretical physics, *Phylosophy of Science*, 1(2): 163-169.
- Farfán, R.(1991). R. (1997) *Ingeniería Didáctica*; Un estudio de la variación y el cambio. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Hernández, H., Muñoz, G., Buendía, G (2007). La modelación matemática en el contexto de ingeniería civil a través de la interpolación y la predicción. Crespo, C(2007). *Acta Latinoamericana de matemática Educativa*, Vol. 20, 567-572. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Hernández, H., Esqueda, C. (2014). Elementos de análisis escolar en la construcción de gráficas generadas por el modelado de llenado de recipientes. *Revista Pakbal*, Vol. 30, 32-38: Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas.
- Hernández, H., Solís, M. (2013). Un estudio epistemológico del uso de la modelación matemática en la estabilidad en sistemas abiertos. *Revista Pakbal*, Vol. 28, 35-41: Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas.
- Hernández, H., de la Cruz, A., Rodríguez, R. (2010). Situaciones didácticas en el contexto de ingeniería civil: caso infiltración de agua en un suelo específico. Lestón, P. (Ed.). *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, Vol. 23, 977-984. México, DF: Colegio Mexicano de Matemática Educativa A. C. y Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C.
- Johri, A. y Olds, M. (2014). The Cambridge Handbook of engineering education: Research and reflection on the future of the field. *Journal of Engineering Education*. Jul2014, Vol. 103(3), p363-368.
- Madhavan, G. (2015). *Applied Minds: How Engineers Think*. Norton: Nueva York.
- Ramírez, D. & Macías, M. (2013). Solving Material Balance Problems at Unsteady State using a Remote Laboratory in the classroom. *American Society of Engineering Education (ASEE) International Forum Proceedings*. Atlanta, Estados Unidos.  
Recuperado en:

<http://www.asee.org/public/conferences/20/papers/8178/view#sthash.rUAqjad8.dpu>  
[f](#)

- Rodríguez, R. (2010). Aprendizaje y Enseñanza de la Modelación: el caso de las ecuaciones diferenciales. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 13 (4-I): 191-210. México. ISSN : 1665 - 2436
- Rodríguez, R. (2013a). Innovation in the teaching of mathematics for Engineers through Modeling and Technology: a Mexican experience. *American Society of Engineering Education (ASEE) International Forum Proceedings*. Atlanta, Estados Unidos. [http://www.asee.org/public/conferences/27/author\\_index/64528](http://www.asee.org/public/conferences/27/author_index/64528)
- Rodríguez, R. (2013b). Ambiente de aprendizaje para la enseñanza de las Ecuaciones Diferenciales a través de la modelación y la simulación computacional. Propuesta de proyecto, apoyado por Fondo NOVUS del Tecnológico de Monterrey, 2013-2014.
- Rodríguez, R., y Bourguet, R. (2014). Diseño Interdisciplinario de Modelación Dinámica usando Ecuaciones Diferenciales y Simulación. *Proceedings of the 12th Latinoamerican and Caribbean Consortium for Engineering Institutions*. Guayaquil, Ecuador. <http://www.laccei.org/index.php/publications/laccei-proceedings>
- Rodríguez, R., y Bourguet, R. (2015). Building bridges between Mathematics and Engineering: Modeling practices identified through Differential Equations and Simulation. *American Society of Engineering Education (ASEE) Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. Atlanta, Estados Unidos. <http://www.asee.org/conferences-and-events/conferences>
- Rodríguez, R., Sánchez, I. y Camacho, A. (2014). *Formación de Ingenieros desde la Matemática Educativa: aportes y retos*. Memorias de la XVII Escuela de Invierno en Matemática Educativa. Oaxaca: Red de Centros de Investigación en matemática Educativa A.C. Recuperado en: [http://www.red-cimates.org.mx/images/pdf/EIMES/Memorias/memoria\\_eime\\_xvii.pdf](http://www.red-cimates.org.mx/images/pdf/EIMES/Memorias/memoria_eime_xvii.pdf)
- Romo-Vázquez, A. (2009). *Les mathématiques dans la formation d'ingénieurs*. Paris: Irem de Paris. Disponible en : <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00470285/fr/>
- Smith, C. & Campbell, S. (2011). *A First Course in Differential Equations, Modeling, and Simulation*. Boca Ratón: CRC Press.
- Trejo, E.; Camarena, P. y Trejo, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: una propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria*. REDU. Vol. 11, Número especial dedicado a Engineering Education, pp. 397-424. Recuperado el (12 de julio 2015) en <http://red-u.net>
- Vicenti, W. (1993). *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Universidad Autónoma de Chiapas [UNACH] (2007). *Plan de estudios de la carrera de ingeniería civil*. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas. México.

### **Autores**

*Ruth Rodríguez*; Tecnológico de Monterrey. México; [ruthrdz@itesm.mx](mailto:ruthrdz@itesm.mx)

*Bertha Ivonne Sánchez*; Instituto Tecnológico de Ciudad Jiménez. México;  
[ivonnesanchez10@yahoo.com](mailto:ivonnesanchez10@yahoo.com)

*Alberto Camacho*; Instituto Tecnológico de Chihuahua II. México;  
[camachoalberto@hotmail.com](mailto:camachoalberto@hotmail.com)

*Ismael Arcos*; Universidad Autónoma del Estado de México; [ismael\\_arcos@msn.com](mailto:ismael_arcos@msn.com)

*Hipólito Hernández*; Universidad Autónoma de Chiapas. México;  
[polito\\_hernandez@hotmail.com](mailto:polito_hernandez@hotmail.com)

*Atenea De la Cruz*; Universidad Autónoma de Chiapas. México; [ateneadr@hotmail.com](mailto:ateneadr@hotmail.com)

*Olda Covián*; Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada - IPN.  
México; [nadinne.olda@gmail.com](mailto:nadinne.olda@gmail.com)

*Fernando Cajas*; Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala; [fcajas@usac.edu.gt](mailto:fcajas@usac.edu.gt)