

ESTUDIANTES DE INGENIERÍA Y COMPETENCIAS EN MODELIZACIÓN MATEMÁTICA. UNA APROXIMACIÓN CRÍTICA AL ESTADO DEL ARTE

Arnaldo Mendible y José Ortiz

Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada Nacional y

Universidad de Carabobo, Campus La Morita. Venezuela.

arnmen2005@yahoo.com y ortizjo@cantv.net

Modelación Matemática. Superior. Análisis Documental

RESUMEN

En ingeniería, la modelización constituye una competencia profesional de innegable utilidad práctica. El diseño, en particular, es una actividad que se soporta en la analogía, dualidad o relación entre el mundo físico o conceptual extra matemático, con los entes abstractos de la Matemática, considerando formas y estructuras que prevean comportamientos. Se presentan retos, tanto para el docente, como para el estudiante de ingeniería, para cubrir el requerimiento de las habilidades de modelización matemática y aplicaciones en la resolución de problemas de ingeniería. A tal efecto se realiza un análisis documental de los posicionamientos teóricos y epistemológicos de las producciones científicas generadas en esta área de educación matemática. Esta aproximación contribuye a soportar estudios empíricos en el ámbito de la ingeniería, relacionados con las competencias en modelización y aplicaciones en contextos matemáticos del currículo actual en ingeniería.

Palabras clave: Modelación Matemática y Aplicaciones, Competencias en Ingeniería, Matemáticas.

INTRODUCCIÓN

La educación matemática presenta hoy, más que antes, un alcance en propósitos y aplicabilidad de los conceptos y propiedades matemáticas. Muchas son sus corrientes de pensamiento y muchos sus niveles de actuación. La investigación es su mayor aliada. Lo complejo es relevante en la actividad científica, y los hallazgos son a su vez complejos. Pero lo que es cierto que la actividad docente toma, en el área de la Matemática, una fascinante gama de opciones didácticas, y de pensamiento pedagógico y de consideraciones prácticas que la hacen cada día más interesante.

“La modelización es un estilo de vida”, dicho por Lamon, Parker, y Houston (2003), quienes aciertan en considerar a la actividad matemática como una actividad inherente a la condición humana, y es por naturaleza transmisible y tanto en ambiente escolar como extraescolar, hecho que debe ser explotado por el docente. Su aspecto crítico se hace evidente en su aplicabilidad y no es sólo una asignatura en el currículum sino una herramienta para ser empleada ampliamente.

La ingeniería es uno de los buenos ejemplos de la aplicabilidad de la Matemática, pero es deseable un comportamiento muy especial para concretar la formación en el ingeniero, es decir el ingeniero en formación, debe adquirir unas competencias específicas, para que en el área real de trabajo pueda “diseñar” (ideas, dispositivos, sistemas, mecanismos, soluciones, alternativas, etc.). El docente de matemáticas debe conocer esta solicitud, que es de un gran sentido social y crítico, debe generar una serie de acciones que permitan formar esas competencias.

El propósito de la investigación, es indagar en torno a ideas que están actualmente en la mesa de discusión de la educación matemática, la modelización como propiciadora del aprendizaje matemático en el área de la ingeniería. Para tal efecto, se considera la referencia del International Study Group for the Teaching of Mathematical Modelling and Applications (ICTMA), el cual es un grupo de estudio afiliado a la International Commission on Mathematical Instruction (ICMI). Se hace un análisis documental de trabajos de autores de alto impacto en modelización matemática y que están vinculados con la formación de ingenieros.

La Ingeniería

En ingeniería, la modelización constituye una competencia profesional de innegable utilidad práctica. En la actualidad, el ejercicio de la ingeniería tiene algunos paradigmas que, a nuestro juicio, evitan la construcción de modelos adecuados, efectivos u óptimos en el diseño, debido a esto se presentan obstáculos epistemológicos para la comprensión de los problemas de ingeniería y su subsiguiente presentación de alternativas de solución, en parte, porque, “la aproximación del ingeniero a las matemáticas es de naturaleza eminentemente práctica y está orientada a la resolución de problemas concretos” (Gómez, 2005). Un escollo lo presenta la construcción de soluciones a través de cajas negras que son utilizadas para ser ensambladas, y que, por medio de manuales y tablas, se adecuan (en el mejor de los casos) a la realidad que se quiere cambiar, teniendo que adoptar medidas correctivas después de ejecutar el proyecto, encareciendo y recargando costos económicos y sociales de la obra. Y queremos comprobar que una alternativa de solución está en la incorporación de herramientas de aprendizaje que permitan al alumno de ingeniería llenar ese vacío. Esto significa, dotar al ingeniero en formación de herramientas conceptuales y funcionales que contribuyan a incorporar la modelización matemática como un proceso cíclico en el abordaje de una situación problema (Ortiz, Rico y castro, 2007; Anaya y Cavallaro, 1998).

Prados (2005) sostiene que las principales debilidades en los recientes egresados en ingeniería en Estados Unidos, a pesar de la buena preparación técnica, se resumen en:

- Arrogancia técnica.
- Incomprensión de los procesos de manufactura.
- Falta de capacidad o de creatividad para el diseño.
- Ausencia de valoración de varias alternativas.
- Ausencia de apreciación por la variación.
- Todos presentan déficit para ser analistas.
- Pobre percepción de los procesos de la ingeniería en el proyecto global.
- Estrecha visión de la ingeniería y disciplinas relacionadas.
- Ninguna comprensión de los procesos de calidad.
- Debilidad en las habilidades de comunicación.
- Escasa capacidad o experiencia para trabajar en equipo.

Estas debilidades podrían considerarse presentes en Latinoamérica como consecuencia de la herencia de la influencia geopolítica que posee Estados Unidos sobre esta región. De aquí que, se hace importante, por un lado indagar acerca de las competencias de los futuros ingenieros y por el otro proponer acciones empíricas que incidan en la adquisición de las competencias deseables (Yoon y Thompson, 2007)

Todo esto en un mundo globalizado y comprometido con el crecimiento sustentable de la economía para no afectar el ambiente ni el desarrollo futuro de la humanidad, estableciéndose así

un componente axiológico de primer orden que debe ser parte de las carreras de ingeniería.

Concari (2005), propone que las características definitorias de la profesión de la Ingeniería, corresponden a que:

“Las funciones más frecuentes de los ingenieros son ...: el desarrollo, el diseño, la producción, la evaluación y el control, la construcción y la operación. Cada una de estas funciones requiere de procesos de identificación, búsqueda, establecimiento de criterios, consideración de alternativas, análisis y resolución de problemas, toma de decisiones, comunicación y otras ... Para ello requiere ... el juicio apropiado, el sentido común y ético y el saber cómo éstos deben ser usados para reducir el problema real, en general complejo, a uno de tal forma que el conocimiento científico pueda ser aplicado para solucionarlo, es decir, aplicar el “ingenio”. Saber cuándo y cómo el conocimiento debe ser aplicado y si la respuesta resultante satisface razonablemente el problema original, es el objetivo profesional buscado.”

De esta caracterización resaltan procesos que están vinculados a la modelización matemática, con lo cual se pone de manifiesto la importancia de incorporar actividades de modelización en el currículo de la formación de los ingenieros.

Conocida esta ambientación disciplinaria, queda establecer puentes de acción entre la Ingeniería, y el cómo ejercer en ella la función de construcción y evaluación de modelos matemáticos para resolver problemas en esa área.

Modelización

A efectos de contextualizar la modelización matemática, se presenta a continuación los términos básicos que sirven de base a la discusión teórica: Blum, Galbraith, Henn y Niss (2007) definen *aplicación matemática* como “... la que ocurre cada vez que la matemática se aplica, para algún propósito, para tratar algún dominio del mundo extra matemático, como es, para entender mejor, para asuntos de investigación, para explicar fenómenos, para resolver problemas, para allanar el camino en la toma de decisión, etc.” (p. 3). *Mundo real*, es usado para describir el mundo fuera de las matemáticas, y mundo extra-matemático es una manera útil para indicar qué parte del “mundo real” es relevante a un asunto o problema particular. *Modelo matemático*, consiste en un dominio extra-matemático, D , de interés, de algún dominio matemático M , y de un mapeo de D hacia, y desde, M . Cada objeto, relación, fenómeno, supuestos, preguntas, etc. se identifica y se selecciona como relevante para los propósitos y situaciones que son enviadas por el mapeo (traslado) en objeto, relación, fenómeno, supuestos, preguntas, etc. que le corresponde en M . *Ciclo de modelización*, es aquel en el que cualquier interpretación en M se regresa, como una interpretación y conclusión, en D . Este proceso se repite tantas veces como sea necesario, haciendo validación y evaluación del modelo en relación al dominio D . *Modelización*, se refiere al proceso completo, y cada cosa envuelto en él, desde la estructura de D , hasta la decisión de cuál dominio matemático M es adecuado. Para luego trabajar en M , interpretando y evaluando conclusiones en D . *El diseño*, en particular, es una actividad que se soporta en la analogía, dualidad o relación entre el mundo físico o conceptual extra matemático, con los entes abstractos de la matemática, considerando formas y estructuras que prevean comportamientos. Se presenta por tanto retos para el docente, como para el estudiante de ingeniería, para cubrir el requerimiento de las habilidades de modelización matemática y aplicaciones en la resolución de problemas de ingeniería (Biembengut y Hein, 2007).

Sin embargo es a través del trabajo individual, orientado o supervisado, a través de trabajos

grupales en los que se registran resultados de los grupos de discusión, con reportes de resultados en los que se vean los aspectos emergentes de tales sesiones experienciales, como se irían configurando las competencias en modelización. Aquí se presentan las nuevas tecnologías como conciliadoras de los intereses que tienen tanto la enseñanza como el aprendizaje, y la matemática con la modelización matemática, ya que el trabajo fuerte de cálculo y de operaciones son tratadas por la máquina y permite al alumno ganar tiempo para lo sustancial de la modelización, la matematización de la situación problemática y compleja, revisando resultados, evaluando alternativas, construyendo ambiente que ilustren las ideas que se acerquen a la realidad y sean accesibles. Pero la tecnología no sólo es para ahorrar tiempo, también podría ser utilizada para explorar y contribuir a la construcción de modelos.

El docente de matemáticas en Ingeniería tiende a transmitir una matemática, con cálculos ilustrados por lo general en los ejemplos descritos en los libros de textos. Con la satisfacción ofrecida al estudiante de conocer el método, aún cuando no haya elaborado un camino que pueda ensayar por su cuenta. La modelización brinda la oportunidad de colocar a la enseñanza de la matemática en un nuevo rol, que está adecuado a los nuevos tiempos, con dominio de la informática y la tecnología, en área de cómputos y en la de las comunicaciones, en la cual los resultados y la toma de decisiones asistidas por los ingenieros, son casi en tiempo real. Hay que abandonar viejos esquemas de investigación y asumir nuevos retos metodológicos para estudiar los procesos de construcción y deconstrucción de teoría y modelos matemáticos. Podríamos asumir nuevas interrogantes inéditas en la didáctica de las matemáticas, en especial para las desarrollables en Ingeniería. Para Lesh, Hamilton y Kaput (2007), se plantean las interrogantes:

“¿Cuál es la naturaleza de una situación típica de resolución de problemas donde la construcción matemática y los sistemas conceptuales elementales pero poderosamente son necesarios para progresar en la tecnología en la era de la información? ¿Qué clase de “pensamiento matemático” se enfatiza en esta situación? ¿Qué significa “entender” lo más importante de estas ideas y habilidades? ¿Cómo se desarrollan esas ideas? ¿Cómo podemos documentar y valorar los más importantes (profundidad, organización, potencia)? logros que son necesarios: (i) para informar al ciudadano común, o (ii) para la exitosa participación en el creciente amplio rango de profesiones que son usuarios de las matemáticas, las ciencias y la tecnología? (p.7)

En consecuencia es, en la “investigación” determinada por cada circunstancia didáctica, como podrían ser dadas algunas respuestas. El pensamiento matemático, para la visión antes descrita, sería así el producto de un proceso de construcciones con un ambiente adecuado y razonablemente manejable por el alumno. Para el estudiante de Ingeniería el reto y el contexto son curricularmente establecidos, hay un perfil y hay contenidos que se asocian a él. Pero la actividad en clase debe consustanciar las habilidades que en los tiempos modernos pueden desarrollar el futuro ingeniero, haciendo del currículum un propósito con asidero en la realidad y cónsono con los nuevos tiempos.

Las Habilidades

El docente debe entonces, considerar la capacidad, la competencia a ser lograda por el estudiante, como habilidad que, a su vez, esté asociada a la modelización.

Para Mason (2001), las personas contribuyen con y manifiestan su *weltanschauung* cuando distinguen lo superfluo de lo esencial (p. 48), la competencia es una característica personal que es educable, y en la que la experiencia es primordial. Para el estudiante de Ingeniería, se hace indispensable y por eso los laboratorios son los componentes que suministran tales experiencias.

La generalización y las actividades concretas se hacen una, la modelización presenta entonces la posibilidad de adoptarse como estrategia para el abordaje de la realidad que desea explicarse de manera teórica y que se da como una reducción controlada de esa misma realidad. La habilidad para comprender el fenómeno y la habilidad para matematizarlo están comprometidas, en estos casos, a una simple aplicación.

Para detallar aún más esta parcela del proceso en el ciclo de modelización, se hace necesaria, lo que Henning y Keune (2007), presentan como una definición aproximada de lo que es competencia orientada a través de la modelización, con sus habilidades asociadas características. El nivel orientado es referido a los conceptos de la literatura matemática.

Consideran “*competencia*” como la suma de disponibles y comprensibles habilidades y destrezas juntas, con la (disposición) buena voluntad para resolver problemas prometedores, y para actuar responsable y críticamente respecto a la solución. (p. 225). Para que los individuos actúen independientes y responsablemente. Ambas consideradas cualidades humanas por excelencia, para así lograr individuos y sociedades sanas, con disposición a resolver problemas. Condiciones estas, que en el caso del ingeniero, hacen que las capacidades didácticamente dirigidas y fortalecidas, sean fuente de creatividad y de desarrollo de nuevas ideas, para que el hombre mejore su calidad de vida.

Y la enseñanza-aprendizaje de la modelización posee una primera forma de acercamiento, al describir las habilidades, destrezas y actitudes de los estudiantes. Los resultados son descripciones de los componentes. Y una segunda forma de aproximación, es a través de la complejidad de los procesos de modelización, que resultan en descripciones de niveles, con lo que las habilidades, destrezas y actitudes deben describirse en niveles. Siendo que ambas formas son complementarias.

Al organizar las categorías descriptivas de este proceso, Henning y Keune (2007) proponen:

Descripción orientada por componentes de las competencias de modelización.

Aquí incluyen las habilidades, destrezas y actitudes que intervienen en el proceso de modelización y la buena disposición del estudiante las organiza.

Se puede definir **competencias de modelización** como la habilidad para estructurar, matematizar, interpretar y resolver problemas, y además, la habilidad para trabajar con modelos matemáticos y sus resultados, comunicar el modelo y observar y auto-enjuiciarse para controlar el proceso de modelización. (Op. Cit. p. 226). No habrá fase del desarrollo del ingeniero en la que esta descripción no sea útil.

Y una, **descripción orientada por nivel** de las competencias de modelización.

En el proceso de modelización hay tres niveles que según estos autores, lo caracterizan:

Nivel 1. Reconocimiento y entendimiento de la modelización.

El reconocimiento, la descripción del proceso de modelización como habilidad, que caracteriza, distingue y localiza las fases del proceso de modelización.

Nivel 2. Modelización independiente.

Caracterizada por las habilidades para analizar y estructurar problemas, abstraer cantidades, adoptar diferentes perspectivas, activar modelos matemáticos, trabajar en los modelos, interpretar resultados y aseveraciones de modelos, validar modelos y validar al proceso entero. (Op. Cit. p. 227).

Con esto el estudiante resuelve problemas de manera independiente. Y se desarrolla una capacidad de adaptación cuando cambia el contexto o el alcance del problema planteado.

Nivel 3. Meta reflexión sobre la modelización.

Se caracteriza por la habilidad de profundizar en el análisis crítico de la modelización, se formula criterios de evaluación de modelos, meditar acerca de los propósitos de la modelización y de las aplicaciones matemáticas. (Op.cit. p. 227).

Aquí los conceptos son entendidos en su totalidad, ya que el juicio crítico y el reconocimiento de las relaciones significativas han sido desarrollados como competencias.

Por otro lado, y para que sirva como elementos de comparación, las competencias en modelización se pueden caracterizar, según Creer y Verschaffel (2007), en una estructura de tres niveles de actividad de modelización, **modelización implícita** en la que el alumno está modelando sin ser consciente de ello. **Modelización explícita** en la que la atención está trazada por el **proceso de modelización, y la modelización crítica**, donde las reglas de modelización dentro de la matemáticas y la ciencia, y dentro de la sociedad, son críticamente examinadas. (Op. Cit., p. 219).

Para la implícita, lo característico es la presencia del currículo matemático. En él debe haber una correspondencia entre algunos aspectos de la situación del mundo-real y una estructura matemática. Que acarreen operaciones motivantes dentro de la estructura, e interpreta los resultados de esas operaciones cuando regresan al contexto del mundo-real. Se requiere un juicio en caso de proveer o no un modelo apropiado a la situación descrita. (Op. Cit. p. 219). Cuando los investigadores han expuesto a los estudiantes contraejemplos, la respuesta que se recibe es una aplicación superficial de operaciones que resultan inapropiadas.

Cuando el alumno ignora la complejidad sin simplificación y cuando no usa contraejemplos puede caer en la “ilusión de la linealidad”. (Op. Cit. p. 220).

Hay un equilibrio deseado entre simplificación idealizada y la precisión. Puede afectarla, la ceguera de la conformidad, y las reglas de un contrato didáctico.

La competencia de este nivel, es, la que se etiqueta como “experticia rutinaria”, definida como “siendo capaz de completar los ejercicios escolares de matemáticas de manera rápida y correctamente sin (mucho) entendimiento”. (Op. Cit. p. 220). De aquí se deriva la “ilusión de linealidad” como intentos estereotipados de solución de problemas de proporcionalidad.

Para la explícita, lo característico es lo deliberado de la actividad en el que la modelización usa conceptos y términos como en un proceso genérico.

Las competencias asociadas a este nivel de modelización explícita, son, expeditas, ya que brindan un aspecto comunicacional tácito, podemos afirmar entonces que, se requiere en la modelización una experticia adaptativa, siendo la modelización un grupo de actividades en cuanto a la práctica matemática se refiere. Y que se sugiere sea estas actividades eminentemente sociales, en especial a lo que se refiere a la comunicación, uso de recursos disponibles por otras personas, debate sobre modelos alternativos, etc.

Y, por último, la **modelización crítica** conviene que en cualquier contenido matemático y en cualquier competencia subsecuente, debe haber una competencia de modelización, la matemáticas se ve como un medio para describir aspectos de la física y al mundo social, o bien, como un conjunto de estructuras formales.

La modelización debe estar al servicio de la conservación planetaria, con lo que se potencia la autenticidad de los enlaces entre la matemática y la experiencia de vida de los estudiantes. Se debe respetar la cultura donde se efectúa el proceso de modelización, esto se reconoce como “**el poder formativo de las matemáticas**”, lo contrario se traduce en un consumo fácil de los productos de la modelización, sin entender su uso, sus fundamentos, ni su concepción propia como modelización. (Op. Cit. p. 223).

Competencias de la modelización crítica.

Se requiere que en todo el proceso de modelización se efectúe inspección crítica. Siendo la matemática una disciplina que requiere competencias en la que la modelización está inmersa, junto con la comunicación y el uso de herramientas. La mayor falla en la educación matemática es que las personas, en general, son inconscientes de la naturaleza y preceptos de los modelos que afectan sus vidas. Todos estos aspectos positivos, deben preferentemente formarse a temprana edad. (Op. Cit. p. 223).

Las Nuevas Tecnologías

Para Confrey (2007), la modelización aparece como tema relevante, en los tiempos actuales, en la educación matemática. “Aparece como un natural descendiente del constructivismo, e incluye conexión central con la mayoría de las disciplinas, muestra la importancia de múltiples sistemas de representación, e incorpora elementos conocimientos de entrada del estudiante, las estrategias, las representaciones, las inscripciones, y reflexiones.” (Pág.125) La modelización brinda la oportunidad de abordar las ideas complejas que emergen y son iterativas, con un tratamiento socio-cultural, sujeto a discusión y juicio, superable por medio de las interacciones. Es ventajoso porque desarrolla el pensamiento del estudiante.

En el ámbito tecnológico, según Confrey, y Maloney, (2007), se garantiza una aproximación a la enseñanza efectiva del alumno. Podemos establecer aproximaciones a la tecnología en la instrucción matemática, por cuatro formas,

- ✓ Enseñar conceptos y herramientas sin el computador, para adquirirse como recurso después de obtener experticia en esos conceptos.

- ✓ Introducir tecnología para hacer diseños visibles más legibles y para apoyar conceptos matemáticos.

- ✓ Enseñar nuevo contenido que se requiere para el ambiente tecnológico (estimación, chequeo, métodos iterativos)

- ✓ Usar la tecnología como una herramienta para la solución de problemas de aplicaciones, de técnicas de resolución de problemas y de modelización. (Op. Cit. P.57).

Podemos afirmar que “creemos que el conocimiento matemático cambia y evoluciona”, no es estático, ni se tiene a la matemática como una disciplina acabada. Ella permite tomar sentido de la experiencia, hacer juicios predictivos, y ofrecer explicaciones.

La importancia de múltiples sistemas de representación, es que incorpora elementos, conocimientos de entrada del estudiante, las estrategias, las representaciones, las inscripciones, y reflexiones.” (Pág.125) La modelización brinda la oportunidad de abordar las ideas complejas que emergen y son iterativas, con un tratamiento socio-cultural, sujetas a discusión y juicio, superables por medio de las interacciones. Es ventajoso esto ya que se desarrolla el pensamiento del estudiante.

Nuevos Retos

Niss (2001) habla acerca de las investigaciones faltantes y deseadas, y recalca que “Una proporción importante de la investigación en esta área se ha focalizado en el trabajo del estudiante, en tareas de aplicación y modelización las cuales son o simplificadas o altamente idealizadas (estilizadas), en pequeña escala, y son manejadas en base a términos muy cortos (típicamente en muy pocas horas)” (p. 81). Haciendo referencia al poco tiempo y a la poca

profundidad con que se estudia al complejo campo de estudios de las aplicaciones y la modelización, con la consiguiente conformidad de algunos ingenieros.

Confrey y Maloney (2007), comprenden que hay una acción crítica en el acto de creación del modelo, y el autor da entonces a quien sepa construir modelos, y a quien sepa comparar modelos, la oportunidad de mejorar su participación democrática en la sociedad. Modelizar, entonces, más que el uso de herramienta matemática o de la manera de expresar la realidad, "... es equipar al estudiante con la potencia de ejercitar un deber fundamental". Reconociendo como elementos la condición social, psíquica y los aspectos cognitivos del alumno, lo afectivo, lo socio cultural, lo experiencial, etc. (p. 48). El ingeniero debe participar en el despliegue y escogencia de opciones, en la que su juicio crítico intervenga.

Cambiando el curso de la teoría aquí expuesta, el realizar preguntas es un arte, y si entendemos que la interrogante de investigación es un conjunto de procesos y resultados, que incluye:

- reconocimiento de la situación problemática, la cual "llega a ser problemática en la variedad de procesos a ser materializados como interrogante de investigación"
- anticipación, posibilidad, o predicciones a ser examinados por su capacidad para resolver la situación;
- razonamiento, el cual traza sobre un cuerpo de conocimientos establecidos como un medio para convertir lo indeterminado en lo determinado, examinando la idea original, proveyendo evidencias, y desarrollando significados refinados con más relevancia a los problemas que fue la idea inicial o predicción; y
- un resultado determinado e identificable.

Entonces podemos al final exponer un conjunto de preguntas para que se defina y se caractericen los elementos que constituyan las interrogantes para satisfacer al proceso de modelización y, además, para que se despliegue las características de los elementos que proporcionan las respuestas.

De este análisis documental de los posicionamientos teóricos y epistemológicos de las producciones científicas generadas en esta área de educación matemática, podría aproximarse una idealización del campo para que estos procesos de modelización y de sus bondades para resolver contribuyan a realizar estudios empíricos en el ámbito de la ingeniería, relacionados con las competencias en modelización y aplicaciones en contextos matemáticos del currículo actual en ingeniería. Quedan abiertas interrogantes acerca del cómo lograrlo, por qué hacerlo, cuándo aplicarlo. Con qué criterios se llega, al análisis de tales datos. Con lo que se corrobora que la investigación es la fuente de crecimiento institucional y epistemológica.

Conclusiones

La exposición de las ideas referentes a la modelización está íntimamente asociada al área de conocimiento a la que está siendo aplicada. Lo que se nos sugiere es preservar la estructura básica de la situación problemática, es decir que el mundo real sea la que guíe la vía de acción para realizar esta transformación, del hecho real a una idea abstracta modelada, que sea lo más próxima posible a la realidad.

Como sugiere Mason (2001), hay una acción crítica en el acto de creación del modelo, y el autor da entonces a quien sepa construir modelos, y a quien sepa comparar modelos, la oportunidad de mejorar su participación democrática en la sociedad. Modelizar, entonces, más que el uso de herramienta matemática o de la manera de expresar la realidad, "... es equipar al

estudiante con la potencia de ejercitar un deber fundamental”. Reconociendo como elementos la condición social, psiquis y los aspectos cognitivos del alumno, lo afectivo, lo socio cultural, lo experiencial, etc. (p. 48). Condiciones estas que no se obtienen en laboratorio, de manera controlada, sino en el aparato productivo, en las empresas, en la academia cuando por su naturaleza, el problema planteado posee una situación que pueda ser abstraída y ambientada en la realidad.

No hay un buen modelo, consecuencia del diseño, si no está acompañado de la situación que lo generó. Por tanto, no vale aplicar el dicho popular “¿Para que inventar la rueda?”, cuando esta rueda es de características únicas y en un ámbito totalmente específico.

La actitud crítica en la enseñanza de la matemática es un aspecto importante en cada circunstancia nueva, sus bondades son incalculables. Si se evidencia el deterioro del ambiente y además, se incrementa la complejidad y los problemas de comunicación, junto a los problemas propios de la gerencia., una vía de solución a los problemas que de allí se derivan, está en considerar al ambiente, sin cambio alguno, y comprobar las relaciones matemáticas que le son propias, para que se pueda establecer modelos que se logran a través del diseño. La modelización es la estrategia para lograrlo. Debe ser empleada para propiciar un ambiente y una didáctica adecuada, para formar al ingeniero dentro de situaciones reales. Permitiendo así el incremento de las habilidades del ingeniero. El tiempo de ejecución de las obras es una restricción, el ingeniero debe ser eficaz y participar en la mesa de discusión de las ideas. En ello pueden utilizarse las nuevas tecnologías, siendo útiles en la discusión, simulación y cálculos, que podrían ser efectuados sólo en oficinas técnicas o en el campo de ejecución de la obra, en tiempo real de ejecución o en forma virtual.

La acción docente debe ser consecuente con esta realidad social, científica y tecnológica, para lo cual debe fomentar en los estudiantes el desarrollo de habilidades de modelización con el propósito de contribuir a formarlos adecuadamente para su futura práctica profesional.

REFERENCIAS

- Anaya, M. y Cavallaro, M. (1998). A proposal for University level of mathematical Modelling and Simulation using Signal Theory. En P. Galbraith, W. Blum, G. Booker y I.D. Huntley (Eds.), *Mathematical Modelling. Teaching and Assessment in a Technology- Rich World*. Chichester, UK: Horwood Publishing.
- Biembengut, M.S. y Hein, N. (2007). Modelling in Engineering: Advantages and Difficulties. En C. Haines, P. Galbraith, W. Blum y S. Khan (Eds.), *Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics*. Chichester, UK: Horwood Publishing.
- Blum, W., Galbraith, P., Henn, H. y Niss, M. (Eds.)(2007). *Modelling and Applications in Mathematics Education*. (The 14th ICMI Study). New York, USA: Springer.
- Concari, S. (2005). *El modelado y la resolución de problemas: Ejes para la enseñanza de la física para ingenieros*. Argentina. [Artículo en línea] Disponible: sconcari@figus.unl.edu.ar
- Confrey, J. (2007). Epistemology and Modelling-Overview. En W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, y M. Niss (Eds.)(2007), *Modelling and Applications in Mathematics Education*. (The 14th ICMI Study). New York, USA: Springer.

- Confrey, J. y Maloney, A. (2007). A theory of Mathematical Modelling in Technological Settings. En W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, y M. Niss (Eds.)(2007), *Modelling and Applications in Mathematics Education*. (The 14th ICMI Study). New York, USA: Springer.
- Creer, B. y Verschaffel, L. (2007). Modelling Competencies-Overview. En En W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, y M. Niss (Eds.)(2007), *Modelling and Applications in Mathematics Education*. (The 14th ICMI Study). New York, USA: Springer.
- Gómez, J. (2005). *La Ingeniería Como Escenario y Los Modelos Matemáticos Como Actores*. [Documento en línea]. Conferencia dictada en el XVI Simposio Iberoamericano de Enseñanza Matemática. “Matemáticas para el siglo XXI”. España. Disponible: <http://www.ma4.upc.es/~andreu/>
- Henning, H. y Keune, M. (2007). *Levels of Modelling Competencies*. En W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, y M. Niss (Eds.)(2007), *Modelling and Applications in Mathematics Education*. (The 14th ICMI Study). New York, USA: Springer.
- Lamon, S.J., Parker, W.A. y Houston, S.K. (Eds.)(2003). *Mathematical Modelling: A Way of Life*. Chichester, UK: Horwood Publishing
- Lesh, R., Hamilton, E. y Kaput, J. (Eds.)(2007). *Foundations for the Future in Mathematics Education*. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mason, J. (2001). *Modelling modelling*. Where is the centre of gravity of-for-when teaching modelling?. En J.F. Matos, W. Blum, S.K. Houston y S.P. Carreira, S. P. (Eds.) (2001), *Modelling and Mathematics Education (Applications in Science and technology)*. Chichester, UK: Horwood Publishing
- Niss, M. (2001). Issues and problems of research on the teaching and learning of applications and modeling. En J.F. Matos, W. Blum, S.K. Houston y S.P. Carreira (Eds.), *Modelling and Mathematics Education. Applications in Science and Technology*. (pp. 72-88). Londres, UK: Horwood Publishing Limited.
- Ortiz, J., Rico, L., y Castro, E. (2007). Mathematical Modelling: A teachers’ training study. En: C. Haines, P. Galbraith, W. Blum y S. Khan (Eds.), *Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics*. Chichester, UK: Horwood Publishing.
- Prados, J.W. (2005). *Formación en ingeniería en Estados Unidos: Pasado, presente y futuro*. Traducido por Lafourcade, P. Argentina. [Artículo en línea] Disponible: www.fceia.unr.edu.ar/.../biblioteca_digital/articulos_pdf_biblioteca_digital/bd_PE_T-79.pdf
- Yoon, C. y Thompson, M. (2007). Cultivating Modeling Abilities. En R. Lesh, E. Hamilton y J. Kaput (Eds.), *Foundations for the Future in Mathematics Education*. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.