

La Matemática en el Contexto de las Ciencias y la modelación¹

Patricia Camarena Gallardo
Instituto Politécnico Nacional
México
pcamarena@ipn.mx

Resumen²

En la presentación se aborda la modelación matemática en el marco de la teoría educativa de la Matemática en el Contexto de las Ciencias para estudios universitarios. Se describe dicha teoría, la cual considera al proceso del aprendizaje y la enseñanza de la matemática como un sistema en donde las cinco fases de la teoría interactúan entre sí: la fase curricular, didáctica, cognitiva, epistemológica y docente. Se presentan los resultados de varias investigaciones sobre la fase didáctica que han llevado a determinar los conceptos de modelo matemático y del proceso de modelación matemática, así como, definir los elementos cognitivos y las habilidades del pensamiento que son necesarias para poder llevar la modelación matemática al ambiente de aprendizaje. También, se presentan los resultados de investigaciones que ofrecen una estrategia didáctica, denominada Matemática en Contexto, para desarrollar las competencias de modelación matemática.

Palabras clave

Modelación matemática, matemática en contexto, Matemáticas en el Contexto de las Ciencias, fase didáctica, modelo matemático.

Abstract

This presentation is about math modeling in the framework of the educational theory of math in the context of science for the university level. Said theory is described and considered to be a theory of the process of teaching and learning math as a system where five phases of the theory interact: the curricular, didactic, cognitive, epistemological, and teaching phases. The results of various studies on the didactic phase that have been carried out to determine the concepts of math models and the process of math modeling, such as, define the cognitive elements and thinking abilities that are necessary to be able to carry out math modeling in the learning environment are presented. Also, presented are research results that offer a didactic strategy, known as Math in Context, for the development of math modeling competencies.

Key words

Math modeling, math in context, math in the context of science, didactic phase, math model.

¹ Este trabajo corresponde a un minicurso dictado en la XIII CIAEM, celebrada en Recife, Brasil el año 2011.

² El resumen y las palabras clave en inglés fueron agregados por los editores.

1. Introducción

En diversos currículos de estudios universitarios, en particular sobre ingenierías, se menciona, como uno de los objetivos, que el futuro profesionista deberá modelar matemáticamente problemas de su actividad laboral, por lo que es un tema de importancia y pertinencia para su estudio.

Por otro lado, la matematización de los fenómenos y eventos que se presentan en el campo laboral y profesional del futuro ingeniero es un punto de conflicto cognitivo para los estudiantes (Camarena, 1990; 1995), ya que ellos recibieron sus cursos de matemáticas por un lado y los de la ingeniería por otro lado, de forma tal que en el momento de hacer uso de las dos áreas del conocimiento sus estructuras cognitivas están desvinculadas y ellos deben articularlas para poder matematizar el evento que tienen que resolver (Camarena, 1987, 1990, 1995, 1999).

La modelación matemática es uno de los temas que aparecen en el currículo oculto de los estudios universitarios, ya que se supone que el egresado debe saber modelar y, en muchos planes y programas de estudio para nada se hace alusión al término "modelación matemática"; en otros currículos, dentro de los objetivos de los programas de estudio, se dice que el alumno deberá saber modelar problemas de otras áreas del conocimiento, y en muy pocos currículos viene este término incluido en el temario de las asignaturas. Pero, en ningún caso se dice como incorporar la modelación matemática a los cursos, ni como lograr que los estudiantes modelen situaciones de otras áreas o problemas de la vida cotidiana. De hecho, en la mayoría de las ingenierías, que es donde existe más riqueza en contenidos matemáticos, no existe ninguna asignatura que se aboque a elaborar modelos matemáticos, además, resulta que los profesores de matemáticas sienten que este punto compete a los profesores de los cursos propios de la ingeniería, mientras que estos últimos presuponen que los maestros de matemáticas son quienes deben enseñar al estudiantes a modelar fenómenos de la ingeniería. Este punto crítico, el como desarrollar la modelación matemática en los estudiantes, es abordado por la Red Internacional de Investigación en Matemática en el Contexto de las Ciencias (Red MaCoCiencias), y desde la teoría de la *Matemática en el Contexto de las Ciencias* se considera que debe ser atendido de forma interdisciplinaria. Así, el problema es abordado por el profesor de matemáticas quien incorpora a su cátedra la teoría de la *Matemática en el Contexto de las Ciencias*. La fase didáctica de la teoría incluye la propuesta didáctica de la *Matemática en Contexto*, a través de la cual los eventos de las asignaturas de ingeniería que cursa el alumno son el medio para que se propicie el aprendizaje de la matemática, se desarrollen las habilidades de modelación y se logre la transferencia del conocimiento.

Luego, lo que se pretende es tener los indicadores necesarios que interviene en la modelación matemática, para incorporar ésta de forma consciente y eficiente en los cursos de matemáticas y así los alumnos estén capacitados para establecer la modelación matemática de los eventos contextualizados con los que se enfrentará en su vida laboral y profesional. Es decir, se quiere saber qué conocimientos previos son necesarios para que el alumno aprenda a modelar, independientemente de las áreas del conocimiento que se articulan en el proceso de contextualización, es decir, es claro que debe conocer la matemática que interviene así como la disciplina del contexto, pero qué más debe conocer y dominar.

El problema de investigación

Se quieren conocer los elementos cognitivos y de habilidades del pensamiento que intervienen en la construcción de un modelo matemático.

Para abordar el problema de investigación se tienen las siguientes preguntas: ¿Qué es un modelo matemático?, ¿Qué es modelación matemática?, ¿Qué elementos de orden cognitivo debe construir el estudiante para elaborar el modelo matemático de un evento escolar de ingeniería?, ¿Qué habilidades del pensamiento debe desarrollar el estudiante para construir el modelo matemático de un evento escolar de ingeniería?

2. Marco teórico

Para poder abordar las preguntas de investigación, el trabajo se basa en la teoría de la *Matemática en el Contexto de las Ciencias* (Camarena, 1984, 1987, 1990, 1995, 1999, 2000^a, 2009) la cual reflexiona acerca de la vinculación que debe existir entre la matemática y las ciencias que la requieren, entre la matemática y las futuras actividades laborales y profesionales, así como entre la matemática y las situaciones de la vida cotidiana. La teoría se fundamenta en los siguientes tres paradigmas:

- La matemática es una herramienta de apoyo y materia formativa.
- La matemática tiene una función específica en el nivel superior.
- Los conocimientos nacen integrados.

El supuesto filosófico educativo de esta teoría es que el estudiante esté capacitado para hacer la transferencia del conocimiento de la matemática a las áreas que la requieren y con ello las competencias profesionales y laborales se vean favorecidas, se quiere una matemática para la vida.

Cabe hacer mención que la teoría de la *Matemática en el Contexto de las Ciencias* se ha desarrollado a lo largo de casi 30 años en el Instituto Politécnico Nacional de México. Se inició con investigaciones sobre el currículo tratando de abordar la problemática del porqué de los cursos de matemáticas en las áreas de ingeniería y tratando de buscar respuestas a la problemática que todo docente de matemáticas vive con los estudiantes, quienes parece que odian a la matemática, en donde se repite la situación de que en apariencia nunca han visto los conocimientos de sus cursos anteriores que les exige el profesor.

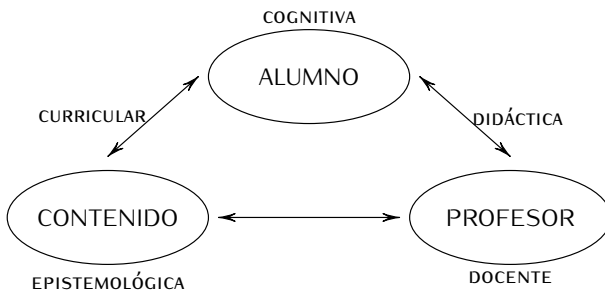


Figura 1: Una terna dorada en educación.

La teoría contempla cinco fases:

- La Curricular, desarrollada desde 1982.
- La Didáctica, iniciada desde 1987.
- La Epistemológica, abordada en 1988.
- La Docente, definida en 1990.
- La Cognitiva, estudiada desde 1992.

Es claro que en el salón de clases están presentes, como un sistema, los contenidos de cada una de las cinco fases y éstas interactúan entre sí en un ambiente social, económico y político; es decir, los cinco elementos no están aislados unos de los otros y tampoco son ajenos a las condiciones sociológicas ni psicológicas de los actores del proceso educativo.

Como teoría, en cada una de sus fases se incluye una metodología con fundamento teórico, acorde a los paradigmas en los que se sustenta, donde se guían los pasos para el diseño curricular, se describe la didáctica a seguir, se explica el funcionamiento cognitivo de los alumnos y se proporcionan elementos epistemológicos acerca de los saberes matemáticos vinculados a las actividades de los profesionistas, entre otros. Para una exposición con formalidad de la teoría se hace necesario fragmentarla en las cinco fases, véase la figura 1.

Para el caso que ocupa esta presentación, las preguntas de investigación formuladas inciden en la fase didáctica. Esta fase contribuye a la formación integral del estudiante e involucra tres bloques de acción didáctica (Camarena, 1999):

- Bloque 1. Presentar la estrategia didáctica de la Matemática en Contexto en el ambiente de aprendizaje.
- Bloque 2. Implementar cursos extracurriculares en donde se llevan a cabo actividades para el desarrollo de habilidades del pensamiento (creatividad, análisis, síntesis, razonamiento: lógico, crítico, analítico), habilidades metacognitivas y habilidades para aplicar heurísticas al resolver eventos, así como actividades para bloquear creencias negativas.
- Bloque 3. Implementar un taller integral e interdisciplinario en los últimos semestres de los estudios del alumno, en donde se resuelven eventos reales de la industria.

Con la estrategia didáctica de la *Matemática en Contexto* (Camarena, 1987) se apoya la construcción del conocimiento matemático y en particular de conceptos matemáticos en el nivel superior, para lo cual se requiere que un concepto se presente a los estudiantes en diversos contextos del área de conocimiento de sus estudios profesionales, en diferentes situaciones de la vida cotidiana y en variadas actividades profesionales y laborales, todo ello a través de eventos contextualizados, los cuales pueden ser problemas o proyectos.

La *Matemática en Contexto* contempla dos ejes rectores: contextualizar y descontextualizar; con éstos se establecen nueve etapas que se desarrollan en el ambiente de aprendizaje en equipos de tres estudiantes: Líder académico, líder emocional, líder de trabajo.

1. Determinación de los eventos contextualizados a través del análisis de textos de las demás asignaturas que cursa el estudiante.
2. Planteamiento del evento de las disciplinas del contexto.
3. Determinación de las variables y de las constantes del evento.
4. Inclusión de los temas y conceptos matemáticos necesarios para el desarrollo del modelo matemático y su solución.
5. Determinación del modelo matemático.
6. Solución matemática del evento.
7. Determinación de la solución requerida por el evento en el ámbito de las disciplinas del contexto.
8. Interpretación de la solución en términos del evento y área de las disciplinas del contexto.
9. Descontextualización en el ambiente de aprendizaje de los temas y conceptos matemáticos involucrados.

En general el hablar de la *Matemática en Contexto* es desarrollar los cursos de matemáticas a las necesidades y ritmos que dictan los cursos de ingeniería. Con la *Matemática en Contexto* se desarrollan las competencias de modelación matemática. A través de investigaciones se ha verificado que la *Matemática en Contexto* fortalece la reorganización cognitiva de conceptos y procesos matemáticos.

A través de la *Matemática en Contexto* se cambia el paradigma educativo de enseñanza tradicional, ahora se trata de una enseñanza con conocimientos integrados y centrada en el estudiante, dando los temas de matemáticas vinculados con las demás asignaturas que cursa el alumno y presentándolas al ritmo y tiempos que son requeridos por los estudiantes (Camarena, 1987). Con la *Matemática en Contexto*, a través de investigaciones, se ha establecido que se construyen conocimientos integrados no fraccionados, aprendizajes significativos, así como conocimientos duraderos no volátiles.

3. Metodología de trabajo

La metodología contempla dos etapas:

- La primera se aboca a definir los conceptos de modelo matemático y modelación matemática, lo cual se lleva a cabo a través del análisis de eventos que requieren matemáticas para su solución.
- La segunda incide en la determinación de los elementos cognitivos y de habilidades del pensamiento para la construcción del modelo matemático, lo cual se logra a través de instrumentar, los eventos detectados en la primera etapa, a un grupo de estudiantes para observar el proceso de construcción del modelo matemático del evento e identificar las regularidades subyacentes.

Dado el problema a abordar sobre modelos matemáticos, el material de trabajo son eventos de la ingeniería, en particular este trabajo se aboca a la ingeniería electrónica y sus ramas afines, la metodología que se emplea es la del análisis de textos de ingeniería (Camarena, 1984), así como el análisis de algunos proyectos investigación de la ingeniería en donde se han elaborado modelos matemáticos, los cuales corresponden a la ingeniería aplicada.

Como es sabido, el análisis de textos constituye una metodología para la detección de ciertos elementos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Camarena, 1984), depende de lo que se persigue para mirar de la forma indicada a esos textos.

Así, en la primera etapa lo que principalmente se busca son:

- Eventos que se plantean para ser abordados por el autor.
- La manera como representan matemáticamente los eventos que se han planteado.
- Los conceptos de temas de la ingeniería que se describen matemáticamente.

Para el análisis de textos se tomó en cuenta la clasificación que establece “Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior de México” acerca de las asignaturas de carreras de ingeniería.

Esta clasificación define cinco bloques de materias: las ciencias básicas, las ciencias básicas de la ingeniería, las ciencias de especialidad de la ingeniería, las ciencias sociales y humanísticas y, las ciencias económicas y administrativas.

Es claro que para la presente investigación los tres primeros bloques son los que interesan. Dentro de las ciencias básicas se encuentran la física y la química como fundamento de las ciencias básicas de la ingeniería, mientras que la matemática es una herramienta de apoyo a éstas, sin olvidar el carácter formativo que esta última ofrece al futuro ingeniero (Camarena, 1984, 1995, 2009). Las materias de circuitos eléctricos, electromagnetismo, computación, electrónica básica y comunicaciones básicas forman las ciencias básicas de la ingeniería (Bibliografía, 2008). Comunicaciones, electrónica, control, acústica, robótica, telefonía y computación son las áreas de aplicación de la ingeniería (Bibliografía, 2008).

Para la segunda etapa se tiene un investigación cualitativa de tipo experimental. Para ello se considera una muestra aleatoria de universidades del país y se seleccionan estudiantes de ingeniería quienes resuelven una selección de los eventos analizados en la primera etapa, con el propósito de identificar los elementos cognitivos y de habilidades del pensamiento que entran en acción en el proceso de construir el modelo matemático del evento.

Para ello se seleccionaron a veintiún universidades, asociadas con un semestre diferente de entre los últimos seis de cada carrera profesional en el área de electrónica y ramas afines. De cada semestre asociado a una universidad se eligieron al azar a dos estudiantes, contando con seis alumnos de cada semestre del tercero al noveno u octavo, según la universidad seleccionada; en total fueron 42 estudiantes analizados.

Desarrollo y análisis de resultados

Los resultados de aplicar la metodología arrojan las respuestas a las interrogantes planteadas en un principio, elementos que son aplicables en los ambientes de aprendizaje donde la modelación matemática hace presencia, por razones de espacio se muestran sólo los resultados buscados.

El concepto de modelo matemático

Del análisis de textos se tiene que la matemática en ingeniería es un lenguaje, ya que casi todo lo que se dice en la ingeniería se puede representar a través de simbología matemática (Camarena, 1990). Es más, el que se represente a través de la terminología matemática y se haga uso de la matemática en la ingeniería, le ayuda a la ingeniería a tener carácter de ciencia por un lado y por el otro, le facilita su comunicación con la comunidad científica de ingenieros (Camarena, 2000_a).

Cabe mencionar que la matemática en la ingeniería tiene características particulares (Camarena 1984): predice comportamientos; ayuda a hacer cálculo teóricos en vez de prácticos, con lo cual se ahorra tiempo y recursos tanto físicos como económicos; la matemática es un lenguaje de la ingeniería; con la matemática se optimizan diseños y recursos, se minimizan errores; se crea un espíritu científico y crítico, una mente analítica y creativa.

De los textos e investigaciones analizadas se determinó que dentro del conocimiento de la ingeniería, se cuenta con diversos tipos. Eventos (problemas o proyectos) de la ingeniería, asimismo, se tienen objetos de la ingeniería que para su mejor manejo o referencia se les representa matemáticamente y también se presentan situaciones que se pueden describir a través de la simbología matemática. Estos casos permiten caracterizar a los modelos matemáticos. A continuación se muestran cada uno de estos tipos.

- Eventos.

Se quiere conocer el comportamiento del régimen permanente de la intensidad de corriente $i = i(t)$ que circula en un circuito eléctrico que tiene conectados en serie un condensador, de carga $q = q(t)$ y cuya capacitancia es C , con un resistor de resistencia R y una bobina de inductancia L , a las terminales de una batería que suministra un voltaje de tipo sinusoidal, $v(t) = V^m \text{sen } wt$, este planteamiento se puede representar a través de la ecuación integrodiferencial siguiente (Camarena, 1987):

$$L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt + q(0) = v(t)$$

- Objetos.

Considérese una señal eléctrica impulsiva, la señal es el objeto de la ingeniería el cual se representa a través de la función delta de Dirac (Camarena, 2000_b):

$$f(t) = A\delta(t + c)$$

- Situaciones.

El condensador está totalmente descargado al inicio del problema. Esta situación se puede representar matemáticamente, tomando en cuenta que al inicio del problema $t = 0$ y que la carga es una función del tiempo $q = q(t)$, como (Camarena, 1987):

$$q(0) = 0.$$

De los tres casos mencionados los que caracterizan a los modelos matemáticos son los objetos y los eventos, así la definición es:

Un modelo matemático es aquella relación matemática que describe objetos o eventos del área del contexto.

Las relaciones matemáticas pueden ser desde una ecuación, un sistema de ecuaciones hasta una distribución de probabilidad.

El concepto de modelación matemática

De las etapas de la *Matemática en Contexto* y lo detectado en el análisis de los eventos estudiados para la investigación se construye la definición del término "modelación matemática".

La modelación matemática se concibe como el proceso cognitivo que se tiene que llevar a cabo para llegar a la construcción del modelo matemático de un evento u objeto del área del contexto.

Este proceso cognitivo consta de tres momentos, los que constituyen los indicadores de la modelación matemática:

- Identificar variables y constantes del evento, se incluye la identificación de lo que varía y lo que permanece constante.
- Establecer relaciones entre éstas a través de los conceptos involucrados en el evento, implícita o explícitamente, ya sean del área de la matemática o del contexto.
- Validar la "relación matemática" que modela al evento, lo cual se hace a través de regresarse y verificar que involucre a todos los datos, variables y conceptos del evento. Dependiendo del evento, algunas veces se puede validar el modelo matemático a través de ver si la expresión matemática predice la información otorgada o la información experimental. En otros casos, para validar el modelo, es necesario dar la solución matemática para ver que se predican los elementos involucrados.

Un punto importante de mencionar es que el modelo matemático no es único, hay varias representaciones matemáticas que describen el mismo evento, razón por la cual se hace necesaria la validación del mismo (tercer momento).

La forma de abordar (o resolver) matemáticamente el modelo matemático tampoco es única, elemento que permite verificar la versatilidad de la matemática, así como su consistencia.

Elementos cognitivos que intervienen en la construcción del modelo matemático

El análisis de la instrumentación, a los alumnos, de problemas específicos de cada área cognitiva de la ingeniería en electrónica permitió detectar las regularidades que se reportan en este trabajo, las cuales son independientes de los niveles escolares e independientes de las áreas del conocimiento.

Para llevar a cabo la modelación matemática se hace necesario poseer los siguientes elementos cognitivos:

- Los enfoques de los temas y conceptos matemáticos del área del contexto (Camarena, 1990). Cada tema y concepto matemático posee varios enfoques, por ejemplo, la derivada es un cociente de diferenciales, es un límite muy particular, es la operación inversa a integrar, es una razón de cambio, es la pendiente de la recta tangente a la curva, etc. Conocer estos enfoques es necesario para modelar.
- La transposición contextualizada (Camarena, 2000b). Es conocido el hecho de que el saber científico sufre una transformación para convertirse en un saber a enseñar, denominado transposición didáctica. El conocimiento que se lleva al aula sufre otra transformación para convertirse en un saber de aplicación, a lo que se denomina transposición contextualizada.
- El manejo conceptual de la matemática descontextualizada (Camarena, 1999). Es importante que sea del conocimiento del alumno que la matemática es universal en el sentido de que es aplicable a varios contextos. Dentro de la Matemática en el Contexto de las Ciencias se concibe como matemática conceptual a aquella matemática que si se tiene el concepto es porque se puede transferir ese conocimiento, porque se conocen los diferentes enfoques de concepto, porque se conocen los puntos de control de error del concepto, porque se conocen los patrones de comportamiento del concepto cuando se mueven los parámetros que lo componen, porque se puede transitar entre los diferentes registros de representación del concepto, etc. Los elementos descritos son en sí elementos cognitivos, sólo que se les da más peso en el desarrollo de las habilidades.

Habilidades del pensamiento que intervienen en la construcción del modelo matemático

Al igual que en los elementos cognitivos, a través del análisis de la instrumentación de problemas de cada área cognitiva de la ingeniería en electrónica se detectan las habilidades del pensamiento que entran en acción en la construcción del modelo matemático. Así, para llevar a cabo la modelación matemática es necesario desarrollar en el estudiante las siguientes habilidades del pensamiento:

- Habilidad para identificar los puntos de control de error. Esta habilidad es de tipo metacognitivo y forma parte de tener una matemática conceptual, como se ha mencionado.
- Habilidad para transitar del lenguaje natural al lenguaje matemático y viceversa. Para este punto se puede ver la referencia de Olazábal (2004), quien hace una categorización de problemas de matemáticas contextualizados respecto a la demanda de traducción del lenguaje natural al matemático.

- Habilidades para aplicar heurísticas. Las heurísticas como estrategias para abordar un problema, con la clasificación que otorga Nickerson (1994) a las dadas por Polya (1976).
- Habilidad para identificar regularidades. Entre las habilidades básicas del pensamiento, esta habilidad se hace notoria.
- Habilidad para transitar entre las diferentes representaciones de un elemento matemático. Se consideran las representaciones que describe Duval (1998): aritmética, algebraica, analítica y visual, incluyéndose la representación contextual que maneja la Matemática en el Contexto de las Ciencias.
- Habilidad para hacer "consideraciones" o "idealizar" el problema (cuando proceda). Hay problemas tan complejos que deben ser idealizados para poderse matematizar, en otras ocasiones es necesario hacer consideraciones, como controlar variables para poder lograr la matematización.

4. Conclusiones

Los modelos matemáticos son parte fundamental de la *Matemática en el Contexto de las Ciencias*, los elementos cognitivos y habilidades del pensamiento que se han detectado proporcionan una fuente de conocimientos para fortalecer la didáctica de la *Matemática en Contexto*, al mismo tiempo que definen los indicadores para la competencia de modelación matemática. Aportes como los que se muestran en este trabajo apoyan la práctica docente para incidir en la formación integral de cuadros profesionales de calidad, quienes contarán con los elementos mínimos para modelar matemáticamente eventos de su vida profesional, lo cual les permitirá ser competitivos a nivel mundial en su área de conocimiento.

Cabe hacer mención sobre el perfil del docente de matemáticas que trabaja con la *Matemática en el Contexto de las Ciencias*: si su formación es de matemático debe incursionar en las áreas del conocimiento de la ingeniería, mientras que si su formación es de ingeniero debe prepararse más en los conocimientos de la matemática.

Referencias

- Camarena, P. (1984). El currículo de las matemáticas en ingeniería. *Mesas redondas sobre definición de líneas de investigación en el IPN*, México.
- Camarena, P. (1987). *Diseño de un curso de ecuaciones diferenciales en el contexto de los circuitos eléctricos*. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa, CINVESTAV-IPN, México.
- Camarena, P. (1990). *Especialidad en docencia de la ingeniería matemática en electrónica*. Edit. ESIME-IPN.
- Camarena, P. (1995). La enseñanza de las matemáticas en el contexto de la ingeniería. *XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana*, México.

- Camarena, P. (1999). Hacia la integración del conocimiento: Matemáticas e ingeniería. *Memorias del 2º Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas*, México.
- Camarena, P. (2000a). *Los modelos matemáticos como etapa de la matemática en el contexto de la ingeniería*. Reporte de investigación No. CGPI-IPN: 990413. Editorial ESIME-IPN. México.
- Camarena, P. (2000b). *Las Funciones Generalizadas en Ingeniería, construcción de una alternativa didáctica*. Colección: Biblioteca de la Educación Superior, Serie Investigaciones, ANUIES, México.
- Camarena, P. (2009). Mathematical models in the context of sciences. *Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics*. IMFUFA, Matematik og Fysik. Nr. 461 ? 2009, pp. 117-132. Denmark.
- Duval R. (2000). Basic Issues for Research in Mathematics Education, in *Proceedings of the 24th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. I.
- Nickerson Raymond S., Perkins David N. y Smith Edward E. (1994). *Enseñar a pensar, aspectos de la aptitud intelectual*. Editorial Paidós M. E. C.
- Olazábal, A.; Camarena, P. (2004). Categorías en la traducción del lenguaje natural al lenguaje algebraico de la matemática en contexto. *Tercer Congreso Internacional ?Retos y Expectativas de la Universidad?*, México.
- Polya G. (1976). *Cómo plantear y resolver problemas*. Editorial Trillas.
- Bibliografía de los programas de estudio de las asignaturas de carreras de ingeniería electrónica y ramas afines. (2008). México

