

La enseñanza de las Matemáticas en la ingeniería

Resumen

En este trabajo se analiza la problemática de la enseñanza de las matemáticas en carreras de ingeniería, para mostrar la importancia de tres teorías que tratan sobre la enseñanza de esta materia: la Teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias, la Teoría de las Situaciones Didácticas y la Teoría de los Campos Conceptuales. Así, la finalidad del presente estudio es hacer un recorrido por dichas teorías que han explicado las causas del problema y que a partir de conocer el panorama analizan concretamente este fenómeno y así coadyuvan en la resolución del mismo.

Acerca de los autores...

*Israel Isaac Gutiérrez Villegas,

*Juan Carlos Apam Martínez,

*Javier Norberto Gutiérrez Villegas, *María Dolores Sabido Montejo, *Edgar Corona Organiche,

***Marco Antonio Gutiérrez Villegas,

****Jesús Gutiérrez Villegas,

*****María de Lourdes Muñoz Loyola.

*Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec,

División de Informática,

iigv@ipn.mx, japam@ipn.mx.

*** UAM Azcapotzalco, Departamento de Sistemas, área Sistemas Computacionales, magv@correo.azc.uam.mx

**** Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco.

*****SEP-Puebla.

Introducción

Se puede definir al ingeniero como el profesional que ha recibido una formación en principios y métodos científicos para poder emplearlos en su práctica profesional, además de una preparación general, que le permite tener una visión equilibrada de su profesión; por consiguiente, esta definición lo identifica como el profesional encargado de participar en la generación de tecnología, conducir los procesos técnicos, y de ejecutar las obras de ingeniería, ambas formaciones le permiten participar en el progreso de las ciencias y en el desarrollo integral de su cultura.

Entendiéndose por práctica profesional de la ingeniería la aplicación creativa de los principios y métodos científicos para diseñar, idear o desarrollar sistemas, máquinas, mecanismos, equipos o aparatos u obras necesitadas por el hombre, estudiando su continuo perfeccionamiento hacia una innovación tecnológica.

Para que el ingeniero pueda realizar esta práctica profesional, es necesario que posea una formación sólida en las ciencias básicas, la cual es proporcionada en las instituciones de educación superior, otorgándole así la capacidad para desarrollar productos tecnológicos, lo que trae como resultado el avance en las ciencias y de la sociedad.

En este sentido, las matemáticas juegan un factor determinante en la formación del ingeniero, donde el nivel de conocimiento, comprensión, así como su manejo, son objetivos indispensables del aprendizaje.

Habilidades y competencia del ingeniero

En consecuencia, este profesional por la acción de su formación académica y la progresiva adquisición de experiencia en el ejercicio de su profesión, debe lograr el desarrollo de ciertas habilidades y competencias, entre las que se encuentran:

- a) Habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias, e ingeniería.
- b) Capacidad para diseñar y conducir

experimentos, y analizar e interpretar datos.

c) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas propios de sus áreas de conocimiento.

d) Una educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en el contexto de una sociedad.

e) Habilidad para usar técnicas, destrezas y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de esta disciplina.

f) El logro de estos objetivos está en función de los procesos de enseñanza-aprendizaje que se utilizan en las instituciones de educación superior.

A fin de tener un diagnóstico real sobre la situación que guarda el proceso enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, es necesario establecer bajo qué variables y características específicas debe realizarse. Para esto se debe contar con la información suficiente que muestre cómo los alumnos en el nivel superior han tenido o tienen un aprendizaje significativo en el área de matemáticas. Esto determinará qué tipo de profesionistas en ingeniería se está formando.

Entre las situaciones que intervienen en la enseñanza de las matemáticas, se encuentran las originadas por¹:

- a) Los planes y programas de estudio.
- b) Las características de los alumnos y docentes.
- c) Los contenidos de las asignaturas.
- d) Las técnicas y métodos de enseñanza.
- e) Los recursos didácticos.
- f) La investigación y su relación con la enseñanza.
- g) La infraestructura.
- h) Elementos que rodean el proceso, tales como las relaciones humanas, las actitudes, las aptitudes, los valores, etcétera.

Cuando se realiza un análisis específico sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, se debe partir del generalizado rechazo y temor hacia ellas que existe en la sociedad (en particular entre los jóvenes). Pero también hay una

serie de dificultades adicionales que es necesario reconocer, las cuales se enumeran a continuación:

a) La enseñanza verbalista del sistema educativo tiene una larga tradición y los alumnos están habituados a ella.

b) La amplitud de los programas de los cursos, la rapidez con que éstos se imparten, la falta de ejemplos que muestren la relación de la materia con el resto del currículum y la escasa motivación con que los emprenden, no permiten al alumno ubicar correctamente el contenido, limitando su esfuerzo a estudiar para pasar los exámenes.

c) El desfase entre los cursos de matemáticas y los de las otras disciplinas en las que, según lo programado, el estudiante aplicará los conocimientos matemáticos adquiridos, trae como consecuencia una confusión considerable por parte de los alumnos, que se ve acrecentada aún más cuando los docentes de las otras disciplinas evaden el uso de las matemáticas. Esta dificultad se podría salvar si en los cursos de matemáticas se contemplasen también los usos y las aplicaciones de los temas matemáticos en estudio, pero con frecuencia los docentes de esta asignatura no tienen tiempo para verlos o los desconocen.

d) El recurrir a asesorías no forma parte de los hábitos de estudio de los alumnos y, cuando lo hacen, el docente dispone de poco tiempo para ello o carece de la formación y experiencia necesarias para atender, de manera personalizada, las dificultades específicas de un estudiante.

Entre de los elementos fundamentales del proceso enseñanza-aprendizaje se encuentran los docentes, quienes desempeñan un papel de suma importancia, ya que son guías y orientadores del alumno.

Si se toma en cuenta la problemática mencionada, la tarea de transmitir el conocimiento matemático no es algo fácil y en consecuencia surge una interrogante: ¿Cuál es el pensamiento del ingeniero y la enseñanza de las matemáticas en contexto?

Es de suma importancia mencionar que existen diferentes aspectos que confluyen dentro de la adquisición de ese pensamiento por el sujeto que estudia ingeniería y la enseñanza de las matemáticas en contexto.²

Las matemáticas en la ingeniería

Cabe destacar que la relación entre las matemáticas y la ingeniería es evidente, sólo basta enunciar el modelado de sistemas, la representación de fenómenos, la respuesta de los sistemas a diversos valores de entrada, etc., donde resulta inevitable el uso de conceptos matemáticos.

En este sentido, las matemáticas en ingeniería hacen una amplia contribución al desarrollo tecnológico y científico, debido principalmente a que se trata de la herramienta fundamental del ingeniero.³

Los resultados que se obtienen del proceso enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, como ya se mencionó con anterioridad, dependen del docente, tanto desde el punto de vista de los conocimientos y aplicaciones, como del pedagógico.

Es importante hacer notar que para que un profesionista se dedique a impartir cátedra en asignaturas de matemáticas, debe tener una amplia formación en el área, poseer la didáctica de la misma y contar con la experiencia necesaria para aplicar los conceptos matemáticos en la solución de problemas de ingeniería.

Las matemáticas en los currículos de ingeniería

Los contenidos de las asignaturas de matemáticas deben cubrir todos los aspectos que son fundamentales e indispensables para la formación del ingeniero, así como las asignaturas de ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada.⁴

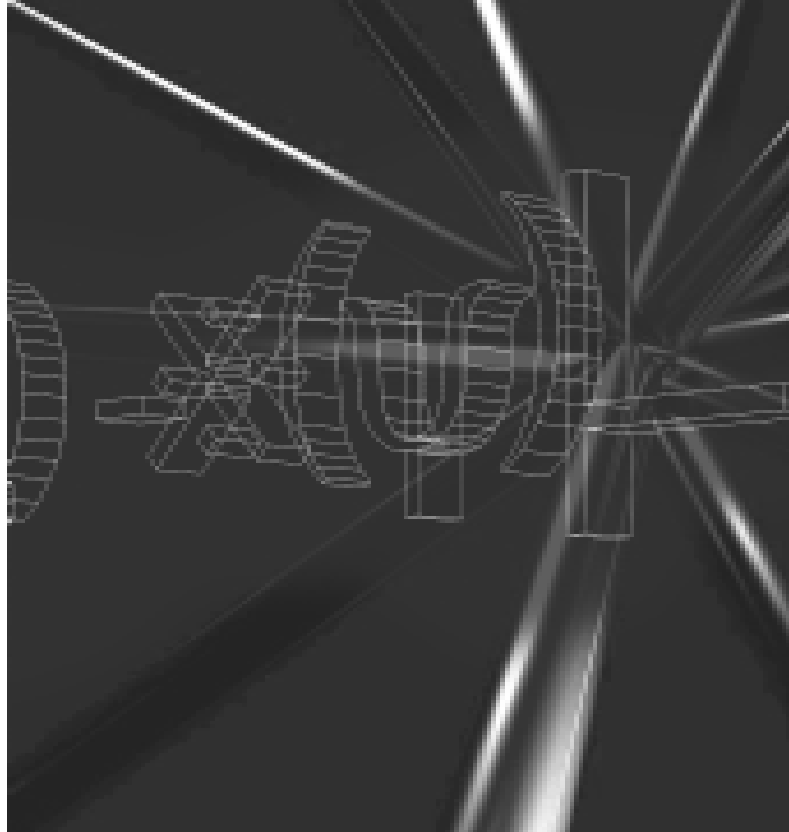
La determinación de los contenidos, su revisión y actualización debe ser periódica, y tomar en cuenta la opinión de los docentes de las asignaturas consecuentes. Realizar currículos no es tarea difícil, la dificultad es llevarlos a la práctica.

Un problema frecuente es que los docentes opinan que se deben incrementar los contenidos de las asignaturas de matemáticas; la recomendación es válida, pero es necesario considerar en primer plano cubrir en su totalidad los actuales y sobre todo, lo más importante, que los alumnos adquieran el conocimiento matemático, lo dominen y lo sepan aplicar en la solución de problemas concretos.

No se debe de olvidar que el objetivo de la enseñanza de las matemáticas, en cualquier nivel, es conseguir una intuición en el alumno sobre los objetos matemáticos que maneja.

El docente en el proceso de enseñanza

Es requisito primordial que el docente domine la asignatura, los temas a tratar, así como sus aplicaciones, lo que le permitirá en cierto momento desarrollar, presentar y tratar los temas con sus alumnos, primeramente de una forma super-



ficial y posteriormente de manera formal, para obtener así la comprensión, dominio, manejo y aplicación de los conceptos en la solución de problemas.⁵

Es importante mencionar que para alcanzar los objetivos establecidos en los programas de estudios de las ingenierías, las actividades de docencia deben estar sustentadas en acciones como: la planeación del proceso enseñanza-aprendizaje; la definición de contenidos, métodos y recursos didácticos; la aplicación de los conocimientos adquiridos; la evaluación; etcétera.

Como se puede observar, la actividad docente involucra una serie de etapas propias del proceso de enseñanza, que si no somos capaces de planear, difícilmente tendremos el control sobre ellas, provocando un deficiente aprendizaje en nuestros alumnos.

Formación de los académicos

Los docentes de matemáticas en las carreras de ingeniería son matemáticos e ingenieros. Según la teoría de *la matemática en el contexto de las ciencias*, los primeros deben incursionar en las áreas de la ingeniería, mientras que los segundos deben tener una formación sólida en matemáticas.⁶

Actualmente existe escasez de profesores de matemáticas que cuenten con las características y aspectos ideales para impartir la cátedra; sin embargo, lo que se busca es contar con docentes posgraduados en el área y con especialización en aspectos didácticos.

Por otro lado, debe tratarse de profesionalizar tanto a los académicos de nuevo ingreso como aquellos que se encuentran ejerciendo, para lograr cambios significativos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El pensamiento matemático del ingeniero

El aprendizaje de las matemáticas constituye una cuestión crucial para la educación, desde el nivel básico hasta el superior, pues representan un vehículo para el desarrollo del razonamiento lógico y las habilidades relacionadas con éste. Son, además, herramientas fundamentales para el estudio y la comprensión de otras disciplinas.

El pensamiento lógico-matemático tiene su origen en las actividades y experiencias con el mundo físico⁷, permitiéndole al alumno comprobar su razonamiento a través de imágenes, del lenguaje verbal y escrito, de esquemas, símbolos o modelos físicos, lo que favorece su desarrollo. Con la utilización de objetos del mundo real y de la observación, el alumno se aproximará a sistemas formales cada vez más abstractos, cuyas interacciones son cuestiones de lógica en vez de la observación empírica; asimismo, le permitirá su progreso intelectual con la influencia social y el desarrollo espontáneo o psicológico.⁸

Se debe de entender como *pensamiento matemático* a la forma en que razonan los sujetos que se dedican profesionalmente a las matemáticas. Los investigadores se preocupan por entender cómo la gente interpreta un contenido específico, además se interesan por caracterizar o modelar los mecanismos de comprensión de los conceptos y procesos particulares de la matemática.

Si se quisiera describir el proceso de desarrollo del pensamiento matemático, se requeriría considerar que éste puede ser interpretado de distintas formas: por un lado, como una reflexión espontánea que los matemáticos realizan sobre la naturaleza de su conocimiento e invención en matemáticas, y por otro, como parte de un ambiente científico en el cual los conceptos y las técnicas matemáticas surgen o se desarrollan en la resolución de tareas.

El desarrollo del pensamiento plantea en el ingeniero la necesidad de fomentar las habilidades de investigación, resolución de problemas, análisis, interpretación y síntesis. Cuando es necesaria la formulación, el ingeniero considera entre otros aspectos: la revisión de nuevas evidencias, el juicio cuando no existe la suficiente información, la crítica, la autocrítica, el diseño de proyectos, la evaluación del propio aprendizaje, el manejo de errores y su adaptabilidad a nuevos avances tecnológicos o conocimientos.

Actualmente, en las escuelas de nivel superior se continúa enseñando matemáticas en forma tradicional, considerando que los alumnos deben realizar la abstracción propia de los conceptos casi de una manera natural, olvidando que los alumnos no han alcanzado la suficiente madurez intelectual (capacidad que tienen las personas para asimilar, comprender y utilizar la información que reciben), lo que da como resultado la incapacidad para aprender los contenidos y la realización de operaciones matemáticas.

Hasta el momento, hemos descrito algunos de los aspectos que intervienen en la construcción del pensamiento matemático del ingeniero; sin embargo, no se ha mencionado que cada uno de ellos puede ser apoyado con diferentes teorías, tales como: la teoría de la matemática en el contexto de las ciencias, la teoría de las situaciones didácticas, y la teoría de los campos conceptuales.

La didáctica de las matemáticas

En la mayoría de los casos, la enseñanza de las matemáticas se ha convertido en un proceso aburrido en el cual no se debe de caer, por el contrario, debemos hacerlo atractivo para el alumno, con problemas y aspectos específicos de la ingeniería.²

Es necesario aplicar las matemáticas a situaciones tan reales como sea posible, fuera del ámbito de la simulación, donde aparezcan problemas verídicos en cuyos casos se puedan utilizar métodos matemáticos. La resolución de problemas permite al alumno experimentar, descubrir y crear, además de contribuir a la construcción del pensamiento.⁹

La razón de ser de las matemáticas, en el caso de la ingeniería, consiste en crear modelos matemáticos de los problemas para poder resolverlos.¹⁰

La llamada *matemática educativa o didáctica de la matemática*, es una disciplina que se encarga de abordar la problemática de su enseñanza desde la misma asignatura.

Carlos Imaz¹¹ define a la matemática educativa como aquello que surge cuando, haciendo cierto tipo de abstracciones, abordamos a la matemática como un problema de comunicación, entendida esta última en su sentido moderno, es decir, como emisión y recepción de mensajes que deben producir cambios conductuales observables en los receptores y que, en caso de que estos cambios no se produzcan o no sucedan en la forma deseada, deben generar cambios en la conducta de los emisores, continuando el proceso hasta que se consigan los objetivos deseados originalmente u otros objetivos alternos. Por lo tanto, la matemática educativa permitirá estudiar los procesos de constitución, transmisión y adquisición de los diferentes contenidos matemáticos en situación escolar.

Las teorías sobre la enseñanza de las matemáticas

Después de haber observado el panorama acerca de la problemática de la enseñanza de esta disciplina, se abordarán tres teorías que tratan esta situación.

La Teoría de la matemática en el contexto de las ciencias, de Camarena, nace en el nivel superior y es llevada a los niveles medio básico y medio superior por algunos investigadores. Mientras que la Teoría de situaciones didácticas, de Brousseau y la Teoría de los campos conceptuales, de Vergnaud, nacen en el nivel de primaria y algunos investigadores las han trasladado a los niveles medio y superior. La

teoría de la matemática en el contexto de las ciencias y la de los campos conceptuales, surgen para abordar problemas del área de matemáticas, mientras que la de situaciones didácticas no nace propiamente en la matemática.

Teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias, de Camarena^{2, 4, 6, 9, 10, 12}

Esta teoría reflexiona acerca de la vinculación que debe existir entre la matemática y las ciencias que la requieren. Posee cinco fases: la curricular, que nace en 1984; la didáctica, en 1987; la epistemológica, en 1988; la de formación de docentes, en 1990, y la cognitiva, en 1992. Ésta se fundamenta en el siguiente paradigma educativo: "Con los cursos de matemáticas el estudiante poseerá los elementos y herramientas que utilizará en las materias específicas de su carrera"; es decir, las áreas de matemáticas no son una meta por sí misma, sino una herramienta de apoyo a la carrera en estudio, sin dejar a un lado el hecho de que la matemática debe ser formativa para el alumno¹².

Fase curricular^{2, 4}

Existen varios factores del tipo curricular, que inciden en el aprendizaje y en la enseñanza, inherentes a la formación docente, al propio tema de estudios, a la infraestructura cognitiva de los alumnos, o debidos a factores sociales, emocionales, económicos, etcétera.

Un elemento que afecta en buena medida, es el hecho de no tener un esquema curricular adecuado a la ingeniería en donde se dan los cursos de ciencias básicas y, en consecuencia, los docentes que las imparten desconocen el por qué están incluidas en los contenidos de los programas de estudio.

El currículo de las ciencias básicas en escuelas de ingeniería requiere atención especial, ya que no se va a formar matemáticos, físicos ni químicos, estas materias son únicamente de apoyo a la ingeniería.

La metodología para el diseño curricular de los programas de estudio

de las ciencias básicas (física, química y matemáticas) en carreras de ingeniería, se fundamenta en este paradigma educativo: "Con los cursos de ciencias básicas el estudiante poseerá los elementos cognitivos y herramientas que utilizará en las materias específicas de su carrera; es decir, las asignaturas de las ciencias básicas son el cimiento de la ingeniería, pero no son una meta por sí mismas, sin dejar a un lado el hecho de que estas ciencias son formativas para el alumno.

"Asimismo, la premisa alrededor de la cual gira la metodología es que: el currículo de física, química y matemáticas debe ser objetivo; es decir, debe ser un currículo fundado sobre bases objetivas".

La metodología para el diseño de programas de estudio de las ciencias básicas en ingeniería ha sido denominada *Dipcing*.

Es importante señalar que esta metodología posee un carácter integral, ya que toma en cuenta la vinculación interna y externa de la carrera de ingeniería, dentro del marco de las ciencias básicas. De hecho, la vinculación interna queda establecida entre las ciencias básicas y las asignaturas de las ciencias básicas de la ingeniería, así como en aplicación de la misma ingeniería. La vinculación externa se establece entre el nivel medio superior y las licenciaturas en ingeniería.

De la metodología *Dipcing* emergen elementos de apoyo para la implementación de programas de estudio (así como programas de actualización docente); es una didáctica a seguir en las carreras de ingeniería, en donde la ciencia básica debe ser presentada a los estudiantes de manera integrada a la ingeniería, con aplicaciones propias de esta disciplina.

Un programa de estudio, por muy bien diseñado que se encuentre, como los que se elaboran con la metodología *Dipcing*, no podría llegar muy lejos si no tiene una buena implementación que garantice su aplicación como lo enmarca

« Las matemáticas juegan un factor determinante en la formación del ingeniero, donde el nivel de conocimiento, comprensión, así como su manejo, son objetivos indispensables del aprendizaje »

la metodología. Esto es, los programas de estudio no son solamente los contenidos que han de impartirse, sino que se debe saber cómo llevarlos a cabo, lo cual no queda explícito a través de los formatos que actualmente se manejan. Debe haber una serie de elementos que los apoyen, los cuales versarán sobre aspectos didácticos, o sea, aspectos del proceso de la enseñanza y el aprendizaje, que incluyen la elaboración de materiales de apoyo didáctico para los cursos; así también, otro elemento de peso es la actualización docente.

Fase didáctica ^{2, 12}

La matemática en el contexto de las ciencias, como estrategia didáctica, posee varias modalidades para llevarse a cabo y dentro de éstas hay distintas variantes. Una modalidad es presentar contenidos matemáticos vinculados con las demás ciencias, dentro de los cursos de matemáticas, y otra, es la de la enseñanza de las ciencias.

La primera modalidad incluye etapas por las que deberá pasar, entre las cuales se encuentran: el planteamiento del problema, la determinación de las variables y de las constantes del problema, la determinación del modelo matemático, la solución matemática del mismo, la determinación de la solución requerida por él, y la interpretación de la solución en términos del problema.

Mientras que la segunda, requiere de un equipo de personas para su logro.

La Teoría de las Situaciones Didácticas, de Brousseau

Sostiene que "la didáctica no consiste en ofrecer un modelo para la enseñanza, sino en producir un campo de cuestiones que permita poner a prueba cualquier situación de enseñanza, y de corregir y mejorar las que se han producido, formulando interrogantes sobre lo que sucede". Es así como Guy Brousseau analiza los diferentes roles del maestro en el proceso de aprendizaje de los alumnos, considerando al aprendizaje como una modificación del conocimiento que el alumno debe

producir por sí mismo y que el maestro debe provocar.

De esta concepción se deriva su propuesta de que el docente debe buscar una situación apropiada para favorecer el aprendizaje, no sólo en los niveles básico, medio y superior, y tomar en cuenta el contexto donde se aplica.

Con la perspectiva de las situaciones didácticas, es posible analizar los diferentes roles del docente:

- En la construcción de sentido de los conocimientos:

Esta teoría permite organizar los hechos didácticos y mejorar las clases, sin embargo, Brousseau sostiene que no debe utilizarse en forma mecánica. Explica la elección de las condiciones de la enseñanza por la necesidad que existe de dar sentido a los conocimientos, es decir, lograr que el mismo alumno construya ese sentido. Brousseau sostiene que la gestión del sentido forma parte del contrato didáctico (docente/alumno) y constituye uno de los desafíos más importantes de la didáctica.

- En la institucionalización de saberes: "No se puede reducir la enseñanza a la organización de aprendizajes. La consideración 'oficial' del objeto de enseñanza por parte del alumno y del aprendizaje por parte del maestro, es un fenómeno social muy importante y una fase esencial del proceso didáctico". Asimismo, Brousseau alerta ante la situación inversa: reducir todo a la institucionalización, que el maestro sólo se preocupe por la creación del sentido.

- En asumir una epistemología:

Si el maestro no tiene un buen control de sus concepciones epistemológicas en las situaciones didácticas que propone, más cargados de consecuencias estarán sus errores. El conocimiento de las situaciones didácticas y la epistemología, son indispensables. "Sin mediación epistemológica y didáctica, las declaraciones fundamentales resultan falsas".

- En conocer "el lugar del alumno":

Conocer al sujeto cognitivo es de suma importancia, Brousseau reflexiona: "la

creación y gestión de situaciones de enseñanza no son reductibles a un arte que el maestro podría desarrollar espontáneamente con buenas actitudes (escuchar al alumno, etc.) en torno a simples técnicas (material o el conflicto cognitivo, por ejemplo)". Por lo tanto, la didáctica no se reduce a una tecnología y su teoría no es la del aprendizaje, sino la de la organización de los conocimientos de otro o, de manera más general, la difusión y la transposición de los conocimientos. Corresponde a la didáctica la búsqueda de soluciones, no podemos seguir pensando o argumentando que los alumnos fracasan en la asignatura porque son idiotas o enfermos, debido a que los docentes no aceptan sus límites.

Las situaciones didácticas son definidas por Brousseau como el conjunto de relaciones establecidas explícita o implícitamente entre el alumno o un grupo de alumnos, un cierto medio (que comprende elementos, instrumentos u objetos) y un sistema educativo representado por los docentes, con el objetivo de lograr que los educandos se apropien del saber constituido o en vías de constitución.

Dentro de este concepto, debemos tomar en cuenta el tiempo y espacio con características diversas y propias, los diversos grupos humanos heterogéneos, para poder contemplar las variables didácticas que se manejan en estas situaciones, tales como: objetivos, contenidos propuestos, material a utilizar, actividades a realizar por el docente, alumno o grupos de alumnos, el tiempo, la problemática que se presentará, etcétera.

El contrato didáctico contraído por estudiantes y docentes deberá tomar en cuenta la distribución de responsabilidades, roles, recursos disponibles, etc. De aquí surge el concepto de tríada didáctica: docente, alumno y contenido a enseñar (objeto del conocimiento). Por lo que la situación didáctica que se origina entre ellos estará basada en:

- Que la actividad propuesta constituya un verdadero problema a resolver,

en un contexto determinado, con contenidos seleccionados previamente.

- Que se evite el hacer por el "mismo hacer".

- Que se procure que sea un proceso con inicio, desarrollo y finalización.

- Que la transposición didáctica facilite al alumno el establecimiento de las relaciones entre los contenidos de diversas disciplinas.

Cabe destacar que existe un compromiso docente con la enseñanza y la selección de las situaciones didácticas y estrategias adecuadas a cada contexto sociocultural y a cada grupo de alumnos; respetando necesidades individuales, debe buscarse la forma y los mecanismos más adecuados para que se apropien del conocimiento.

La Teoría de los Campos Conceptuales, de Vergnaud ¹⁴

Vergnaud toma como premisa que el conocimiento está organizado en campos conceptuales cuyo dominio, por parte del sujeto, ocurre a lo largo de un extenso período, a través de experiencia, madurez y aprendizaje. Campo conceptual es, para él, un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición. El dominio de un campo conceptual no ocurre en algunos meses, ni tampoco en algunos años.

Esta teoría, involucra la complejidad derivada de la necesidad de abarcar en una sola perspectiva teórica, todo el desarrollo de situaciones progresivamente controladas, conceptos y teoremas indispensables para operar eficientemente en esas situaciones, y de las palabras y símbolos que pueden representar eficientemente esos conceptos y operaciones para los alumnos, dependiendo de sus niveles cognitivos.

La teoría de los campos conceptuales destaca que la adquisición de conocimientos es moldeada por las situaciones

y problemas previamente dominados y que ese conocimiento tiene, por lo tanto, numerosas características contextuales. Así, muchas de nuestras concepciones vienen desde las primeras situaciones que fuimos capaces de dominar o de nuestra experiencia al tratar de modificarlas. Sin embargo, existe probablemente, una laguna considerable entre los invariantes que los sujetos construyen al interactuar con el medio y los invariantes que constituyen el conocimiento científico.



Un determinado campo conceptual puede ser progresivamente dominado por un aprendiz, pero la enseñanza, a través de la acción mediadora del maestro, es importante. Los docentes deben ser mediadores. Su tarea es la de ayudar a los alumnos a desarrollar sus esquemas y representaciones. Si éstos van desarrollando nuevos esquemas, serán capaces de enfrentar situaciones cada vez más difíciles y complejas. El lenguaje y los símbolos son importantes en ese proceso. Los docentes utilizan palabras y sentencias para explicar, formular, seleccionar, proponer reglas y actividades. Por lo que su participación como mediador consiste en suministrar situaciones problemáticas (de aprendizaje) a los alumnos, las cuales deben ser cuidadosamente elegidas, ordenadas, diversificadas y presentadas en el momento adecuado.

El papel del docente es como estimulador de la interacción sujeto-situación, que provoca el crecimiento y la diversificación de los esquemas de acción, o sea, el desarrollo cognitivo.

Otra importante aplicación de esta teoría en la enseñanza, es la cuestión del conocimiento implícito y del conocimiento explícito. Según Vergnaud, la escuela sobrestima el conocimiento explícito y subestima, hasta posiblemente desvalorizarlo, el conocimiento implícito de los alumnos. La enseñanza de las matemáticas no puede dejar de lado la simbolización y la formalización, porque las matemáticas son simbólicas, formales y explícitas, pero es necesario tener presente que el conocimiento del alumno, como cualquier otro sujeto, es en gran parte, implícito. Por lo tanto la enseñanza debe transformar el conocimiento implícito en explícito. Cabe destacar que el conocimiento implícito va evolucionando progresivamente hacia el explícito en lugar de ser sustituido por él.

Conclusión

La experiencia en la enseñanza de las matemáticas muestra actualmente que no se trata de asignaturas aisladas que se imparten para cubrir un currículo, sino que debe existir una planeación estratégica donde se establezcan evaluaciones diagnósticas, las cuales permitan identificar los campos conceptuales que el alumno ha adquirido o sabe, para que a partir de ahí se pueda implementar el conocimiento de las matemáticas avanzadas.

La Matemática en el Contexto de las Ciencias, es una teoría que nos muestra cómo establecer la vinculación de la matemática con las demás áreas del conocimiento que la requieren, ya sea a través del análisis de textos, como lo propone la metodología Dipping, o a través de las seis etapas de la matemática en contexto como estrategia didáctica:

- Plantear un problema
- Determinar las variables y constantes
- Determinar el modelo matemático
- Dar la solución matemática
- Determinar la solución requerida por el problema
- Interpretar la solución en términos del problema.

Además, esta teoría toma como eje de análisis una de las ternas doradas de la educación: el maestro, el alumno y el contenido a enseñar, así como las interacciones que se presentan entre sí; siendo el currículo el que amalgama a los tres elementos, y la didáctica la que establece la interacción entre el alumno y el profesor a través del contenido de enseñanza.


De la Teoría de las Situaciones Didácticas, de Guy Brousseau, se desprenden elementos importantes que permiten analizar los diferentes roles del maestro en el proceso de aprendizaje de los alumnos, considerando al aprendizaje como una modificación del conocimiento que el educando debe producir por sí mismo y que el maestro debe provocar; de ésta se deriva la propuesta de que el docente debe buscar una situación apropiada para favorecer el aprendizaje en los niveles básico, medio y superior; entendiéndose por situación didáctica como el conjunto de relaciones establecidas explícita o implícitamente entre el alumno o un grupo de alumnos, un cierto medio (que comprende elementos, instrumentos u objetos) y un sistema educativo representado por los docentes, con el objetivo de lograr que los educandos se apropien del saber constituido o en vías de constitución. El contrato didáctico contraído por alumnos y docentes, deberá tomar en cuenta: la distribución de responsabilidades, roles, recursos disponibles, etcétera. Surge así el concepto de triada didáctica: docente, alumno, contenido a enseñar (objeto del conocimiento). El término contextualización utilizado por Brousseau, es bastante amplio y cuando se hable de él se debe aclarar en qué sentido se maneja. Su cobertura puede extenderse más allá del nivel básico al concebirse como la acción de redefinir el saber dentro de un sistema de conocimientos con reglas específicas de funcionamiento y familiar al alumno.

Desde el punto de vista de la Teoría de los Campos Conceptuales, de Ver-

gnaud, el conocimiento de un campo conceptual permite establecer conexiones entre las situaciones y los esquemas, entre los invariantes operatorios contenidos en los esquemas y teoremas y conceptos matemáticos explícitos, y entre las actividades conceptuales y las manipulaciones simbólicas; permite igualmente organizar la complejidad jerárquica de las tareas cognitivas en una clasificación manejable, para poder describir la variedad de estas tareas cognitivas y el desarrollo de los esquemas y las operaciones del pensamiento necesarios para ocuparse de ellos; también cuantificar a largo plazo el desarrollo de las capacidades y concepciones de los estudiantes, así como las características que conllevan a ese desarrollo, y a corto plazo, cuantificar la aparición (por descubrimiento, invención o aprendizaje) de nuevas capacidades y concepciones cuando se enfrenta a nuevas situaciones; y, finalmente, utilizar la conceptualización como la clave de la cognición.

La diferencia entre el pensamiento matemático elemental y el avanzado es que mientras el primero se preocupa por la verificación de objetos a través de la descripción y el convencimiento, el segundo se preocupa por la definición, la precisión y la demostración a través de la intuición, de la abstracción formal y por la deducción lógica.

En conclusión, los elementos antes mencionados pueden contribuir al desarrollo del pensamiento del ingeniero, fomentando las habilidades de investigación, resolución de problemas, análisis, interpretación y síntesis, además de los aspectos que lo caracterizan, tales como: la revisión de nuevas evidencias, el juicio cuando no existe la suficiente información, la crítica, la autocrítica, el diseño de proyectos, la evaluación del propio aprendizaje, el manejo de errores y su adaptabilidad a nuevos avances tecnológicos o conocimientos. Sin olvidar que dentro de la formación del ingeniero, las matemáticas apoyan la transferencia del conocimiento y permiten desarrollar las

competencias profesionales del mismo, a través de la resolución de problemas contextualizados en la ciencia o en la vida cotidiana, con la ayuda de las habilidades del pensamiento, la heurística, la metacognición y las ciencias. Esto se logra con una estrategia didáctica que integra en los estudiantes el conocimiento matemático con la ingeniería. 

Referencias...

- 1 Camarena, G.P., "El proceso enseñanza aprendizaje de las ciencias básicas", Foro de Desarrollo Curricular e Investigación Educativa para la Enseñanza de la Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas, IPN, 2002.
- 2 Camarena, G.P., "La matemática en el contexto de las ciencias", CINVESTAV-IPN, México, Antología Número 1 del Comité Latinoamericano de Matemáticas Educativas, 2001.
- 3 De Guzmán M., Enseñanza de las ciencias y la matemática, Universidad Complutense de Madrid, 1991.
- 4 Camarena, G.P., "Ciencias Básicas en Ingeniería", Innovación Educativa, Vol. 2, No. 10 Sep.-Oct. (primera parte), Vol. 2 No. 11 Nov.-Dic. (segunda parte), publicación bimestral del Instituto Politécnico Nacional, México.
- 5 De Guzmán, M., El papel del matemático en la educación matemática, Universidad Complutense de Madrid, 1988.
- 6 Camarena, G.P., "La formación de los profesores de las ciencias básicas en el nivel superior", en La Calidad y Pertinencia Social en las Instituciones de Educación Superior, 2002.
- 7 Piaget, Jean, Introducción a la epistemología genética: el pensamiento matemático, Paidós, 1991.
- 8 Resnick, L.B. y Ford, W.W., La enseñanza de las matemáticas y sus fundamentos psicológicos, Paidós, México, 1999.
- 9 Camarena, G.P., "La resolución de problemas como componente de la Matemática en Contexto", Instituto Politécnico Nacional, México, Tercer Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas ICESE-2002.
- 10 Camarena, G.P., "Modelos matemáticos y su clasificación para la ingeniería", Instituto Politécnico Nacional, México, Acta Latinoamericana de Matemáticas Educativas, Vol. 14, 2000.
- 11 Imaz, C., "¿Qué es la matemática educativa?", en Memorias de la primera Reunión Centroamérica y del Caribe sobre la Formación de Profesores e Investigación en Matemática Educativa, pp. 267-272, 1987.
- 12 Camarena, G.P., "Hacia la integración del conocimiento: Matemáticas e Ingeniería", Instituto Politécnico Nacional, México, Segundo Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas ICESE-1999.
- 13 Brousseau, G., "Los diferentes roles del maestro", en Parra, C. y Saiz, I. (comps.), Didáctica de las Matemáticas. Aportes y reflexiones, pp. 65-94, 1994.
- 14 Vergnaud, G., ¿The Theory of Conceptual Fields?, CNRS, France.