

**REPÚBLICA DE CUBA
UNIVERSIDAD DE CIEGO DE ÁVILA
MÁXIMO GÓMEZ BÁEZ
CENTRO DE ESTUDIOS EDUCACIONALES**

**LA FORMACIÓN DE LA CAPACIDAD
MODELADORA MATEMÁTICA EN EL INGENIERO**

Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Pedagógicas

Autor: MSc. Raudel Torrecilla Díaz

**CIEGO DE ÁVILA
2015**

**REPÚBLICA DE CUBA
UNIVERSIDAD DE CIEGO DE ÁVILA
MÁXIMO GÓMEZ BÁEZ
CENTRO DE ESTUDIOS EDUCACIONALES**

**LA FORMACIÓN DE LA CAPACIDAD
MODELADORA MATEMÁTICA EN EL INGENIERO**

Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Pedagógicas

Autor: MSC. Raudel Torrecilla Díaz

**Tutoras: Dra. C. Raquel Dieguez Batista
Dra. C. Mirtha Numa Rodríguez**

**CIEGO DE ÁVILA
2015**

Pensamiento

“Un gran descubrimiento resuelve un gran problema, pero en la solución de todo problema hay un cierto descubrimiento. El problema que se plantea puede ser modesto; pero si se pone a prueba la curiosidad que induce a poner en juego las facultades intuitivas, si se resuelve por propios medios, se puede experimentar el encanto del descubrimiento y el goce del triunfo.

Experiencias de este tipo, a una edad conveniente, pueden determinar una afición para el trabajo intelectual e imprimir una huella imperecedera en la mente y en el carácter”.

Gerard Polya.

Agradecimientos

A la Revolución Cubana, por haberme dado la oportunidad de superación profesional...

A mi querida esposa, Mavel Luís García, compañeros de trabajo y amigos por la fuerza, ayuda y consejos durante todo el proceso de investigación científica, hasta la concreción de los resultados...

A mis tutoras, Dras. C. Raquel Dieguez Batista y Mirtha Numa Rodríguez por el apoyo inmensurable en la conducción del proceso de investigación, revisión de la tesis y su perfeccionamiento...

Al claustro de profesores del Centro de Estudios Manuel F. Gran, Santiago de Cuba y del Departamento de Matemática de la Universidad de Ciego de Ávila, por su apoyo, colaboración, ánimo, pero sobre todo, amistad y espíritu investigativo...

A los especialistas consultados y expertos seleccionados, por las sugerencias emitidas y valoraciones de los resultados.

Dedicatoria

A mis hijos Raudel, Rujaine, Yetzania y Novel, por demostrarme una vez más, que nunca estuve solo en medio de tantas incertidumbres y problemas, en torno a la concreción de este sueño...

A mis padres y hermanos por despertar en mí la necesidad de proyectar el futuro con nuevas perspectivas...

A mis estudiantes que durante estos primeros treinta años han sido fuente de inspiración constante...

A todos los investigadores en educación matemática...

Raudel Torrecilla Díaz

SÍNTESIS

En el mundo moderno la Ingeniería se concibe como una disciplina cada vez más dominada por las técnicas de modelado, una práctica que requiere procesos como comprender el problema, abstraer, modelar y construir; por lo que el ingeniero debe desarrollar el pensamiento lógico, la resolución de problemas y la capacidad de abstracción, en su ejercicio profesional. La Matemática, disciplina básica del currículo en la formación del ingeniero, provee a los estudiantes de conocimientos y procedimientos para la comprensión de conceptos, teorías y fenómenos inherentes a los procesos ingenieriles; sin embargo, se evidencian limitaciones en su aplicación práctica, fundamentalmente en el razonamiento matemático requerido para el planteamiento y la solución de problemas. La sistematización del proceso de formación matemática en estudiantes de carreras de ingeniería, posibilitó la elaboración de una estrategia de formación de la capacidad modeladora matemática, sustentada en un modelo de su dinámica reflexiva que tiene en cuenta la relación dialéctica entre la lógica matemática y la lógica ingenieril para contribuir a la solución de problemas ingenieriles mediante la aplicación de métodos matemáticos. La aplicación parcial de la estrategia corroboró su validez, pues se alcanzaron mayores niveles de argumentación en el método de solución de problemas matemáticos ingenieriles en el contexto de la profesión.

ÍNDICE	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. EL PROCESO DE FORMACIÓN MATEMÁTICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA.....	11
1.1.- Fundamentación epistemológica del proceso de formación matemática en carreras de Ingeniería y la dinámica de formación de la capacidad modeladora matemática	11
1.2.- Tendencias del proceso de formación del proceso de formación matemática en carreras de Ingeniería, con énfasis en la dinámica de formación de la capacidad modeladora matemática.....	28
1.3.- Caracterización de la situación actual de la dinámica de la formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”	40
CAPÍTULO 2. CONSTRUCCIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA DE LA DINÁMICA DEL PROCESO DE FORMACIÓN DE LA CAPACIDAD MODELADORA MATEMÁTICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA	53
2.1.- Fundamentos teóricos del modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería.....	53
2.2.- Modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería.....	55

2.3.- Estrategia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática	80
CAPÍTULO 3. VALORACIÓN Y CORROBORACIÓN DE LOS RESULTADOS INVESTIGATIVOS	96
3.1.- Valoración de la pertinencia del modelo y la estrategia mediante talleres de socialización.....	96
3.2.- Valoración de la pertinencia del modelo y la estrategia mediante criterio de expertos.....	99
3.3.- Ejemplificación de la aplicación parcial de la estrategia en el primer año de la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”	103
CONCLUSIONES	118
RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

La formación de ingenieros, cuyo modo de actuación esté en correspondencia con las características y el desarrollo de la sociedad en que se desempeñarán para el cumplimiento de sus funciones como ciudadano responsable de las transformaciones cualitativamente superiores; que habrán de producirse, debe ser un objetivo esencial de las diferentes disciplinas que conforman los planes de estudio de las carreras de Ingeniería.

En el mundo moderno la Ingeniería se concibe como una disciplina cada vez más dominada por las técnicas de modelado, una práctica que requiere procesos como comprender el problema, abstraer, modelar y construir, así como evaluar los diseños antes de la fabricación física de un producto. Además, la mayoría de los sectores productivos exigen a los ingenieros habilidades especiales para su ejercicio profesional, como pensamiento lógico, resolución de problemas y capacidad de abstracción. (Serna y Polo, 2014).

Vázquez (2012) señala que un ingeniero es quien, con los recursos disponibles y sus conocimientos, brinda creaciones útiles a la sociedad. En ese sentido, Reséndiz (2008) y Rodríguez (2011) coinciden en indicar que la escuela debe proporcionar a sus estudiantes una visión general y bien integrada de la ingeniería (funciones, métodos y contexto) que les permita tomar conciencia de los conocimientos y las capacidades adicionales que después deberán aprender en el ejercicio profesional.

La Matemática como disciplina básica que forma parte del currículo en la formación del ingeniero provee a los estudiantes de conocimientos y procedimientos necesarios y suficientes para la comprensión de conceptos, teorías y fenómenos inherente a los procesos ingenieriles y constituye una herramienta fundamental para enfrentar exitosamente problemas que requieren de capacidad analítica y creativa para su solución.

Sin embargo, a pesar de la importancia de la Matemática para este profesional, se evidencian limitaciones en su aplicación práctica, en el razonamiento matemático requerido en el planteamiento y solución de problemas.

Según estudio realizado en carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” se puede plantear que se presentan insuficiencias en el profesional en formación, las que se pueden resumir en las siguientes **manifestaciones**:

- Insuficiencias en la representación matemática del problema ingenieril.
- Limitaciones en la solución de problemas ingenieriles utilizando métodos matemáticos.
- Deficiencias en la interpretación del resultado matemático en correspondencia con su significación ingenieril.

Estas manifestaciones conducen al planteamiento del **problema** de la investigación: Insuficiencias en el proceso solución de problemas ingenieriles, con relación a la aplicación de métodos matemáticos.

En la investigación de las posibles causas que originan esta problemática, se detectaron las siguientes **manifestaciones causales**:

- Deficiencias en la concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática Superior teniendo en cuenta los niveles de abstracción requeridos en la apropiación de sus contenidos.
- Insuficiencias en el tratamiento interdisciplinar como vía de potenciación de la modelación matemática, herramienta fundamental para solucionar problemas en la ingeniería.
- Limitaciones en la orientación didáctica metodológica del proceso de formación matemática desde todas las asignaturas del currículo hacia el desarrollo de las habilidades de representación y valoración de fenómenos ingenieriles, mediante la indagación e interpretación, como base de la modelación.

Estas manifestaciones causales apuntan a la necesidad de profundizar en el **objeto**: Proceso de formación matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería.

Autores como Trejo, Camarena y Trejo (2013) plantean que el estudio de la Matemática en el proceso de formación del ingeniero mejora las actitudes y habilidades de los estudiantes, potencia el alcance de logros en el aprendizaje, se crean hábitos de trabajo individual y en equipo en la búsqueda del conocimiento científico y su aplicación en la solución de problemas y se desarrolla el interés por la investigación aplicada, y lo acerca a la resolución de problemas reales, lo que

contribuye a una sólida formación matemática, a la comprensión y resolución de fenómenos relacionados con la Ingeniería.

En opinión de Dujet (2007), la Matemática como lenguaje de todas las ciencias en el proceso de formación del ingeniero es necesaria para que los estudiantes puedan llegar a comprender las otras ciencias y así ayudarles a adquirir las técnicas y los métodos que constituyen las herramientas que le son imprescindibles para analizar problemas y lograr un el conocimiento de las heurísticas subyacentes con la finalidad de poder adaptarse al contexto.

En el plan de estudio de las carreras de Ingeniería se tiene en cuenta esta necesidad. Se plantea que la Matemática Superior I, II, III y IV, Álgebra Lineal, Geometría, Estadística Matemática e Investigación de Operaciones tienen la finalidad de proporcionar los conocimientos que en el campo de la Matemática requiere el estudiante y que son utilizados; tanto dentro de la propia disciplina como en otras contenidas en el currículo, con énfasis en las del perfil profesional.

Los objetivos, conocimientos y habilidades definidas para estas asignaturas tienen en cuenta los requerimientos establecidos en lo que a métodos matemáticos y sus aplicaciones se refiere. El énfasis debe realizarse en los aspectos relacionados con la aplicación práctica que tienen los contenidos que se imparten, en la utilización del lenguaje matemático para la modelación de problemas que se presentan en la ingeniería.

Se considera importante además el uso de la computación en estas asignaturas para la solución de los distintos modelos matemáticos que se explican, así como la

interpretación de los resultados, lo que hace que se desarrollen en los estudiantes las habilidades que le permiten incorporar los medios computacionales a la investigación científica.

En correspondencia con el tema que se investiga, diversos autores han abordado la importancia de la Matemática en las carreras de Ingeniería y en particular la modelación matemática en la solución de problemas de la sociedad. Camarena (2008) se refiere al desarrollo de la modelación matemática en el ingeniero en un ambiente de aprendizaje y propone una estrategia didáctica sobre la base de la enseñanza de la Matemática en contexto. Esta autora brinda una clasificación y caracterización de los modelos matemáticos.

Cruz (2010) argumenta la enseñanza de la modelación matemática en carreras de Ingeniería, la necesidad de que se tomen en cuenta algunos fundamentos de la educación matemática para centrar el diseño de experiencias didácticas que se orienten hacia la formación de los estudiantes en el manejo contextual de la modelación matemática y propone procedimientos que tienen en cuenta la relaciones entre contenidos y el desarrollo del pensamiento matemático estratégico orientados hacia el uso del diseño.

En Cuba Ortega, Torres, Santos y López (2007) destacan la importancia de la interdisciplinariedad y la modelación matemática como herramientas fundamentales para solucionar problemáticas profesionales y su relación directa con el objeto de estudio de las carreras de ingeniería y Brito, Alemán, Fraga, Parra y Arias (2011) proponen una estrategia metodológica que posibilita estructurar de modo

sistémico el desarrollo de la habilidad de modelar, teniendo en cuenta la clasificación de los principales modelos matemáticos para las ingenierías; según la teoría o técnica utilizada en su elaboración, la naturaleza de los procesos que desarrollan, su estructura matemática donde se tiene en cuenta el perfil del profesional y se hace referencia a algunas categorías didácticas del proceso de enseñanza – aprendizaje.

Estos aportes mencionados revelan el papel del proceso de modelación matemática en la formación del ingeniero y la necesidad de desarrollar habilidades para modelar problemas prácticos; así como la obtención de conocimientos sobre la modelación, no obstante, no se esclarece la forma para perpetuar esas habilidades y desarrollar capacidades, a partir de la manifestación misma de la situación problémica y por otra parte, no se explicita la repercusión en el desarrollo intelectual de los estudiantes.

Esto unido a las exigencias impuestas por el proceso de formación permiten señalar que es necesario investigar desde otras perspectivas que conlleven al fortalecimiento de este proceso formativo desde su dinámica donde se consideren las relaciones existentes entre el pensamiento lógico matemático y el pensamiento ingenieril a través de la propia actividad del estudiante, su relación con situaciones impuestas por el contexto ingenieril y expresadas desde la Matemática.

Se plantea como **objetivo**: Elaboración de una estrategia de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería, sustentada en un modelo de su dinámica reflexiva.

En correspondencia el **campo de acción** es la dinámica de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería.

La sistematización epistemológica y praxiológica, del objeto y campo de acción de esta investigación, revela que existen insuficientes referentes teóricos y metodológicos que fundamenten la necesidad de desarrollar en el ingeniero un pensamiento científico para enfrentar los problemas de la realidad ingenieril utilizando métodos matemáticos desde una dinámica que tiene como eje la sistematización del pensamiento matemático.

Ello permite definir como **hipótesis**: El establecimiento de una estrategia de formación de la capacidad modeladora matemática, sustentado en un modelo de su dinámica reflexiva, que tenga en cuenta la relación dialéctica entre la lógica de la Matemática y la lógica ingenieril, podrá contribuir al perfeccionamiento del proceso de solución de problemas ingenieriles mediante la aplicación de métodos matemáticos.

Para el logro del objetivo de investigación y corroborar la hipótesis antes planteada se desarrollan las siguientes tareas:

1. Fundamentar epistemológicamente el proceso de formación matemática en carreras de Ingeniería y la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estas carreras.

2. Determinar las tendencias históricas del proceso de formación matemática en carreras de Ingeniería, con énfasis en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estas carreras.
3. Caracterizar el estado de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.
4. Elaborar un modelo de la dinámica reflexiva del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática
5. Diseñar una estrategia didáctica para el proceso de formación de la capacidad modeladora matemática.
6. Valorar la pertinencia científico-metodológica del modelo y la estrategia mediante criterio de expertos y talleres de socialización.
7. Corroborar la validez de la estrategia a través de su aplicación parcial en las carreras de Ingeniería Agrícola e Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.

Métodos y Técnicas

- Método histórico lógico en lo fundamental para caracterizar las etapas del desarrollo histórico del proceso de formación matemática en las carreras de Ingeniería y la dinámica de formación de la capacidad modeladora matemática.

- Método análisis síntesis, fundamentalmente en el estudio del proceso de formación matemática en las carreras de Ingeniería y la dinámica de formación de la capacidad modeladora matemática.
- Método holístico dialéctico para elaborar el modelo de la dinámica interpretativa del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería.
- Método sistémico estructural funcional en el diseño de la estrategia para la formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería.
- Talleres de socialización y criterio de expertos para valorar la pertinencia del modelo y la estrategia y su perfeccionamiento.
- Métodos Estadísticos: Pruebas de Hipótesis para constatar la significación de la transformación producida al aplicarse la estrategia propuesta.
- Encuestas, entrevistas y observación para corroborar manifestaciones del problema y sus causas, así como en la caracterización del estado del campo de la investigación.

Además durante toda la investigación se utilizó un enfoque hermenéutico dialéctico.

El **aporte teórico** es un modelo de la dinámica reflexiva del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería.

El **aporte práctico** es una estrategia didáctica para el proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería.

La **significación práctica** de la investigación se revela en las transformaciones logradas en el actuar de los estudiantes universitarios de las carreras de Ingeniería al enfrentar la solución de problemas ingenieriles que requieren de la aplicación de herramientas matemáticas, se observan niveles superiores del desarrollo de las habilidades relacionadas con la representación matemática del problema ingenieril, la formulación, desarrollo y presentación de propuestas de solución de problemas ingenieriles utilizando métodos matemáticos, así como en la interpretación del resultado matemático en correspondencia con su significación profesional.

La **novedad** de esta investigación centra su atención en revelar una lógica integradora en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería a través de la sistematización del pensamiento matemático desarrollado desde los procesos de abstracción e interpretación como sustento de la modelación matemática.

CAPÍTULO 1

EL PROCESO DE FORMACIÓN MATEMÁTICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA

1. EL PROCESO DE FORMACIÓN MATEMÁTICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA

En el presente capítulo se fundamenta la investigación que se realiza. Se inicia con una profunda revisión bibliográfica sobre el objeto y campo de acción, que posibilita la construcción de su marco teórico. Se fundamenta el proceso de formación matemática en carreras de Ingeniería y las particularidades de la dinámica de la formación de la capacidad modeladora matemática desde la formación matemática, teniendo en cuenta diferentes enfoques con que se ha trabajado en Cuba y el mundo, luego se precisan las tendencias históricas, lo que establece la necesidad de continuar el estudio de esta temática. Finalmente se aplican diferentes instrumentos que posibilitan caracterizar el estado actual de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería Agrícola e Ingeniería Hidráulica en la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.

1.1. Fundamentación epistemológica del proceso de formación matemática en carreras de Ingeniería y la dinámica de formación de la capacidad modeladora matemática

La importancia de la Matemática y sus aplicaciones a la solución de problemas del mundo real, ha sido abordada en diferentes investigaciones para la enseñanza y el aprendizaje de sus contenidos en las últimas décadas. En particular, la modelación matemática se ha venido consolidando como una habilidad a desarrollar en los estudiantes, que posibilita el análisis y diseño de

situaciones que permiten materializar, en las diferentes actividades docentes dentro del proceso de formación, la responsabilidad de la disciplina Matemática.

Al respecto, Hernández (1989), Campistrous y Rizo (1998), Basmadjian (1999), Stewart (2002), Martínez (2003), Montenegro (2004), Biembengut y Heim (2004), Trigueros (2009), Aravena y Camaño (2007), Trigueros (2009), Villa y Ruiz (2009), Rodríguez (2010) y otros han abordado con éxito el proceso de enseñanza de la Matemática y la importancia de la modelación para la construcción de conceptos; la comprensión de teorías y fenómenos de otras disciplinas; el análisis y solución de problemas; así como en la motivación de los estudiantes para la creación de su conocimiento.

Estas investigaciones revelan la importancia de que se diseñen actividades que incorporen las etapas del proceso de modelación para el desarrollo de habilidades en los estudiantes y que ayuden en la comprensión del rol de la Matemática en la organización e interpretación de la información, el desarrollo de la creatividad e interés por el descubrimiento, de habilidades para analizar e interpretar ejercicios, de la comunicación de métodos y la justificación de procesos.

La modelación se ha abordado desde diferentes concepciones expresadas en las definiciones dadas; modelación como el arte de transformar problemas de la realidad en problemas matemáticos, resolverlos e interpretar sus soluciones en el lenguaje del mundo real (Bassanezi, 2002). Otros autores especifican que la modelación matemática consiste en el reemplazo del objeto cognitivo por su imagen matemática (modelo matemático), la cual, implementada en algoritmos

lógicos numéricos en un ordenador, permite estudiar las cualidades del proceso original (Domínguez, 2009); la modelación es la técnica cognitiva que consiste en crear una representación ideal de una situación real dada, mediante la interpretación de dicha situación en el contexto donde se manifiesta en términos de la ciencia desde la que se modela, siendo la representación obtenida portadora de sus rasgos identificativos (Numa, 2011).

En esta investigación se consideran válidas las definiciones dadas ya que expresan la esencia misma de la modelación, señalando que estas se enriquecen en la medida que sea tratado desde una rama específica del saber humano, la disponibilidad de recursos tecnológicos para su instrumentación y el fin para el cual es concebido. Aclarando que modelaje, modelación, modelización o modelado es el proceso para llegar al modelo, en este caso al modelo matemático, por ser el más importante de todos, el único que resulta lo suficientemente abstracto y por lo tanto el más general (Churchman, Ackoff, y Arnoff, 1957).

El desarrollo de las habilidades para la modelación, puede lograrse dentro de los marcos de un tema o de una asignatura, pues es suficiente el dominio de un procedimiento y esto se logra con una adecuada elaboración de las acciones u operaciones que lo integran y su correspondiente fijación, pero la formación de capacidades para modelar matemáticamente situaciones complejas requiere un mayor empeño por parte de profesores y estudiantes, dado que por su estructura y naturaleza las capacidades se desarrollan más lentamente que la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades (Smirnov, 1975).

Los trabajos de Rubinstein (1986) constituyen un aporte fundamental al estudio de la formación de capacidades intelectuales, sus resultados contribuyeron a la determinación de la estructura psicológica del término y a la fundamentación del carácter histórico-social de este proceso formativo, sin negar el papel de las condiciones internas del sujeto, estableciendo como principio rector de su teoría, la relación de causalidad recíproca entre las capacidades y la actividad, lo que lleva implícito la necesidad de su desarrollo a través de la educación. Sus postulados contribuyeron con la precisión de los aspectos genéticos y funcionales de las capacidades y las definen como una formación compleja que condiciona la idoneidad del hombre para realizar un determinado tipo de actividad profesional socialmente útil como resultado de la consolidación de procesos psíquicos, gracias a los que el individuo regula sus acciones.

De esta manera, las capacidades son entendidas como una etapa superior de desarrollo de los procesos psíquicos; una particularidad psicológica que diferencia a un individuo de otro, cualifica la personalidad en la ejecución de las tareas. Se caracterizan como una formación que es síntesis en la personalidad y a la que le son propias formas peculiares de desenvolvimiento de los procesos psíquicos generalizados, condicionan el éxito en la actuación del individuo (Suárez, Dusu y Sánchez, 2007).

En torno al problema de la estructuración de las capacidades, Rubinstein (1986) precisa que están conformadas por elementos operacionales (modos de acción asociados a la actividad) y procesales (procesos psíquicos), estos últimos nucleares, porque en dependencia de la calidad de su integración funcional es que

ocurre la apropiación efectiva de las operaciones, la regulación de su funcionamiento y la generalización de relaciones esenciales que son las que posibilitan el desarrollo de las capacidades.

En esta investigación clasifica las capacidades en generales y especiales. Las primeras se identifican con la denominada inteligencia o capacidad de aprendizaje de los individuos; en cambio las especiales son las que determinan la realización de tipos específicos de actividad. Las capacidades generales se manifiestan siempre en el contexto de las especiales; ambas se penetran y configuran mutuamente.

Cabe señalar, que la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería, se identifica en la presente investigación como especial, lo que se justifica desde la noción de Vigotsky (1982) sobre la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) que expresa la relación interna entre la enseñanza y el desarrollo donde a partir de la aparición de una potencialidad del estudiante se establece una correspondencia con las exigencias de la actividad que se ejecuta, jugando un rol relevante la guía del profesor para propiciar logros superiores.

En la formación de la capacidad modeladora matemática en el estudiante de carreras de Ingeniería hay que tener presente su vínculo con el desarrollo de la personalidad y que se configura en el ámbito ingenieril, en la actividad que realiza, donde este se convierte en un sujeto activo dado que regula la propia actividad, favoreciendo el establecimiento de nuevas acciones en el mejoramiento del proceso de ejecución.

En la actividad que desarrolla el estudiante las capacidades no son directamente observables, sino que se expresan a través de determinadas cualidades que refleja en el desempeño de tareas que representan algún grado de dificultad o de novedad y que le exigen la recontextualización y reorganización de sus saberes. Las mismas se hacen evidentes por sus rasgos esenciales: la funcionalidad, el carácter generalizador, el productivo-creador y el anticipatorio, los que requieren de un tiempo determinado para su gestación.

Estos fundamentos revelan la necesidad de nuevas concepciones en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Matemática y desde su sistematización en otras disciplinas de la carrera, para la formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería, porque aunque las capacidades dependen de los conocimientos y habilidades, no se reducen a ellos, son cualidades más estables de la personalidad.

En esta investigación se asume como **capacidad modeladora matemática** la cualidad de la personalidad del estudiante que le permite hacer una representación matemática individualizada, más o menos exacta de un objeto o proceso de la realidad atendiendo a sus características significativas y con el objetivo de percibir la esencia de ese objeto o proceso.

Con el desarrollo científico técnico la Ingeniería se concibe como una disciplina cada vez más dominada por las técnicas matemáticas, una práctica que requiere procesos para comprender el problema, abstraer, modelar y construir, así como evaluar los diseños antes de su ejecución, cuestión por la que toma mayor

relevancia la problemática del proceso de **formación de la capacidad modeladora matemática** desde todas las asignaturas del currículo de este profesional.

Han aumentado los criterios y las formas de organización de este proceso con la finalidad de poner los conceptos, principios y procedimientos matemáticos en función de resolver problemas prácticos que favorezcan el desarrollo de la sociedad. Esto puede ser comprendido haciendo referencia a la definición misma de Ingeniería:

Es la profesión en la cual los conocimientos de las matemáticas y las ciencias naturales obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, son aplicados con criterio y con conciencia ética para crear y dirigir, sistemas físicos y sociales sustentables, que provean bienes y servicios, mediante el perfeccionamiento de los atributos y relaciones de los recursos materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad (Sánchez, 2010, p.45).

El desarrollo intelectual de los estudiantes a través de la enseñanza-aprendizaje de la Matemática se promueve debido a que los conceptos, las proposiciones y los procedimientos matemáticos poseen un elevado grado de abstracción y su apropiación obliga a realizar una actividad mental rigurosa; los conocimientos matemáticos están estrechamente vinculados, formando un sistema que encuentra aplicación práctica de diversas formas, lo cual permite buscar y encontrar vías de solución distintas, por su brevedad, por los medios utilizados o la ingeniosidad de su representación. Ello ofrece un campo propicio para el

desarrollo de la creatividad y pensamiento lógico (Ballester, 1992), como base de la formación de la capacidad modeladora matemática.

El **pensamiento lógico** es un proceso psíquico consciente que se desarrolla en la obtención de una abstracción de ciertas propiedades de un objeto de estudio, en el tránsito de una abstracción a otras, así como en la obtención y fundamentación de un resultado concreto pensado, es aquel que se desprende de las relaciones entre los objetos y procede de la propia elaboración del individuo. Surge a través de la coordinación de las relaciones que previamente ha creado el sujeto entre los objetos; permite analizar, argumentar, razonar, justificar o probar razonamientos. Se caracteriza por ser preciso y exacto, basándose en datos probables o en hechos; divide los razonamientos en partes de forma lineal y respetando reglas por lo que es analítico, racional y secuencial (Campistrous y Rizo, 1993).

Al respecto Oconor (1997) plantea que entre las características que distinguen a un ingeniero culto, inteligente y socialmente comprometido, está la aplicación del pensamiento lógico en la solución eficiente de problemas profesionales del proceso productivo en el cual se desempeña, el cual se desarrolla a partir del estudio, dominio y aplicación de teorías, ciencias y ramas del saber y da lugar a la formación de un conjunto de capacidades requeridas para enfrentar disímiles situaciones profesionales.

Las formas de trabajo y de pensamiento matemático requieren de los estudiantes una constante actividad intelectual, que exige analizar, comparar, fundamentar,

demostrar y generalizar, entre otras operaciones mentales básicas en la formación de la capacidad modeladora matemática (Ballester, 1992).

En relación al **pensamiento matemático** y el desarrollo de procesos lógicos Cantoral (2000) de manera resumida, manifiesta que en los estudiantes es necesario diseñar situaciones que los responsabilicen en la organización de su actividad para tratar de resolver el problema propuesto; que la actividad esté orientada hacia la obtención de un resultado preciso, previamente hecho explícito por el profesor y que pueda ser identificado por los propios estudiantes donde su resolución implique la toma de múltiples decisiones y la posibilidad de conocer directamente sus consecuencias, a fin de modificarlas para adecuarlas al logro del objetivo perseguido, recurriendo a diferentes estrategias que corresponden a diversos puntos de vista sobre el problema.

Las acciones antes descritas de Cantoral (2000) exigen participación activa de los estudiantes, desde el trabajo organizado y reflexivo que deben ejecutar para llegar a la solución de los problemas planteados, por lo que se puede afirmar que el pensamiento matemático representa un componente muy influyente en el desarrollo del intelecto humano dado que la Matemática exige deducciones y la representación mental de relaciones espaciales que contribuyen al desarrollo de otras formas de pensamientos.

El **pensamiento ingenieril** tiene una característica importante por presentar aspectos que lo diferencian del pensamiento científico. Los ingenieros identifican el diseño como algo propio de la profesión y a la capacidad para diseñar como de

suma importancia para el ejercicio de la profesión donde adaptan intencionalmente los medios para alcanzar un fin preconcebido, superador de una situación inicial dada que a su vez constituye una parte esencial de la Ingeniería. Primero surge una concepción en la mente del ingeniero que luego, por etapas sucesivas, pasando por un modelo matemático, se traslada al diseño, que puede ser implementado por técnicas o herramientas para producir artefactos o sistemas apoyados en la ciencia y la tecnología.

Esta investigación se apoya en las formas de pensamiento para realizar actividades que permitan al estudiante establecer conexiones, abstracciones, representaciones mentales y valoraciones que favorezcan la formación de la capacidad modeladora matemática mediante el análisis de situaciones problémicas que se presentan en la Ingeniería (Torrecilla, Dieguez y Hall, 2015).

Las potencialidades propias de la Matemática hacen destacar su función en el proceso de formación del ingeniero, no solamente para la construcción de su conocimiento, sino también por su significatividad contextual, su intencionalidad transformadora y su capacidad para aplicar y comprender la efectividad modeladora de la matemática en el análisis y solución de situaciones que se presentan en la **realidad ingenieril**; o sea en el contexto donde se expresan las preocupaciones, necesidades y conocimientos del ingeniero en la transformación o creación de objetos y procesos que conlleva a vencer obstáculos y limitaciones en aras de realizar diseños para el beneficio de la sociedad.

Se hace necesario adoptar entonces una concepción del proceso de formación matemática orientado a la integralidad del estudiante, donde se apliquen los conocimientos matemáticos de forma independiente y creadora en la solución de situaciones problémicas relacionadas con el objeto de la profesión y se establezca una relación teórico-práctica entre el proceso de modelación matemática y los problemas ingenieriles, que transite por los diferentes niveles cognitivos engranados por un ambiente lógico en el análisis de datos, las relaciones que se establecen y su forma de representación y donde se consideren sus capacidades matemáticas, su contexto de actuación y responsabilidad histórico-social, de manera que se desarrolle el pensamiento ingenieril, lo que obliga a romper esquemas tradicionales y adoptar nuevos paradigmas que propicien la transformación del estudiante en función del encargo social.

La necesidad social atribuye a la lógica del tratamiento de los contenidos una determinada orientación epistemológica y metodológica que es expresión del enfoque adoptado y determina las formas en que se organiza y desarrolla el proceso formativo, así como los métodos seleccionados. Esta atribución trasciende a la delimitación de las categorías del proceso y las relaciones que se establecen entre ellas a partir del análisis interpretativo de las particularidades del mismo, que en este trabajo se realiza sobre la base de la asunción de la Concepción Holística Configuracional del proceso de formación de los profesionales desarrollada por Fuentes (2002).

En el proceso de formación del ingeniero, se considera que la modelación se ha convertido en una herramienta de trabajo indispensable para enfrentar los

diferentes problemas que se presentan en la realidad ingenieril, por lo que se hace necesario por una parte comprender los fundamentos teóricos de esta herramienta en aras de resolver problemas contextualizados a la profesión y por otra, la forma en que el estudiante pueda convertirla en una capacidad, inherente a su personalidad, en su relación con la sociedad.

Al respecto Recarey, Mirambell, Quevedo y Santaeugenia (2005) señalan que la modelación juega un papel fundamental en la solución de problemas existentes en el campo de la Ingeniería. Por tal motivo, el desarrollo y utilización de los modelos para sistemas en general es una de las tareas científicas más importantes a desarrollar en la actualidad. Los modelos y los métodos de modelación se convierten en importantes herramientas de trabajo.

En la Ingeniería se espera que el estudiante después de cursar las matemáticas tenga la capacidad de pensar en términos de lo que se conoce como ingenio y creatividad para resolver problemas de su práctica profesional, es decir, establecer modelos de la realidad para poder desarrollar métodos de solución de problemas y tomar decisiones (Cruz, Ortiz y Gutiérrez, 2013).

La modelación matemática dirigida a la solución de problemas ha sido abordada desde la Didáctica de la Matemática en los últimos tiempos a partir del modelo teórico para la solución de problemas establecido por Polya (1987) que consta de cuatro fases: aceptar y comprender las condiciones del problema; planificar su solución; llevar a cabo el plan planificado; y comprobar la solución.

Schoenfeld (1991) retoma algunas ideas de Polya (1987) y las enriquece apoyándose en los avances de la Inteligencia Artificial y la Psicología, profundiza en el análisis de la heurística, revelando algunas categorías que conforman el proceso de solución de problemas y determina cuatro dimensiones: dominio de conocimientos y recursos; estrategia cognoscitiva; estrategia metacognitiva; y el sistema de creencias. Estas dimensiones expresan el dominio previo y las experiencias que deben tener los estudiantes para enfrentar una situación problemática; la identificación de recursos heurísticos como la analogía, inducción y generalización; la conciencia mental de las estrategias que favorezcan la plantación, el monitoreo, la regulación y control del proceso mental del estudiante y la exploración en el pensamiento matemático favoreciendo actividades donde se propicien la interpretación y búsqueda de soluciones a los problemas.

Gómez y Fortuny (2002) plantean una metodología docente de la modelización dirigida a la solución de problemas que consta de cuatro momentos dada una situación del mundo real: planteamiento del problema en términos matemáticos; modelización; resolución y la interpretación. En este trabajo se destaca además que el modelaje matemático constituye una forma de motivación de los estudiantes, la aplicabilidad de los conocimientos matemáticos, constituye una forma de aprendizaje significativo que plantea la construcción en contraposición de la memorización y proporciona una visión diferente e integradora de la Matemática.

Bosch, García y Gascón (2006) plantean un ciclo de modelización en tres momentos: situación problema; modelo real (simplificación, idealización, estructuración y matematización) y modelo matemático.

Bonilla (2008) plantea que la solución a un problema real a través de la modelación es un proceso que transita por varias etapas con diferentes particularidades, coincidiendo con la metodología propuesta por Oñate (1995), Zienkiewicz y Taylor (2004) donde se establece que dada una situación problemática de la Ingeniería se procede a pasar consecutivamente por las etapas: conformación del modelo físico; modelo matemático; métodos de solución; análisis del resultado; método de diseño y la solución al problema.

Considerando las contribuciones que han realizado estos autores desde la Didáctica de la Matemática y la Ingeniería al proceso de modelación y su relación con la solución de problemas se observa que:

- No existen contradicciones significativas entre ellos, cada uno lo aborda desde sus perspectivas.
- La solución de problemas apoyados en la modelación es un proceso cíclico que transita por etapas bien establecidas e interrelacionadas entre sí.
- La modelación debe apoyarse en el proceso mental y las formas de pensamiento del estudiante; así como en la metacognición.
- En el proceso de modelación se debe propiciar un aprendizaje significativo sobre la base de los conocimientos matemáticos ya adquiridos.

La investigación se apoya en estas observaciones y se analiza el proceso de

modelación dirigido a la solución de problemas matemáticos ingenieriles, la situación ingenieril que lo provoca; su influencia en la formación del estudiante de carreras de Ingeniería y su repercusión social, cuestiones que no se evidencian con claridad en el trabajo de estos autores. Además está dirigida al establecimiento de los momentos del proceso en correspondencia a las relaciones configuracionales que se manifiestan durante la formulación del problema, la obtención del modelo matemático y la interpretación de la solución.

Con el objetivo de fundamentar el concepto de problema matemático ingenieril se parte de la definición de problemas matemáticos contextualizados aportada por Diéguez (2001), como aquellos donde se plantea una situación relacionada con la profesión que se expresa a través de un contenido, condiciones o planteamiento inicial y exigencias y requiere de la acción del sujeto para transformarla, aplicando los contenidos matemáticos.

Los problemas profesionales a decir de Fuentes (2002) pueden ser reales o modelados. Se tiene el criterio de que estos constituyen un nivel superior de problemas contextualizados a la profesión, y su tratamiento ocupa un lugar central en el desarrollo de la dinámica del proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática en las carreras de Ingeniería.

El propio término “problema contextualizado a la profesión” deja traslucir su significado, que, sin dudas, es el planteamiento de un problema en el contexto profesional, el cual está estrechamente relacionado con el perfil de la carrera de que se trate, como lo conciben Pérez (2001) y Numa (2011).

En este trabajo, cuando se habla de problema ingenieril se esta haciendo referencia a un problema matemático asociado al perfil de la carrera que tiene su origen dentro de la realidad ingenieril; o sea un problema matemático ingenieril y que adopta, en la dinámica del proceso de formación, determinadas particularidades en dependencia de las exigencias del año académico, los contenidos matemáticos y su interrelación con otras asignaturas, por lo que se debe enfocar el trabajo al desarrollo del sistema de conocimientos, habilidades, valores y valoraciones, en el planteamiento y solución de problemas posibles a presentarse en el actuar del ingeniero y considerar la modelación matemática como una herramienta de trabajo para concretar las aspiraciones profesionales.

Según Giménez (citado por Villa, 2007) la modelación matemática implica una mejor formación matemática y una mejor formación profesional. Este planteamiento reafirma la necesidad de formación de capacidades durante el proceso de formación del ingeniero para que pueda enfrentar los retos de la sociedad aplicando e integrando los conocimientos de la Matemática y de la Ingeniería; para diagnosticar, formular y solucionar problemas reales con una actitud crítica; problematizar la realidad; realizar y diseñar experimentos; lo que contribuye al desarrollo de la creatividad y al descubrimiento.

Desde esta perspectiva, se evidencia la necesidad de profundizar en la dinámica de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de ingeniería como proceso que ha de contribuir a la formación de un profesional comprometido con su realidad social, que con perfil amplio y sólida base científica, logre resolver los problemas presentes en su contexto de actuación

aplicando procedimientos concretos y con óptimo aprovechamiento de los recursos tecnológicos disponibles, lo que obliga a la búsqueda y reafirmación de nuevas relaciones de contenidos, a partir de reconstruir y resignificar situaciones y problemas matemáticos ingenieriles, desde el reconocimiento del contexto que propicien una vinculación articulada de los componentes académico, investigativo y laboral.

Atendiendo a la Concepción Holística Configuracional asumida en esta investigación, que define a los procesos mediante los cuales el individuo respondiendo a sus necesidades se relaciona con la sociedad, con una determinada actitud hacia la misma como actividad; se hace necesario, en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero apoyarse en los enfoques dialécticos materialistas que sustentan y enriquecen la relación dialéctica entre la lógica de la Matemática y la lógica ingenieril, para contribuir a la pertinencia formativa del estudiante de las carreras de Ingeniería para que puedan enfrentar con éxito el proceso de solución de problemas de su perfil profesional mediante la aplicación de métodos matemáticos.

La formación de la capacidad modeladora matemática es un proceso complejo de carácter histórico-social que considera el papel de las condiciones internas del sujeto, la relación de causalidad recíproca entre la capacidad y la actividad, las cualidades de la personalidad, lo que lleva implícito la necesidad de su desarrollo a través de la educación y que condiciona la idoneidad del estudiante para modelar fenómenos y situaciones de la realidad ingenieril.

1.2. Tendencias del proceso de formación del proceso de formación matemática en carreras de Ingeniería, con énfasis en la dinámica de formación de la capacidad modeladora matemática

En los primeros años del triunfo de la Revolución en Cuba la formación de los ingenieros se realizaba en la Universidad de Oriente, la Universidad Central de Villa Clara y en la Universidad de la Habana; el inicio de estas carreras se caracterizó por la existencia de planes de estudio diferentes en cada universidad lo que dificultaba establecer estrategias de trabajo unificadas en el tratamiento de los contenidos matemáticos, aunque hay que destacar que eran utilizados procedimientos matemáticos para la explicación de algunas situaciones de la Ingeniería.

En diciembre de 1964 se inauguró la Ciudad Universitaria "José Antonio Echeverría" (CUJAE) y se creó el Departamento de Matemática en el año 1965 formando parte de la Escuela de Ciencias Básicas de la entonces Facultad de Tecnología de la Universidad de La Habana. Esto significó un avance en la organización de las asignaturas de Matemática que formaban parte del currículo en las diferentes carreras. En esos años los estudiantes de las carreras de Ingeniería recibían las asignaturas: Trigonometría, Geometría Analítica y Análisis Matemático, organizadas indistintamente por trimestres y semestres, con significativa carga de conferencias, exposiciones magistrales de los profesores y sin relaciones entre ellas, lo que condicionaba la insuficiente participación de los estudiantes.

A partir de entonces se suscitan cambios en la formación matemática en carreras de Ingeniería, el estudio de los cuales se realiza a través de los indicadores que se relacionan a continuación, en correspondencia con las insuficiencias reveladas en la fundamentación del objeto y campo de investigación:

- Exigencias que se establecen para el desarrollo de la capacidad modeladora matemática.
- Concepción del proceso enseñanza-aprendizaje de la Matemática Superior teniendo en cuenta los niveles de abstracción requeridos en la apropiación de sus contenidos.
- Tratamiento interdisciplinar de los contenidos matemáticos como vía de potenciación de la modelación matemática.
- Orientación didáctica metodológica del proceso de formación matemática para el desarrollo de las habilidades de representación y valoración de fenómenos ingenieriles.

Se toman como fuente documentos que históricamente han registrado la evolución del proceso de formación del profesional en las carreras de Ingeniería, planes de estudio y programas de disciplinas, así como la experiencia del autor y de los investigadores, así como las opiniones expresadas por docentes de mayor experiencia en esta enseñanza.

En correspondencia con los cambios ocurridos en el período analizado, desde el análisis de los indicadores establecidos, se definen las siguientes etapas:

- Primera Etapa. (1977-1991). Apertura de la vinculación de la modelación

matemática con el perfil profesional.

- Segunda Etapa. (1992-2002) Perfeccionamiento de la vinculación de la modelación matemática con el perfil profesional.
- Tercera Etapa. (2003-Actualidad). Profundización de la vinculación de la modelación matemática con la práctica profesional.

Primera etapa (1977-1991). Apertura de la vinculación de la modelación matemática con el perfil profesional.

El período 1977-1982, está en correspondencia con los Planes de Estudio A vigentes, su concepción partía de la idea de formar especialistas en la enseñanza de pregrado, con el objetivo de cubrir las necesidades de graduados que demandaba la sociedad, lo que produjo un aumento considerable de egresados y especializaciones con gran número de perfiles terminales. Se desarrolla el principio de estudio-trabajo y se introdujeron las prácticas de familiarización (para primero y segundo año) y de producción (para tercero y cuarto año). No obstante estas prácticas no estaban integradas a las disciplinas y a sus asignaturas, por lo que tenían un enfoque asistémico, lo que se traducía en una limitada formación práctico profesional.

La incorporación de los estudiantes a la investigación era deficiente, se revelaban limitaciones en su integración en lo académico y laboral. Por consiguiente, la vinculación de los estudiantes a la solución de problemas concretos de la producción y los servicios era insuficiente; a pesar de esto se introduce la discusión y aprobación de un Proyecto o Trabajo de Diploma como forma de

culminación de estudio.

Esto hace que se empleen determinados elementos de Cálculo y Geometría, procedimientos algebraicos y modelos matemáticos establecidos para la explicación y comprensión de fenómenos de la Ingeniería dentro de las aulas y en las prácticas de familiarización y de producción; así como que diversas carreras se propongan como meta en los trabajos de culminación de estudio la aplicación de modelos simples para la ejecución de diseños y modelos estadísticos en el agrupamiento y análisis de datos, pero no se plantean dentro de sus objetivos desarrollar habilidades en los estudiantes para modelar situaciones y hechos de la Ingeniería dado el predominio de una enseñanza esencialmente academicista, aunque sí se puede apreciar cierta inclinación a vincular los diferentes contenidos matemáticos con el perfil de las carreras de Ingeniería.

Se puede decir que se utilizan ejercicios vinculados con la carrera o relacionados con la realidad cubana, que influyen en la contextualización profesional del contenido, usando datos relacionados con la profesión, pero no se trabaja en la solución de problemas matemáticos ingenieriles, y en consecuencia no se potencia la modelación matemática.

En el último período de esta etapa (1982-1991), en correspondencia con el Plan de estudio B vigente, se trabaja por la integración armónica de las actividades académicas, laborales e investigativas, de modo que conformen un sistema estudio-trabajo-investigación sobre la base de la solución de los problemas concretos de la producción y los servicios. Esto influye en que haya un incipiente

interés en enfocar la enseñanza de la Matemática en su vinculación con otras asignaturas del currículo, y se continúe perfeccionando el trabajo dirigido al desarrollo de habilidades vinculadas con el perfil de las carreras, en lo que se manifiesta la contextualización profesional del contenido, y se hacen esfuerzos por dar solución a algunos problemas propios de la profesión mediante la aplicación de modelos matemáticos.

La modernización de los planes de estudio de las carreras de Ingeniería en Cuba estuvo influenciada por las visitas efectuadas por directivos y profesores de reconocido prestigio académico a numerosas universidades europeas, canadienses y latinoamericanas en el año 1985, que junto a otras exigencias, dieron lugar en partir del curso 1986-1987 al Plan B modificado, que en sentido general facilitaba mayor armonización de los diferentes contenidos matemáticos con otras disciplinas y con la necesidad de resolver problemas matemáticos ingenieriles.

No obstante, se puede aludir que durante toda la etapa analizada se manifiestan insuficiencias en la formación del profesional en el sentido de aplicar la modelación matemática en el diseño, análisis y solución de problemas de la profesión, por lo que no se potencia adecuadamente la formación de la capacidad modeladora matemática en el marco del análisis de problemáticas dadas en el campo profesional.

Segunda Etapa. (1992-2002) Perfeccionamiento de la vinculación de la modelación matemática con el perfil profesional.

En esta etapa, correspondiente con el surgimiento y desarrollo del Plan de estudio C, se produce un salto cualitativo en la concepción de los planes de estudio, a través de cambios relevantes en las concepciones. Entre estos se pueden señalar:

- Se redujo el número de disciplinas de estudio, asegurando un carácter sistemático más integral, una notable reducción del tiempo de conferencias y el incremento de las actividades docentes de carácter práctico, con énfasis en la actividades de carácter laboral e investigativo y del “aprender haciendo”.
- Se incrementó el trabajo independientemente del estudiante con la reducción consiguiente de la carga semanal de docencia directa. Se observó además un incremento sustancial en lo que respecta a habilidades prácticas y profesionales a alcanzar por el estudiante.
- Se incrementó sustancialmente el tiempo dedicado a la preparación del estudiante en Computación y las Técnicas Informáticas.

Todo esto favorece el desarrollo de las Ciencias Básicas en función de las necesidades profesionales, en particular de los contenidos matemáticos dirigidos a desarrollar habilidades de trabajo que se completan en la actividad profesional del estudiante. La modelación matemática comienza a trabajarse de forma más organizada, aumentando su utilización en las diferentes asignaturas del currículo dirigidas a la solución de problemas profesionales, aunque fundamentalmente es responsabilidad de la disciplina Matemática el desarrollo de habilidades en este

sentido, no evidenciándose la existencia de una voluntad de cooperación de las demás disciplinas.

Los resultados obtenidos con la aplicación del Plan de Estudio C, aunque con algunas insuficiencias, fueron en general satisfactorios, alcanzándose los objetivos propuestos. No obstante, debido a la flexibilidad con que fue concebido y a la misma dialéctica que asegura su perfeccionamiento sistemático para adaptarlo a la circunstancia de cada momento, se pone en práctica durante el curso 1999-2000 el Plan C' o Plan C modificado en las carreras de Ingeniería.

Sus rasgos fundamentales se resumen a continuación:

- La inclusión en los dos primeros años de disciplinas que le permiten al estudiante iniciarse en el conocimiento pleno de su actividad profesional.
- La adaptación de las disciplinas del ciclo básico a las necesidades de la carrera en la medida de lo posible.
- El incremento del desarrollo de habilidades profesionales, o sea, de la capacidad para resolver problemas prácticos.
- El reforzamiento de la capacidad de utilización de la información científico-técnica, el uso de la computación y el empleo de software profesionales.
- El establecimiento de relaciones armónicas entre los diferentes elementos del plan de estudio (problemas profesionales, objeto de la profesión, esferas de actuación, campos de acción, modos de actuación), de modo que dicha integración garantiza una calidad nueva, cuestión esta en la que aún se trabaja,

pero que indiscutiblemente representó, en el orden del diseño curricular de los planes de estudio, un salto cualitativo.

- Se consideran, como formas organizativas del proceso de enseñanza aprendizaje, la actividad académica, laboral e investigativa. Se establece la integración armónica y necesaria entre estos tres componentes a lo largo de toda la carrera, como vía de garantizar una formación integral más sólida del futuro egresado.

Estos cambios repercuten positivamente en la enseñanza de la Matemática, pues la necesidad de establecer la vinculación entre los componentes académico, laboral e investigativo obliga a los profesores a contextualizar el contenido en función de resolver problemas vinculados con el perfil de la carrera y la planificación del trabajo independiente está orientada a la realización de tareas donde se apliquen de forma creadora los contenidos matemáticos en problemas relacionados con el perfil profesional.

Aparecen nuevos temas de estudio relacionados con la modelación matemática que se desarrollan dentro de la disciplina Matemática y otras asignaturas que forman parte del currículo de las diferentes carreras como el análisis de estructuras, diseño y simulación de procesos; lo que favorece que aumente el interés por el estudio de estos temas y se establezcan procedimientos didácticos y metodologías para el desarrollo de habilidades en la modelación, a partir de ejercicios y problemas que, aunque tienen la presencia de datos técnicos ingenieriles, aparecen en la mayoría de los casos en libros de textos y folletos que

no siempre expresan las situaciones propias de la realidad en la que se desenvuelve el egresado.

Surge la concepción de los problemas profesionales, que en muchos casos son analizados en las carreras como ejercicios integradores y se trabaja en esa dirección, pero aún existen dificultades en lograr que de forma sistemática los estudiantes se enfrenten a este tipo de problemas y no se alcanza su adecuada preparación en ese sentido.

Esta etapa ha estado caracterizada por el desarrollo de las técnicas informáticas, con la implementación de utilitarios matemáticos y procesadores de datos, lo que favorece el análisis de situaciones prácticas vinculadas con la profesión de un mayor nivel de dificultad, en el sentido de que requieren de la modelación matemática por parte del estudiante. Sin embargo, no se aprovechan suficientemente las posibilidades que estas técnicas brindan para desarrollar habilidades en la aplicación de la modelación matemática en la solución de problemas ingenieriles no modelados de mayor nivel de complejidad, relacionados con la actividad laboral e investigativa, lo que limita la formación de capacidades y el vínculo con otras disciplinas del currículo y con la profesión en general.

Tercera Etapa. (2003-Actualidad). Profundización de la vinculación de la modelación matemática con la práctica profesional.

A partir del año 2003 se introduce en la Educación Superior cubana el documento base para la confección de los Planes de Estudio D (Ministerio de Educación Superior, 2003).

Para la confección de los Planes de Estudio D para las carreras de Ingeniería fue necesario analizar los elementos esenciales, básicos, siguientes:

- El “Encargo Social del Profesional”, ya que es la sociedad la que determina que tipo de ingeniero se necesita en Cuba, fundamentalmente a través de la determinación de las “Funciones Profesionales”, que dan lugar a la elaboración del “Modelo del Profesional”, el cual contiene los objetivos educativos e instructivos, así como los valores del profesional que se necesita formar.
- La “Preparación del Profesional (Ingenieros del siglo XXI)”, que tiene en cuenta los últimos adelantos pedagógicos, didácticos, en la formación de estos ingenieros en el ámbito internacional y las “Tendencias Mundiales en el Desarrollo de la Ciencia y de la Tecnología”. En el ámbito nacional, con la formación de valores en los futuros graduados a lo largo de la carrera, las normativas que para este nuevo plan D ha emitido el Ministerio de Educación Superior (MES) y con las condiciones existentes en las universidades y territorios. También tiene en cuenta los nuevos métodos de enseñanza a aplicar, para que los estudiantes dispongan de mayor tiempo de auto preparación con materiales didácticos elaborados por los docentes, a través del uso de las Técnicas de la Informática y las Comunicaciones (TIC).

El nuevo proyecto brinda mayores posibilidades para la flexibilidad en la elaboración de los Planes de Estudio, apuntando también a una enseñanza más vinculada con la práctica y la profesión, por lo que la aplicación de estos planes debe producir cambios importantes en la actividad presencial de los estudiantes

donde las asignaturas y disciplinas deben evidenciar un mayor nivel de esencialidad y racionalidad, centrando su atención principal en aquellos elementos del contenido que son fundamentales para el logro de los objetivos previstos en la carrera y que contribuyen al desarrollo de habilidades y capacidades profesionales.

Un elemento importante resaltado en estos planes de estudio es el papel que le corresponde a la disciplina principal integradora, en su rol de potenciar el enfoque interdisciplinario del proceso de formación profesional, evidenciándose una mayor correspondencia entre la profesión y las ciencias que a ella contribuyen, lo que favorece la formación de los estudiantes en el contexto ingenieril.

Por otra parte, en esta etapa se desarrolla el proceso de universalización de la Educación Superior en Cuba, comenzando por el programa “Álvaro Reinoso” y continuando con la apertura de diferentes carreras de Ingeniería, dada las necesidades de desarrollo de cada territorio, lo que hace más dinámico el proceso de búsqueda de alternativas de trabajo científico metodológico para corresponder a la preparación del personal docente de las diferentes sedes universitarias; así como a las carreras que en ellas se desarrollan.

Las exigencias y particularidades de estos planes de estudio hacen que el proceso de enseñanza aprendizaje de la Matemática, potencie y apunte hacia el desarrollo de investigaciones en la Didáctica de la Matemática que contribuyen a desarrollar métodos de enseñanza con un enfoque renovador y en función del tratamiento y

solución de los problemas profesionales de las diferentes carreras de Ingeniería, donde la modelación matemática constituye una herramienta imprescindible.

En general, el análisis de los indicadores por etapas reveló que el proceso de formación matemática en carreras de Ingeniería ha transitado desde:

- La ausencia de exigencias para el desarrollo de la capacidad modeladora matemática hasta el reconocimiento de las potencialidades de la modelación matemática en la formación integral del estudiante de ingeniería para enfrentar los crecientes problemas ingenieriles que se presentan en la práctica profesional pero con limitaciones en la sistematización de los contenidos matemáticos que facilitan la formación y desarrollo de la capacidad para modelar.
- De una concepción del proceso enseñanza aprendizaje de la Matemática Superior que no tiene en cuenta los niveles de abstracción requeridos en la apropiación de sus contenidos hasta una enseñanza más vinculada con la práctica y la profesión que exige nuevas concepciones para la formación matemática del ingeniero, pero que adolecen de referentes teóricos prácticos para el desarrollo intelectual del ingeniero sustentados en el pensamiento matemático ingenieril.
- Desde un tratamiento de los contenidos de forma teórica y academicista hasta el desarrollo de relaciones interdisciplinarias de los contenidos matemáticos como vía de potenciación de la modelación matemática, pero con limitaciones para establecer un sistema de acciones que permitan la interconexión entre las asignaturas del currículo de forma horizontal y vertical.

- Desde la exposición de los contenidos matemáticos para cumplimentar un programa de asignatura hasta una orientación didáctica metodológica del proceso de formación matemática para el desarrollo de las habilidades de representación y valoración de fenómenos ingenieriles, pero con limitaciones en lo indagativo y reflexivo, procesos básicos para el desarrollo de estas habilidades.

Todo este análisis, desde el punto de vista de esta investigación, lleva a una obligada reflexión en cuanto a la concepción de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero, pues al abarcar la modelación matemática el campo profesional de todas las carreras de Ingeniería y establecer el vínculo con los diferentes perfiles profesionales, requiere de un trabajo diferenciado en las formas de planteamiento y solución de problemáticas ingenieriles y en la concepción del sistema de acciones encaminadas a la formación de esta capacidad.

1.3. Caracterización de la situación actual de la dinámica de la formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”

En el epígrafe se realiza una caracterización de la situación que se presenta en la apropiación de contenidos matemáticos, que limita la solución de problemas ingenieriles, para lo que se revisaron los exámenes finales de las asignaturas de esta disciplina en el curso 2012-2013 y los resultados obtenidos por los estudiantes de las carreras de Ingeniería Hidráulica e Ingeniería Agrícola.

En el primer semestre de primer año los estudiantes de ambas carreras reciben las asignaturas de Matemática Superior I y Algebra Lineal y Geometría Analítica y en el segundo semestre la Matemática Superior II.

En la revisión realizada se reveló que los estudiantes de ambas carreras presentan dificultades en la asignatura Matemática Superior I en las condiciones para que una función sea continua, determinación de extremos locales, método de integración por partes, la representación gráfica de funciones y la determinación alguna de sus propiedades, contenidos en los cuales está implícita la descomposición factorial, la evaluación en un punto, el empleo de definiciones, teoremas y propiedades que han sido tratados en la Enseñanza Media general; así como en las aplicaciones de estos contenidos en la modelación de situaciones agrícolas e hidráulicas.

Esta situación se corrobora al revisar los resultados obtenidos en los exámenes finales, los que fueron de un 30% (23/76) de aprobados en el caso de Ingeniería Hidráulica y 57% (11/19) en el caso de Ingeniería Agrícola; constituyendo aquellas preguntas de aplicaciones que exigen de la modelación las que más inciden en estos resultados.

En la asignatura de Algebra Lineal y Geometría Analítica se observa una mejoría en los resultados de promoción 57% (50/88) en Ingeniería Hidráulica y 63% (12/19) en Ingeniería Agrícola, sin embargo la pregunta de aplicación al perfil de la carrera de los Sistemas de Ecuaciones Lineales que conducen a la modelación

matemática de una situación problémica para obtener la solución, constituye la de más bajos resultados en el caso de Ingeniería Agrícola (Anexo 1a).

Los estudiantes tienen como principales dificultades la relación que se establece entre las variables que conforman el problema y que conllevan a la utilización de ecuaciones, formación del sistema de ecuaciones como representación de las restricciones y determinación de la solución.

En el caso de Matemática Superior II en la revisión efectuada a los exámenes finales aplicados es significativo señalar que en el caso de Ingeniería Hidráulica cuatro de las cinco preguntas requieren de la modelación para su solución y tres de ellas constituyen aplicaciones de los contenidos a situaciones problémicas que pueden presentarse en el ejercicio de la profesión; los resultados de promoción fueron del 53 % de aprobados (41/88) manifestándose dificultades para aplicar los contenidos estudiados a contextos específicos, establecer un algoritmo de trabajo que permita obtener la solución e interpretar las condiciones que expone la situación presentada y en el caso de Ingeniería Agrícola aparecen dos preguntas de aplicación (Anexo 1b), contextualizadas a situaciones problémicas donde se alcanza un 61 % de aprobados (11/18), destacándose que todos los estudiantes aprobados alcanzan solamente notas de tres puntos.

La revisión efectuada evidencia que existen dificultades en el nivel de aprovechamiento de los estudiantes en la apropiación de los contenidos y baja calidad de los resultados alcanzados en estas asignaturas, apreciándose que en la solución de problemas existen insuficiencias para representar los hechos en un

lenguaje matemático para la aplicación de técnicas y procedimientos que permiten obtener un resultado.

Teniendo en cuenta la realidad que se presenta en el dominio de métodos matemáticos para la solución de problemas ingenieriles se procedió al análisis del Modelo del profesional, del Plan de estudio y programas de las disciplinas de la carrera, con la finalidad de constatar las exigencias formativas del profesional y los controles realizados en el Departamento de Matemática a los profesores que trabajan en las carreras de Ingeniería durante el curso 2012-2013 (Anexo 2).

En el Plan de Estudio D, vigente, se plantea que las Disciplinas Básicas, en particular la Matemática, se rediseñaron para dar respuesta a los problemas profesionales planteados en el Modelo del Profesional. En este documento se manifiesta la exigencia de formar un profesional que sea capaz de aplicar las técnicas más modernas que se conocen a nivel mundial, propiciando a su vez el desarrollo de estas en la realidad cubana, en particular asistentes matemáticos que posibilitan la solución de problemas en la práctica ingenieril.

Forman parte de la disciplina Matemática en la carrera de Ingeniería Agrícola asignaturas básicas y aplicadas como: Matemática Superior I, II y III, Álgebra Lineal y Geometría Analítica y Estadística que complementadas con las asignaturas de Operación de Sistemas de Ingeniería donde se incluye el tema de Programación Lineal y las asignaturas optativas Simulación y Modelación Matemática de Procesos Agrícolas y Diseño Experimental, tienen la finalidad de proporcionar los conocimientos que en el campo de la Matemática requiere el

estudiante y que son utilizados tanto dentro de la propia disciplina y en otras contenidas en el Plan de Estudio, con énfasis en las del perfil profesional.

En la carrera de Ingeniería Hidráulica la disciplina Matemática está formada por las asignaturas Álgebra Lineal y Geometría Analítica, Matemática I y II, Series y Ecuaciones Diferenciales, Matemática Numérica, Probabilidad y Estadística, las cuales se complementan con diversas asignaturas del plan de estudio como Planificación y Operación de los Recursos Hidráulicos, Metodología de la Investigación Científica y Diseño de Experimentos, que tienen un fuerte componente matemático y que unidas armónicamente tienen la responsabilidad de proporcionar los conceptos, recursos y métodos matemáticos necesarios para el análisis y valoración de situaciones que en el campo de la hidráulica se presentan.

Se establece en el Plan de Estudio de ambas carreras que debido a la propia naturaleza básica y general que tiene la disciplina Matemática en cualquier carrera de Ingeniería, se puede decir que la misma repercute, de forma más directa o menos directa, sobre cualquiera de los campos de acción del ingeniero dado que permite ampliar la madurez matemática y la capacidad de trabajo con la abstracción; desarrollar habilidades para la comunicación y comprensión de propiedades y características matemáticas de magnitudes y formas en las variantes formal, gráfica, numérica y verbal; identificar, interpretar y analizar modelos matemáticos de procesos técnicos, económicos, productivos y científicos vinculados a estas carreras, así como resolver los problemas de índole matemática a los que estos conducen, utilizando para ello los contenidos matemáticos que se estudian en la disciplina, haciendo un uso eficiente de las

técnicas modernas de cómputo y de los asistentes matemáticos. Para lograr estos aspectos se propone que se tenga en cuenta una estructuración sistémica de los contenidos (conocimientos, habilidades, actitudes y sentimientos); una enseñanza centrada en el estudiante como sujeto activo, constructor y reconstructor de su propio conocimiento y proceso de aprendizaje mediante la resolución de problemas vinculados a la carrera y que impliquen a las otras disciplinas y asignaturas; que favorezca el desarrollo de la personalidad, con una implicación personal activa, consciente y reflexiva. Además se establecen los nexos con la Disciplina Integradora para crear en el estudiante capacidades para comprender y aplicar los procedimientos propios de la matemática, así como elaborar y aplicar modelos matemáticos que permitan describir y analizar comportamientos de variables en situaciones problémicas y la evaluación de alternativas para la toma de decisiones.

Teniendo en cuenta estos elementos se puede concluir que el Plan de Estudio D establece la necesidad de la sistematización matemática en el proceso formativo del ingeniero agrícola e hidráulico para el desarrollo de capacidades y formas de pensamiento creativo desde el establecimiento de relaciones interdisciplinarias, la contextualización de los contenidos, la interpretación de datos y alternativas y el vínculo de la teoría con la práctica.

Se revisaron entonces los 12 controles a clases realizados, donde el 33,3 % obtuvo calificación de cinco puntos (cuatro controles), el 41,6 % de cuatro puntos (cinco controles), el 16,6 % de tres puntos (dos controles) y un control fue no evaluado para el 8,3 %; detectándose como principales dificultades:

- El nivel de exigencia en el uso del lenguaje matemático en la introducción y sistematización de los contenidos.
- La representación matemática de expresiones ingenieriles.
- Tratamiento teórico y práctico de los contenidos. Se realiza más énfasis en la teoría en el caso de la Matemática I y II, en lograr el dominio del contenido matemático por parte de los estudiantes, pero descontextualizados de la profesión.
- Orientación y control del estudio individual, lo que conlleva a que los estudiantes no se preparan conscientemente para el desarrollo de las actividades prácticas.
- Formulación y solución de problemas. En el caso de la Matemática I en ocasiones no se aprovecha a plenitud el contenido para formular problemas matemáticos ingenieriles para su solución en clases.
- La estimulación a la búsqueda de diferentes alternativas de solución de problemas, para la comparación y determinación de la más adecuada.
- El establecimiento de relaciones entre asignaturas de la propia disciplina, con otras del currículo y en la sistematización de contenidos precedentes.

Para corroborar estos resultados se aplicó una encuesta a 16 profesores del Departamento de Matemática (Anexo 3), 10 profesores de otras asignaturas de la carrera (Anexo 4) y 70 estudiantes (60 de Ingeniería Hidráulica y 10 de Ingeniería Agrícola) de primer año de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” (Anexo 5) . Para la selección de los profesores se tuvo como prerrequisito tener no menos de 10 años como docente

en la Educación Superior, pues su experiencia les permite realizar reflexiones más certeras en cuanto los aspectos a evaluar.

En los resultados de las encuestas aplicadas (Anexo 6), los profesores de Matemática coinciden, en que las carreras de Ingeniería preparan al estudiante para identificar y resolver problemas del ámbito ingenieril mediante la utilización de métodos matemáticos medianamente (56 %) o no los preparan (44 %).

El 50% de los encuestados plantea que trabaja excelentemente la habilidad de representar en sus clases y el resto señala que lo hace con frecuencia o medianamente, cuestión que no se corresponde con los resultados de la revisión de los controles a clases.

Los profesores coinciden en el 100% que en las clases de Matemática se hace énfasis en el rigor matemático de las expresiones ingenieriles que se presentan en ejercicios y situaciones problémicas, mediante datos, relaciones y hechos, sin embargo los controles a clases reflejan que existen dificultades en el nivel de exigencia en el uso del lenguaje matemático en la introducción y sistematización de los contenidos.

El 87 % de los profesores encuestados señala que en las clases de Matemática se significa la importancia de la interpretación de los resultados de la solución de ejercicios y problemas en correspondencia con su aplicación ingenieril de forma excelente y el 12,5 % que lo hace con frecuencia.

En las relaciones interdisciplinarias para el desarrollo de los contenidos matemáticos el 56 % plantea que las establece excelentemente, el 25 %

medianamente y un 18 % que es poco exigente en este sentido, lo que hace notar que existe cierta correspondencia con lo observado en los controles a clases.

Los profesores ponen como ejemplo de las vías que utilizan en sus clases para el desarrollo de la capacidad modeladora matemática la solución de problemas contextualizados a la profesión, ejercicios que conduzcan a la representación simbólica de planteamientos y hechos de la ingeniería, el trabajo con variables y representaciones gráficas, tareas con ejercicios de aplicación que requieren de la búsqueda de datos de la ingeniería, el empleo de utilitarios matemáticos y de procedimientos para resolver ecuaciones y sistemas de ecuaciones.

Se procedió a encuestar a profesores de otras asignaturas de la carrera para corroborar algunos de los criterios anteriores, existiendo discrepancias en cuanto a que la carrera prepara al estudiante para identificar y resolver problemas del ámbito ingenieril mediante la utilización de métodos matemáticos, pues el 90% considera que aporta en este sentido y solo un profesor (10 %) plantea que no.

La totalidad de los profesores de ingeniería plantean que en las asignaturas que imparten se resuelven problemas contextualizados a la realidad ingenieril de manera frecuente. El 70 % de los encuestados sostiene que de manera excelente se exige la interpretación de las soluciones matemáticas de los problemas ingenieriles que se resuelven, en correspondencia con la aplicabilidad del resultado, un 10 % que lo hace medianamente y el 20 % que lo exige medianamente.

En el aspecto que se refiere al logro de una acertada vinculación entre las asignaturas de Matemática y las del perfil profesional, para que en estas últimas se puedan retomar los métodos de modelación matemática estudiados como vía de solución de los problemas de la realidad ingenieril, existe mucha diversidad de criterios. El 10 % plantea que se logra con frecuencia, el 60 % medianamente, el 20 % muy poco y el 10 % que no se logra.

Los profesores de Ingeniería señalan como ejemplo de las vías que utilizan en sus clases para el desarrollo de la capacidad modeladora matemática el trabajo con modelos de ingeniería, la utilización de software para resolver modelos, el trabajo con símbolos y expresiones matemáticas y las representaciones gráficas.

En general, se revelan limitaciones en la sistematización de los contenidos y el establecimiento de relaciones interdisciplinarias, existiendo discrepancias entre la opinión de los profesores de Matemática y otros de la carrera en algunos aspectos, por lo que se procedió a encuestar a los estudiantes.

Las opiniones de los estudiantes son muy variadas, no existiendo diferencias significativas en ambas carreras, plantean que en las clases de Matemática los preparan medianamente para la representación matemática de problemas del ámbito ingenieril (73%) y solamente un 4% y un 17% que los preparan excelentemente o con frecuencia respectivamente, coincidiendo con lo planteado por los profesores, pero no se corresponde con los resultados de la revisión de los controles a clases y los exámenes finales.

En cuanto a la necesidad de expresar con precisión el método de solución de problemas matemático ingenieriles en las clases de matemática el 86% de los estudiantes plantea que se hace énfasis medianamente, el resto (14%) expresa que se hace con frecuencia, no existiendo correspondencia total con lo expresado por los profesores de Matemática y con lo que se aprecia en la revisión de los exámenes finales.

Lo referido a la significación en las clases de Matemática de la importancia de la interpretación de los resultados en la solución de ejercicios y problemas en correspondencia con su aplicación ingenieril, el 74% expresa que se hace con poca exigencia, el 19% con excelencia y el 7% expone que se realiza medianamente o con frecuencia (4% y 3% respectivamente); cuestión que no se corresponde con lo planteado por los profesores de Matemática.

El 80 % de los estudiantes expresa que en la carrera se resuelven problemas contextualizados del ámbito ingenieril utilizando métodos matemáticos frecuentemente, un 7 % que se realiza con excelencia, un 7 % medianamente y 6 % que se hace con poca exigencia o no se exige, lo que contradice en gran medida la revisión de los controles a clases.

Las representaciones matemáticas en la solución de problemas de otras asignaturas de la carrera que no son de la disciplina Matemática, el 46 % de los estudiantes plantea que se exige medianamente, el 29 % que el nivel de exigencia es poco, un 11 % expresa que no se exige y el 14 % considera que se enfatiza de

forma excelente o con mucha frecuencia; no existiendo correspondencia con lo planteado por los profesores de perfil ingenieril.

La totalidad de los estudiantes identifican las asignaturas de la disciplina Matemática como las que trabajan la modelación matemática en la carrera y un 19 % la asignatura de Física (13 estudiantes) y un 10 % identifican además la asignatura de Geometría Descriptiva (siete estudiantes).

En general los instrumentos aplicados revelan insuficiencias en la sistematización de los contenidos matemáticos en la propia disciplina y en la carrera a través del establecimiento de relaciones interdisciplinarias; dificultades en el desarrollo de las habilidades de representación y valoración de fenómenos ingenieriles; así como deficiencias en la concepción del proceso de formación matemática de los estudiantes que permita utilizar la modelación matemática como herramienta para resolver problemas de la profesión.

Conclusiones parciales del capítulo 1

- La fundamentación del proceso de formación matemática en las carreras de Ingeniería permitió revelar como rasgo fundamental de su dinámica la sistematización de los contenidos desde la interdisciplinariedad, contextualización y la generalización, cuestiones con limitaciones en el orden teórico metodológico para potenciar un acercamiento entre el pensamiento matemático e ingenieril requerido para la formación de capacidades en la práctica socio-profesional del ingeniero.

- El análisis tendencial del proceso de formación matemática en las carreras de Ingeniería evidencia como rasgo esencial de su comportamiento, la prevalencia de un tránsito gradual hacia concepciones didácticas y metodológicas, que incluso cuando vinculan la teoría y práctica, potencian el nexo con otras asignaturas del currículo y considera la importancia de la modelación matemática, no garantizan la sistematización de contenidos matemáticos en aras de la formación de la capacidad modeladora matemática desde todas las asignaturas, vertical y horizontalmente, para una dinámica formativa en correspondencia con las demandas actuales.
- La caracterización del proceso de formación matemática en las carreras de Ingeniería de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” revela incongruencias entre las exigencias formativas del profesional precisadas en el Plan de Estudio y la dinámica del proceso de formación matemática dadas en la sistematización matemática, relación interdisciplinar, contextualización de los contenidos y la formación de capacidades profesionales.
- El análisis anterior apunta a la necesidad de elaborar una propuesta teórica que considere la relación dialéctica entre el pensamiento matemático y el pensamiento ingenieril y constituya el sustento de una estrategia metodológica para la formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de ingeniería que contribuya a resolver las insuficiencias en el proceso solución de problemas ingenieriles, con relación a la aplicación de métodos matemáticos.

CAPÍTULO 2

CONSTRUCCIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA DE LA DINÁMICA DEL PROCESO DE FORMACIÓN DE LA CAPACIDAD MODELADORA MATEMÁTICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA

2. CONSTRUCCIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA DE LA DINÁMICA DEL PROCESO DE FORMACIÓN DE LA CAPACIDAD MODELADORA MATEMÁTICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA

En el presente capítulo se modela la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería, a partir de la sistematización de los fundamentos epistemológicos que sustentan su construcción teórica. En este modelo se establecen relaciones dialécticas entre configuraciones, que determinan eslabones, portadores de nuevas cualidades de la dinámica modelada. De la relación que se establece entre los eslabones, emerge la estrategia del **proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería**, desde la cual se potencia el desarrollo de una lógica del pensamiento matemático, en relación dialéctica con la lógica del pensamiento ingenieril.

2.1. Fundamentos teóricos del modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería

En la modelación del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería, se asume en el orden epistemológico y metodológico la concepción científica holístico - configuracional (Fuentes, 2009) que a través de su método holístico-dialéctico permite el establecimiento de los eslabones esenciales del proceso modelado, partiendo del reconocimiento de sus configuraciones y las relaciones que se establecen entre estas, que conducen a la transformación del estudiante en su contexto formativo.

Los referentes constructivistas y cognitivos (Vigotsky, 1988), constituyen sustentos psicológicos importantes para el proceso de modelación teórica, al considerar que el conocimiento es un proceso de interacción entre el sujeto y el medio. Además, el enfoque sociocultural de Vigotsky (1988) supone que el aprendizaje estimula y activa una variedad de procesos mentales que pueden nacer en la actividad planificada, para luego convertirse en órganos funcionales de la propia actividad donde interviene la cultura y la educación, donde el hombre actúa como personalidad, como sujeto integral y concreto, el comportamiento del sujeto y sus posibilidades de autodeterminación frente a distintas condiciones del medio.

Se integra a este sustento psicológico la Teoría del Aprendizaje Significativo (Ausubel, 1976) que expresa la influencia de los conocimientos adquiridos anteriormente en la construcción del nuevo contenido.

Constituye un referente teórico en la comprensión de las capacidades en la formación profesional los trabajos de (Suárez, Dusu, y Sánchez, 2007) que las caracterizan como una formación que es síntesis en la personalidad y a la que le son propias formas peculiares de desenvolvimiento de los procesos psíquicos generalizados y condicionan el éxito en la actuación del individuo en su relación con el medio.

2.2. Modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería

En la modelación de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería, se hace necesario partir de la resignificación relacional matemática-ingeniería como posibilidad viable para enfrentar la solución de problemas docentes en su vinculación con el contexto profesional, de manera que a partir de la problemática dada en el campo de acción de la profesión, el estudiante pueda transitar por diferentes estadios para llegar a resolver el problema ingenieril aplicando los recursos de la modelación matemática, lo que contribuye a la pertinencia formativa.

Se trata entonces de que, en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática, el estudiante logre apropiarse de los métodos de la modelación matemática como recurso fundamental para llegar a la obtención de diseños propios del objeto de trabajo, lo que requiere del desarrollo de formas del pensamiento, que le permitan analizar y resolver problemas que se presentan en la realidad ingenieril, donde se integra lo académico, laboral e investigativo.

La apropiación de estos métodos, en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería, implica la interrelación entre los contenidos matemáticos y aquellos que forman parte de las diferentes disciplinas del currículo; así como entre estos contenidos y los requerimientos de los planes de estudio, que expresan las exigencias formativas del estudiante en correspondencia con el perfil profesional, dirigidas a que se

adquieran las capacidades necesarias para la caracterización de los procesos que se ejecutan en instituciones afines a la profesión, en aras de enfrentar los crecientes problemas que se presentan en su esfera de actuación.

Esta interpretación de la dinámica se realiza desde una mirada propia de la Matemática; pero armonizando con los diferentes elementos que intervienen en este proceso y en correspondencia con los enfoques epistemológicos y metodológicos asumidos, para ello se construye el modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería desde la sistematización del pensamiento matemático, lo que permite definir tres eslabones, que expresan los estadios o momentos por los que transita el proceso:

- Eslabón de conceptualización del Problema Matemático Ingenieril.
- Eslabón de formulación algebraica del Problema Matemático Ingenieril.
- Eslabón de generalización abstracta secuencial del Problema Matemático Ingenieril.

Estos eslabones, emergen como resultado de la relación dialéctica que se establece entre las configuraciones de la dinámica modelada, entendida como el proceso desarrollado en estadios sucesivos por el que transita la formación de la capacidad modeladora matemática, con la intencionalidad de la orientación matemática ingenieril, la generalización relacional matemática ingenieril y la modelación matemática.

Los eslabones se diferencian entre sí por las características del quehacer de los sujetos participantes en el proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en los diferentes momentos y por la naturaleza compleja, holística y dialéctica de este, pero a la vez se integran y condicionan dialécticamente, de manera que cada uno va expresando una nueva resignificación de la sistematización del pensamiento matemático, expresada por las contradicciones dialécticas que se establecen entre la abstracción e interpretación.

Las relaciones dialécticas entre las configuraciones como expresiones del proceso que se dan al interior de cada eslabón, son mediadas por otras configuraciones que constituyen su síntesis y a la vez fuentes del surgimiento de nuevas contradicciones, o sea, que el desarrollo del proceso transita por una sucesión de contradicciones y síntesis, que van generando cualidades de orden superior, que a la vez que expresan, superan a las anteriores, es decir, las niegan dialécticamente.

El eslabón de conceptualización del Problema Matemático Ingenieril emerge de la relación entre las configuraciones: Práctica matemática ingenieril – Abstracción numérica de la realidad tecnológica – Interpretación de datos técnico-cuantitativos – Orientación matemática ingenieril. (Figura 2.1).

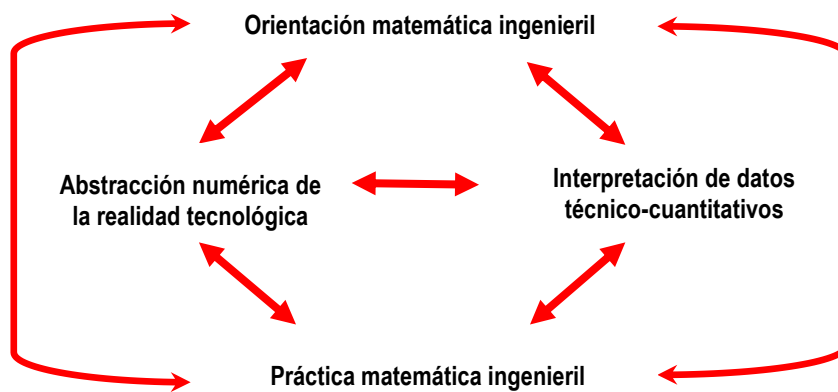


Figura. 2.1.- Conceptualización del Problema Matemático Ingenieril.

La conceptualización del Problema Matemático Ingenieril se dinamiza desde la relación que se establece entre la abstracción numérica de la realidad tecnológica y la interpretación de datos técnico-cuantitativos, procesos que se sintetizan en la práctica matemática ingenieril y se desarrollan con la intencionalidad de una orientación matemática ingenieril que permita al estudiante hacer generalizaciones de conceptos, formas de organización de datos y relaciones matemáticas en la exploración y análisis de situaciones problemáticas, relacionadas con la profesión, que se presentan en el contexto formativo.

La **abstracción numérica de la realidad tecnológica** es el proceso mental, mediante el cual se integran las formas del pensamiento a la lógica de solución de los problemas matemáticos ingenieriles; mediante la imaginación y percepción de la realidad; el conocimiento numérico y tecnológico implicado; así como las emociones y formas de actuación.

En este proceso se produce una transición de la representación mental de las condiciones o restricciones planteadas en la situación problemática y las relaciones

entre ellas, a una nueva representación numérica, como expresión de las relaciones entre las condiciones o restricciones expresadas en la anterior; es donde el estudiante, ante esta situación, por medio de la abstracción, hace una operación mental de simplificación numérica de la información que le proporciona la realidad, con el propósito de delimitar la cualidad que la tipifica.

En el análisis de la situación problemática se requiere propiciar primeramente un reconocimiento general y luego, desde una posición activa y responsable, participar en su solución, diferenciando y relacionando lo dado y lo buscado progresivamente; tratando de encontrar los elementos cognitivos que permiten resolver esta; mediante su recreación mental; desde la determinación de lo esencial del fenómeno, las propiedades de los objetos y las relaciones significativas que se establecen; así como el razonamiento lógico que conlleva a la estructuración y organización de la información que le proporciona la realidad.

La representación numérica de las relaciones entre lo dado y lo buscado esta subordinada a la realidad tecnológica, que determina las acciones del estudiante en la movilización de los medios necesarios encaminados a la obtención de un resultado deseado que responda a las exigencias del contexto, expresado en la intencionalidad transformadora del sujeto en la caracterización, explicación y justificación de las técnicas empleadas.

El proceso de abstracción numérica de la realidad tecnológica implica a todos los sujetos de forma individual y colectiva pero no se concreta en un mismo tiempo, por lo que se hace necesario no solo la interiorización de esta sino la discusión y

el intercambio en aras de lograr su reconocimiento, las restricciones que impone, y los medios disponibles para transformarla.

Lo anteriormente expuesto, es expresión de la dinámica encaminada a la abstracción numérica de la realidad tecnológica que no se consolida, si no es en su relación dialéctica con la interpretación de datos técnico-cuantitativos, como nueva configuración de esta dinámica, que enriquece el reconocimiento de esa realidad y en la que el estudiante avanza en el análisis de la situación problemática presentada.

Por tanto, la **interpretación de datos técnico-cuantitativos** es entendida como el proceso de reconstrucción de significados y sentidos de datos numéricos que, expresados en unidades de medidas, aportan información técnica en el análisis de situaciones problemáticas ingenieriles y contribuyen a caracterizar el objeto o fenómeno que se estudia desde el enriquecimiento progresivo de las estructuras cognitivas.

En este proceso el análisis consiste en examinar los datos, organizar y preparar la información, detectar fallos en su recogida, evaluación de datos ausentes y homogenizar las unidades de medidas; todo esto con el objetivo de resaltar la información útil y facilitar la comprensión de la situación problemática, evitando una irregularidad que pueda conllevar a contradecir un concepto matemático o un supuesto de la Ingeniería.

El conjunto de técnicas y procedimientos en la organización y manejo de los datos, su interpretación, la valoración de conceptos y supuestos, ligados a la

representación de relaciones cuantitativas y la significación ingenieril de las unidades de medición, implican formas de pensamiento matemático e ingenieril para la formalización de patrones de trabajo con datos e informaciones.

El profesor como guía de este proceso debe propiciar no solamente que los estudiantes se apropien de las técnicas de análisis de datos y su pertinencia en la búsqueda de solución, sino que también interpreten cada dato, la información que le proporciona, dado que se establece una contradicción entre lo cuantificable y lo técnico, por una parte el valor numérico como expresión de la exactitud matemática y por otra su unidad de medida que unido al contexto donde se manifiesta refiere el significado ingenieril, pero que dialécticamente se complementan y expresan lo esencial de cada dato, lo que permite su agrupamiento en correspondencia con los parámetros, condiciones o restricciones que impone la situación problemática.

La abstracción numérica de la realidad tecnológica se contrapone con la interpretación de datos técnico-cuantitativos, por una parte surge un cambio de nivel de representación donde se hace una operación mental de simplificación numérica de la información y por otra una reconstrucción de significados y sentidos técnicos de esa información pero que se complementan en el análisis de la situación ingenieril.

La abstracción matemática de la realidad tecnológica e interpretación de datos técnicos-cuantitativos, constituyen un par dialéctico que se manifiestan en la **práctica matemática ingenieril**, entendida como la configuración de la dinámica

del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero que expresa los vínculos entre los contenidos matemáticos adquiridos por el estudiante, impuestos por las exigencias profesionales y el contexto profesional donde se identifican los problemas ingenieriles, que requieren de herramientas matemáticas para su solución.

En la concreción del contenido, el profesor debe partir de aquellos conocimientos adquiridos anteriormente por los estudiantes, que sirven de soporte para incorporar los nuevos contenidos, objeto de estudio de la Matemática Superior, a las estructuras cognitivas.

Es en la práctica matemática ingenieril que el profesor debe tener presente los objetivos de la carrera, de la disciplina general integradora del año y la articulación que se deriva con las demás asignaturas que conforman el currículo, los periodos de práctica laboral investigativa y las condiciones propias de la institución, para que en la realización de las actividades que se conciben puedan ser utilizados aquellos contenidos matemáticos que correspondan al programa de estudio de la disciplina Matemática.

El objetivo se expresa en función de resolver problemas que se presentan en el ámbito de la ingeniería con la aplicación de la modelación matemática. Se requiere lograr que el estudiante reconozca la necesidad de resolver tales problemas impuestos por la realidad con el auxilio de los conocimientos y procedimientos que le proporciona la Matemática, que se sienta motivado a expresar esos problemas en términos de esta ciencia, dado que es el momento donde surge una

contradicción entre sus conocimientos y las exigencias de la situación problemática, esto es lo que hace que se proponga el objetivo de resolverlo.

Para lograr estos propósitos el profesor debe guiar el proceso con un enfoque, que posibilite presentar al estudiante determinadas situaciones problemáticas relacionadas con el perfil de la profesión que responda a su nivel de formación; que estén en estrecha relación con el círculo de ideas, conocimientos y experiencias vividas y donde se aprecie la necesidad del contenido matemático para su análisis para lograr una orientación matemática ingenieril.

La **orientación matemática ingenieril** es entendida como la configuración de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero síntesis del contenido matemático implicado en el análisis de situaciones problemáticas que, en correspondencia a las exigencias profesionales, favorece el desarrollo de las formas de pensamiento del estudiante; la capacidad de abstracción y el razonamiento lógico; la motivación, en la movilización de medios encaminados a la búsqueda de un resultado deseado; así como la interpretación de datos técnicos- cuantitativos.

Este proceso está encaminado a que el estudiante de manera vivencial aprecie las potencialidades de la Matemática en la valoración de situaciones que se presentan en el ámbito de la Ingeniería; comprenda la repercusión que tienen los conocimientos matemáticos adquiridos en la explicación y comprensión de conceptos, teorías y acontecimientos que se manifiestan en su contexto de formación profesional; pensar en el significado de los contenidos estableciendo

asociaciones con experiencias pasadas y las que estén siendo objeto de atención; el alcance de las habilidades matemáticas desarrolladas en niveles de enseñanza precedentes, la responsabilidad individual de sistematizarlas y convertirlas en herramientas elementales de la profesión.

Esto conduce a una integración de lo académico y lo laboral en la valoración de situaciones problémicas propias de la profesión, que se gesta en el desarrollo de la dinámica de formación de la capacidad modeladora matemática, en la que además de desarrollar el contenido matemático, se logra que los estudiantes adquieran la capacidad de realizar el análisis o la caracterización de datos relacionados con procesos ingenieriles que se ejecutan en algunas instituciones afines a la profesión, pues cuando el profesional que se forma se enfrenta a problemáticas profesionales debe adentrarse en sus esferas de actuación para poder interpretarlas, determinar qué aspectos ha de tomar en consideración y los medios a utilizar para resolver el problema; lo que conlleva a formalizar y simplificar la información respetando la clasificación de los elementos u objetos que intervienen y su significado contextual, las normas de escritura científica en términos matemáticos y el orden lógico al expresar las ideas.

Esto favorece a que el estudiante atendiendo las características significativas, relaciones que se establecen en la situación problémica y los contenidos matemáticos implicados, pueda realizar generalizaciones que desarrollan su pensamiento, o sea pueda trabajar a nivel conceptual, lo cual requiere que el profesor oriente la actividad de forma precisa pues se hace imprescindible que el estudiante generalice y que lo haga correctamente sobre los rasgos esenciales y

las relaciones internas de la situación problémica que se analiza, desde la abstracción y la interpretación de los elementos y datos significativos, lo que garantiza un conocimiento más profundo de la realidad y el desarrollo del pensamiento.

La aspiración de solucionar la situación problémica presentada que da lugar a la conceptualización del problema matemático ingenieril hace que surja la necesidad de expresarlo en términos matemáticos, utilizar un nuevo lenguaje que permita recrear la información de modo tal que facilite modelar las relaciones que se establecen entre los datos, condiciones y parámetros en la búsqueda de un nuevo planteamiento del problema matemático ingenieril que proporcione una idea enfocada a su solución.

El eslabón de formulación algebraica del Problema Matemático Ingenieril emerge de las relaciones que se establecen entre las configuraciones: Representación simbólica contextualizada – Abstracción algebraica de la realidad ingenieril - Interpretación semiótica del problema ingenieril - Comprensión matemática del problema ingenieril. (Figura 2).

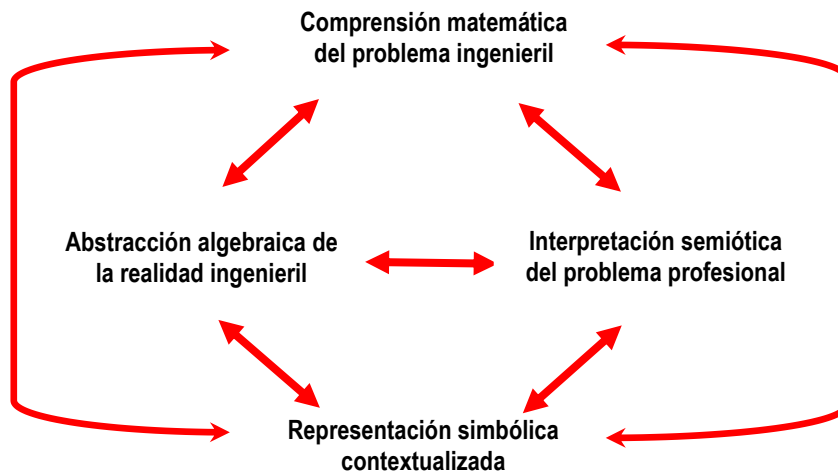


Figura. 2.2.- Formulación algebraica del Problema Matemático Ingenieril.

En la búsqueda de las interrelaciones que se establecen entre los símbolos matemáticos (variables) que expresan un significado surge una contradicción dialéctica con las operaciones a realizar; la incidencia que ejerce una variable sobre otra y la manera de reformular el problema matemático ingenieril con el empleo de estos símbolos o variables, lo que conlleva a una abstracción algebraica de la realidad ingenieril.

La **abstracción algebraica de la realidad ingenieril** es la configuración de la dinámica que deviene de un nivel más específico de abstracción del contexto donde se manifiesta el problema matemático ingenieril que, expresado en términos matemáticos con la utilización de números, variables y signos, hacen una recreación algebraica de la realidad ingenieril lo más holística posible.

En este proceso se hace una nueva reformulación algebraica abstracta del problema que aunque expresa una situación ingenieril lo convierte en un problema matemático donde intervienen valores numéricos que representan mediciones,

cantidades o magnitudes conocidas y determinadas; variables que simbolizan valores conocidos o desconocidos; así como el empleo de fórmulas, ecuaciones, sistemas de ecuaciones, inecuaciones y otros tipos de contenidos matemáticos que relacionan los datos disponibles y dan una idea clara del tipo de problema matemático que se enfrenta.

Esto conlleva a una exploración del conocimiento matemático del estudiante, de su dominio de los diferentes contenidos matemáticos implicados y el nivel de sistematización de las habilidades que se requieren para propiciar esa abstracción algebraica del problema y que garantiza vencer los obstáculos y limitaciones que impone la realidad y lograr su solución.

El profesor como mediador del proceso debe conducir el trabajo a la reflexión del estudiante sobre sus propias ideas de modo tal que reconozca el papel del lenguaje algebraico como herramienta para expresar lo más exacto posible y comunicar lo que acontece en el problema matemático ingenieril estimulándolos a extender su pensamiento acerca de objetos matemáticos (números, variables y medidas) y las relaciones entre ellos, así como también darles la oportunidad para que operen mentalmente con valores conocidos.

Es en la abstracción algebraica del problema donde surge la necesidad de relacionar los números y variables mediante operaciones que imponen las condiciones o restricciones del problema y por ende el contenido matemático a emplear, que llevan a la utilización de diferentes signos operacionales, de relaciones y de agrupamiento, apareciendo una nueva contradicción dialéctica, por

una parte el signo matemático que representa una operación o relación y por otra el significado que expresa en correspondencia a lo que se exige y se desea comunicar; lo que obliga a una interpretación semiótica del problema ingenieril como complementación del planteamiento algebraico del problema matemático ingenieril.

La **interpretación semiótica del problema ingenieril** es la configuración de la dinámica que expresa el proceso de resignificación donde surge la necesidad de explicar el empleo de signos matemáticos que en correspondencia con las condiciones que impone el problema matemático, describen las operaciones a realizar y su significado comunicativo.

La interpretación semiótica del problema ingenieril centra su atención sobre los sistemas de signos matemáticos y el contenido, las habilidades y capacidades desarrolladas durante el proceso formativo dado que en su sistematización generan la comprensión del conjunto de signos necesarios para expresar las ideas dentro del problema, las reglas para su utilización y el conjunto de relaciones entre los signos y sus significados. Además permite al estudiante proyectar su pensamiento y aprender a generar ideas, creando situaciones imaginarias que posibilitan establecer una nueva forma de prever situaciones en las cuales se proyecta los posibles mecanismos de solución de problemas afinando su capacidad creativa en diferentes ambientes y circunstancias.

La semiótica ayuda a la Didáctica en su tarea de entender el papel cognitivo que desempeñan los signos. El hecho de que los signos son portadores de

convenciones y formas culturales de significación hacen de la semiótica un campo muy situado para entender las relaciones entre los signos a través de los cuales piensan los individuos y el contexto cultural, que intenta dar cuentas de la complejidad discursiva.

Esto conlleva a que el profesor apoyado en la interpretación semiótica desarrolle un conjunto de actividades dirigidas a describir y comprender el problema en cuestión, que expresado en símbolos, valores numéricos y con el auxilio de los sistemas de signos y sus significados, permiten hacer una generalización de los objetos matemáticos y al mismo tiempo propiciar el discurso matemático donde el estudiante comprenda la necesidad de comunicar el papel de los sistemas matemáticos de signos, sus significados, las reglas matemáticas y la fenomenología que motiva la actividad matemática.

De esta forma la abstracción algebraica de la realidad ingenieril y la interpretación semiótica del problema ingenieril constituyen un par dialéctico que se sintetiza en la **representación simbólica contextualizada** configuración de la dinámica que expresa el significado de los símbolos matemáticos en la transformación de elementos y frases, que dan sentido a la realidad y que se manifiestan en el contexto del problema.

Este proceso de representación y transformación simbólica contextualizada se caracteriza por el tránsito del lenguaje literal estructurado en palabras y frases, expresadas en términos técnicos ingenieriles, al lenguaje simbólico matemático, como resultado del comportamiento adoptado por el estudiante, el uso consciente

de la lógica y del razonamiento en la autoexplicación del problema matemático profesional donde los símbolos pueden ser arbitrarios pero conforman un sistema que sujeto a reglas dan un sentido exacto de la realidad.

El lenguaje simbólico matemático se utiliza para expresar las ideas y condicionantes del problema sin ambigüedad por lo que no puede verse solamente como recurso para abreviar la información; sino que configura un enunciado preciso de la relación cuantitativa entre variables que proporcionan el análisis riguroso de planteamientos y datos conocidos o desconocidos, o sea aquellos que constituyen incógnitas y que expresan el objetivo de resolución del problema.

El profesor como facilitador de este proceso debe considerar la independencia de pensamiento del estudiante; así como las acciones concretas que propone derivadas de las abstracciones que conllevan al empleo de símbolos y encaminar el trabajo matemático al reconocimiento de estos símbolos o variables para representar datos o entidades conceptuales que expresan un significado, lo que exige el dominio de la sintaxis del lenguaje simbólico matemático, la comprensión de su semántica y su relación con el contexto.

La **comprensión matemática del problema ingenieril** es entendida como la configuración de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero, síntesis del trabajo matemático dirigido a expresar el problema matemático ingenieril en términos algebraicos con la

utilización de símbolos, números y signos que describen el significado semiótico de las relaciones que se establecen en la realidad ingenieril.

En el proceso de comprensión matemática del problema ingenieril se establecen las relaciones y contradicciones dialécticas entre la matemática y la ingeniería en el análisis, comprensión y valoración de situaciones problémicas, por una parte el trabajo matemático que consiste en detectar el alcance de aplicación de contenidos, objetos matemáticos y algoritmos en función de resolver problemas y situaciones que se presentan en el campo de la ingeniería y por otra la necesidad ingenieril de explicar y fundamentar planteamientos y situaciones con una estructura lógica que conlleva al uso de teorías, conceptos y procedimientos matemáticos; o sea ambas ramas se complementan con el objetivo de formular explícitamente el problema matemático ingenieril.

Este proceso favorece la utilización de símbolos y signos matemáticos en la comunicación del estudiante, usados para indicar objetos y significados que aparecen en la realidad ingenieril y expresar relaciones en un lenguaje algebraico que constituyen en sí mismo generalizaciones de mayor nivel que favorecen la construcción de un esquema o andamiaje que estructura al problema ingenieril como patrón determinante para verbalizar sus generalizaciones y registrarlas simbólicamente en una descripción algebraica simplificada.

En la estructuración lógica del problema ingenieril y su ascenso hacia el modelo matemático se va consolidando la comprensión como proceso que implica formas de pensamiento de orden superior como la abstracción, pensamiento holístico,

visualización, flexibilidad de razonamiento, que van asociadas a la formación y desarrollo de capacidades para modelar matemáticamente.

El profesor debe considerar este momento, de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática, propicio para el desarrollo del componente investigativo dado que en la formulación algebraica del modelo matemático ingenieril los estudiantes organizan y generalizan datos e informaciones, exploran patrones, utilizan variables y signos, se dedican a detectar similitudes y diferencias, clasificar, buscar algoritmos, conjeturar, argumentar, establecer relaciones y significados entre elementos que conforman el problema, se interesa por descubrir lo nuevos contenidos y tecnologías, que conlleva al desarrollo de habilidades que son fundamentales en el trabajo investigativo.

Es en este eslabón de la dinámica, la relación conexas que se establece entre los procesos de abstracción e interpretación, desde la representación simbólica contextualizada que transita por niveles superiores de generalización, permiten la comprensión matemática del problema ingenieril, que se formula en términos algebraicos, o sea donde se obtiene el modelo matemático a partir del cual se hacen clasificaciones, comparaciones con otros modelos, determinación de técnicas procesales y pronósticos de solución que se expresan en el hacer matemático mediante el lenguaje simbólico algebraico que exige la necesidad de resolverlo.

El eslabón de generalización abstracta secuencial del Problema Matemático Ingenieril emerge de las relaciones que se establecen entre las configuraciones:

Reconstrucción matemática de la realidad ingenieril - Abstracción matemática de la región factible - Interpretación de alternativas tecnológicas - modelación matemática ingenieril (Figura 3).

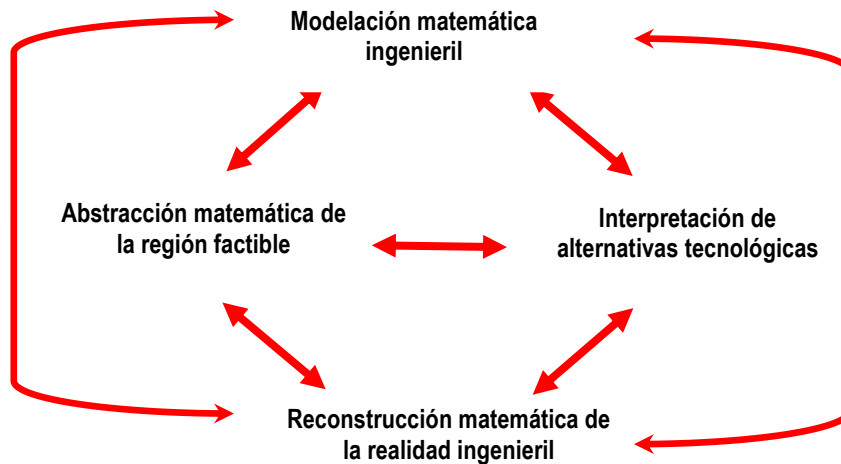


Figura. 2.3.- Generalización abstracta secuencial del Problema Matemático Ingenieril

Es en esta interactividad progresiva de acciones para obtener el resultado deseado se produce la **abstracción matemática de la región factible** como nueva configuración de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática que expresa un elevado nivel de profundidad en el accionar metodológico concreto para llegar a un resultado atendiendo al tipo de modelo, su naturaleza y características de selección de la mejor solución del problema matemático ingenieril.

En este proceso se valora si la solución a obtener es abierta o cerrada; o sea si el modelo matemático indica que es de solución única o tiene infinitas soluciones de lo que se deriva su nivel de complejidad en la búsqueda de la respuesta matemática y que conlleva a utilizar métodos analíticos o numéricos con el

objetivo de reducir la zona de solución; o sea llegar a la región factible donde se puedan seleccionar entre varias posibles soluciones, teniendo en cuenta la que mejor responda a las exigencias del problema matemático ingenieril.

Esto implica que el profesor en la concepción de este proceso considere no solamente el tema o momento apropiado para su ejecución sino las condiciones bajo las cuales se va a llevar a cabo el proceso; el dominio de los métodos analíticos y numéricos que permita al estudiante establecer diferencias y ventajas que proporcionan cada uno de ellos y hacer un análisis riguroso de la metodología a utilizar con el afán de transformar el proceso de modelación en resultados matemáticos concretos; las habilidades elementales para el uso de herramientas de computo tales como tablas, calculadoras y computadores; así como la posibilidad de utilización de utilitarios matemáticos y la introducción gradual de software profesionales.

Es en la selección de la mejor de las alternativas donde este proceso de abstracción numérica de la región factible genera una contradicción con el significado y repercusión tecnológica que tiene cada una de ellas en la satisfacción óptima de la situación problémica presentada que dio origen al problema matemático ingenieril; o sea con la **interpretación de alternativas tecnológicas**, pero que dialécticamente se complementan con un mismo objetivo.

La **Interpretación de alternativas tecnológicas** constituye la configuración de la dinámica modelada que exige un elevado nivel de resignificación que deviene de la relación progresiva de las acciones que se ejecutan con el objetivo de

determinar la respuesta acertada del modelo matemático en correspondencia con las exigencias que impone la solución del problema matemático ingenieril.

Este proceso se caracteriza por la actividad del estudiante que en todo momento se concentra en la interpretación de cada una de las alternativas, la implicación y el nivel de transformación que sobre el modelo ejercen cada una de ellas y su correspondencia con las exigencias de la situación problémica en aras de hacer valoraciones que conlleven a tomar la mejor solución.

Las acciones que realiza el estudiante para determinar la mejor alternativa posibles permiten que se sistematicen sus conocimientos y habilidades en la obtención de un resultado; lo mantienen activo y en constante intercambio con los demás miembros del grupo confrontando ideas y resultados. El trabajo del profesor se reduce a garantizar las condiciones necesarias para la ejecución de la actividad; propiciar al estudiante autonomía en su realización favoreciendo que se sienta responsable en la obtención de la respuesta a las incógnitas del modelo matemático y provocar el debate colectivo cuando se halla arribado al resultado para exponer criterios y valoraciones matemáticas.

Es precisamente en estas valoraciones y exposiciones de criterios matemáticos que el estudiante aprecia la efectividad del método utilizado que da respuesta al modelo matemático, pero siente la necesidad o preocupación profesional de explicar la solución del problema matemático ingenieril sobre la base del significado tecnológico.

La configuración de **reconstrucción matemática de la realidad ingenieril** es entendida como un proceso dinámico, complejo y contradictorio de aprehensión de un sistema de acciones concretas que se manifiestan en la práctica matemática, requeridas para la aplicabilidad del modelo matemático, las técnicas y medios, que en interactividad adquieren un nuevo significado y se dirigen a solucionar el problema.

Es en este proceso donde se realiza una reconstrucción del significado holístico del modelo matemático que expresa la evolución de la noción y desarrollo conceptual del problema matemático ingenieril dado que es en la práctica matemática con las herramientas teórico-metodológicas que el estudiante comprende la potencialidad de los objetos matemáticos, cómo se originan y las causas que propiciaron su desarrollo; permite describir, caracterizar y explicar situaciones ingenieriles mediante elementos lingüísticos, procedimientos, conceptos, propiedades y argumentos que intervienen en las prácticas matemáticas. Los significados de esta matematización de la realidad ingenieril permiten al estudiante construir una nueva matemática o reconstruir la ya estudiada de forma positiva y creativa en función de sus necesidades contextuales.

Este proceso propicia que el estudiante de modo individual y en discusión colectiva tipifique el modelo matemático en correspondencia con el alcance y características de los contenidos estudiados; pronostique mentalmente el tipo de solución sobre la base de las exigencias impuestas por la situación problémica y

representadas en el modelo como incógnitas; así como las técnicas y medios a emplear para obtener la solución.

Esto conlleva al estudiante a valorar y pronosticar sobre las consecuencias de una forma específica de proceder para resolver un problema; a pensar antes de actuar; de predecir cómo serán las acciones en la ejecución de una actividad y lo habitúa a realizar esta “práctica cognitiva previa” con mayor eficacia para elegir la opción más segura y eficiente que conduzcan a la obtención de un resultado.

La **modelación matemática ingenieril** es entendida como la configuración de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero síntesis de las relaciones que se manifiestan en la práctica matemática como resultado de los procesos de abstracción e interpretación y que conduce a la reconstrucción de significados que dan forma a situaciones ingenieriles expresadas en un modelo matemático.

Es en este proceso donde el modelo matemático adopta un nuevo significado que lo hace relacionar con la situación problémica que lo origina dado que en la interpretación de las alternativas, en el cumplimiento lógico de las condiciones que conforman el problema, es que se aprecia su exactitud y potencialidad, es donde se valida ingenierilmente su eficiencia.

Esto conlleva a que el profesor tenga presente el desarrollo del pensamiento ingenieril y conduzca el proceso de modo tal que el estudiante pueda apreciar en la interpretación del resultado matemático desde la ingeniería la concreción de sus aspiraciones en la solución del problema; la resignificación del proceso de

modelación, que tiene su origen en la ingeniería, mediado por la Matemática pero que el resultado responde nuevamente al campo ingenieril; propiciar el debate entre los estudiantes donde aporten ideas sobre las acciones realizadas a partir de la situación problémica hasta la respuesta ingenieril.

Así, la realización de acciones con un propósito de determinar la solución del problema matemático ingenieril es producto del desarrollo que van alcanzando los estudiantes a través de todo el proceso de la dinámica modelada, que expresa que en la medida que se adquieren y se sistematizan conocimientos teóricos-prácticos, habilidades y destrezas en la modelación matemática de situaciones ingenieriles se llega a dominar la acción a manera de “saber hacer”, condición indispensable para lograr la idoneidad en la realización de cualquier actividad.

Sistemas de relaciones establecidas en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero.

En esta modelación, se definen tres relaciones fundamentales:

- Relación de orientación praxiológica matemático-ingenieril.

La práctica matemática ingenieril, constituye la base de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero, como un proceso consciente y en permanente transformación. Su intencionalidad es la orientación matemática ingenieril del estudiante, mediante abstracciones e interpretaciones que facilitan el reconocimiento tecnológico y la presencia de datos técnicos – cuantitativos en una situación problémica de la realidad, con el objetivo de expresarla en términos matemáticos.

- Relación de comprensión matemática desde representaciones simbólicas contextualizadas.

En un segundo momento de la dinámica modelada, se evidencia la sistematización del pensamiento matemático en la abstracción algebraica y la interpretación semiótica que permiten, desde las representaciones simbólicas contextualizadas a la realidad ingenieril, transformar el problema matemático ingenieril a un lenguaje algebraico lo que facilita su comprensión.

- Relación de modelación matemática generalizada de la realidad ingenieril.

En un tercer momento de la dinámica del proceso de formación del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero, se aprecia que el modelo matemático que se obtiene para la solución del problema matemático ingenieril conlleva a una reconstrucción de la realidad ingenieril como expresión de la práctica matemática que exige mayores niveles de abstracción e interpretación, con la finalidad de obtener una generalización de la modelación matemática ingenieril.

Regularidad del modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero.

La regularidad fundamental del modelo se expresa en la lógica integradora que se logra en la dinámica modelada mediante los procesos de abstracción e interpretación que conllevan a niveles superiores de sistematización del pensamiento matemático para la formación de la capacidad modeladora

matemática y como expresión de la relación entre la conceptualización, formulación algebraica y generalización del problema matemático ingenieril.

2.3. Estrategia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática

La estrategia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero se elabora sobre la base del modelo de su dinámica reflexiva y se concibe como una estrategia didáctica dado que se pretende la transformación de dicho proceso para el logro de los objetivos propuestos en un tiempo concreto, lo que queda determinado por las nuevas relaciones que se establecen en el modelo elaborado.

La modelación matemática en las carreras de Ingeniería comienza a tratarse a partir de la disciplina Matemática pero es abordada en otras del currículo por la necesidad de su aplicación en la solución de problemas ingenieriles. Lograr este fin requiere que el proceso de apropiación de sus contenidos se aborde desde nuevas configuraciones, identificadas a través del análisis de este objeto, por lo que en la concepción del mismo adquiere gran importancia esta particularidad.

Tomando en consideración las particularidades del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática y lo expresado por Armas (2003) sobre la elaboración de las estrategias, Rodríguez (2000) y Fuentes (2009), desde una mirada holístico-dialéctica se concibe una estrategia donde operacionalmente las etapas planteadas constituyen estadios sucesivos en que transita el proceso, estando en correspondencia con los eslabones revelados en el modelo teórico y

donde el establecimiento de las acciones a realizar deberán ser ejecutadas por los sujetos responsabilizados.

Para construir esta estrategia se delimitan aspectos como: (Figura. 4)

- Determinación de premisas y requisitos para su implementación.
- Objetivo general.
- Diagnóstico integral.
- Determinación de las etapas.
- Precisión de los objetivos específicos de cada etapa.
- Sistema de acciones para cada etapa.
- Orientaciones metodológicas generales para su instrumentación.
- Sistema de control y evaluación de la efectividad de las acciones realizadas.

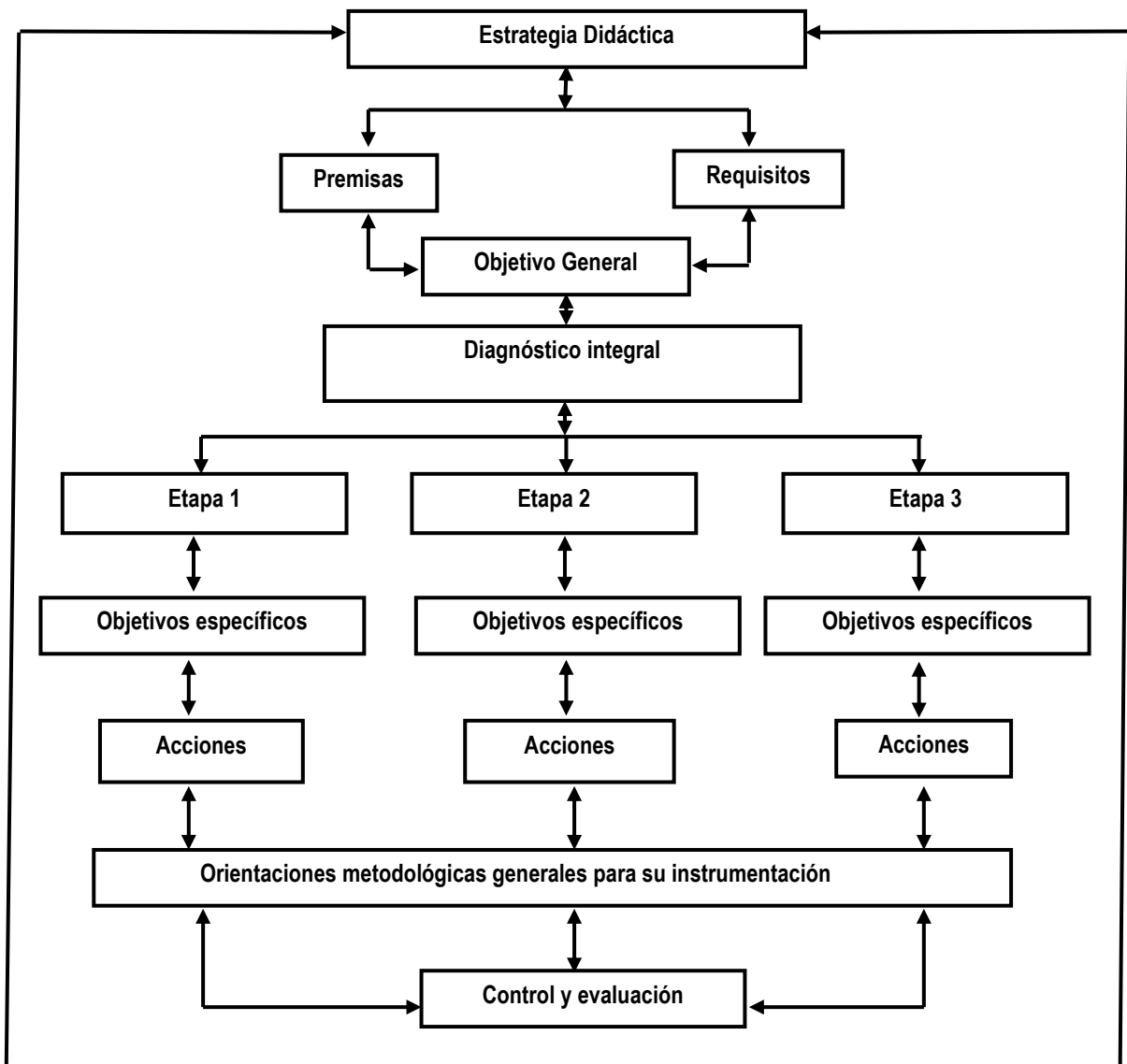


Figura. 2.4.- Estrategia de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero.

Las **premisas** constituyen las condiciones previas y externas al proceso, con existencia independiente a una voluntad determinada. En este sentido, deberán precisarse las siguientes:

- La concientización de los estudiantes y profesores ante la necesidad del perfeccionamiento del proceso de formación matemática dirigido al desarrollo de capacidades.
- La necesidad de un claustro de profesores altamente críticos y reflexivos, con capacidad plena para comprender la influencia de los avances científicos y tecnológicos en la transformación cualitativa del proceso de formación profesional del ingeniero.
- La estructuración de los contenidos y procedimientos de solución de problemas y ejercicios, que potencien el desarrollo del pensamiento lógico matemático y el pensamiento ingenieril de los estudiantes.
- La motivación de los estudiantes y visión estratégica de los profesores ante la necesidad de solucionar problemas contextualizados al perfil ingenieril donde el proceso de modelación matemática sea cada vez más significativo.

Los **requisitos** básicos son:

- La valoración y análisis de los problemas matemático ingenieriles y sus soluciones, deben estar favorecidas por la riqueza de los conocimientos previos que poseen los estudiantes y las experiencias del profesor como orientador del proceso.
- El proceso de modelación matemática de problemas ingenieriles y sus soluciones no puede ser una labor mecánica, ni premeditada, sino lógica, consciente de los resultados y del impacto que puede tener en la transformación de la sociedad.

- La conducción del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática, debe estar apoyado en la problematización, contextualización, relación entre matemática e ingeniería, así como en el elevado grado de responsabilidad en la atribución de nuevos sentidos y significados.

Por otra parte, es importante definir los factores contextuales que condicionan el desarrollo del proceso, y aquellas cualidades que explican y singularizan una lógica en el movimiento del objeto.

Los factores contextuales estarán en correspondencia con el propio accionar de los profesores. Abarcarán las fortalezas y debilidades que poseen los estudiantes en cuanto a la comprensión de la realidad tecnológica; la identificación y solución de problemas a partir de sus experiencias y conocimientos previos; la relevancia de los contenidos matemáticos en el fortalecimiento de la ingeniería y el desarrollo de habilidades lógicas de pensamiento.

Objetivo general: Orientar la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería mediante la sistematización del pensamiento matemático ingenieril desde los procesos de abstracción e interpretación.

Diagnóstico del estado actual de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero.

El objetivo del diagnóstico del estado actual de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero, es identificar

las limitaciones existentes en este proceso, que influyen en el razonamiento lógico de los estudiantes para la solución de problemas ingenieriles.

En la realización de este diagnóstico se recomienda la aplicación de encuestas a estudiantes y profesores, guías de observación a clases, revisión de programas de disciplina y exámenes aplicados. Sus resultados fundamentan la necesidad de aplicación de la estrategia.

Los indicadores evaluativos para la realización del diagnóstico:

- Relación que se establece entre la Matemática y las disciplinas que componen el plan curricular del ingeniero.
- Grado de concreción de los contenidos matemáticos en correspondencia con las exigencias profesionales del ingeniero y la solución de problemas.
- Nivel de empleo de la representación simbólica contextualizada de problemas profesionales.
- Grado de interpretación de los resultados de los problemas matemático ingenieriles en correspondencia con las necesidades de aplicación en la práctica ingenieril.
- Protagonismo de los estudiantes en la propuesta de métodos y alternativas de solución, fundamentación algebraica del proceso de solución de problemas y validación ingenieril de los resultados.

- Empleo de metodologías, asistentes matemáticos y programas computacionales especializados (Software) en el proceso de análisis y solución de problemas ingenieriles.

Estos indicadores evaluativos, desempeñan un rol trascendental para la implementación de la estrategia propuesta, porque permiten a los sujetos implicados en este proceso, la identificación de los aspectos esenciales que están siendo inconsistentes en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática, así como la comprensión de las limitaciones que poseen los estudiantes en cuanto al análisis de situaciones profesionales, recopilación y procesamiento de datos, el empleo de métodos y alternativas de solución de problemas y el manejo eficiente de las nuevas tecnologías aplicadas al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática.

Determinación de las etapas.

Etapas 1.- Conceptualización del Problema Matemático Ingenieril.

Etapas 2.- Formulación algebraica del Problema Matemático Ingenieril.

Etapas 3.- Generalización abstracta secuencial del Problema Matemático Ingenieril.

Etapas 1.- Conceptualización del Problema Matemático ingenieril

Objetivo específico: Sistematizar el pensamiento matemático ingenieril desde la abstracción numérica de la realidad tecnológica y la interpretación de datos técnico-cuantitativos.

Acciones específicas:

Favorecer la sistematización del pensamiento matemático ingenieril a través de:

1.- Valoración de las exigencias profesionales impuestas por la situación presentada.

2.- Determinación de la responsabilidad personal y colectiva en la búsqueda de la solución a la situación profesional presentada.

3.- Interpretación individual de la realidad tecnológica y determinación de los elementos técnicos que intervienen en la situación profesional:

- La presencia de datos numéricos, mediciones, figuras geométricas y relaciones.

- Fomento del interés por el conocimiento tecnológico, la función que tienen los distintos elementos que forman parte de la situación y la repercusión social.

4.- Debate colectivo que propicie la determinación de los datos cuantitativos que intervienen en la conformación del problema ingenieril.

5.- Reconocimiento de las relaciones que se establecen entre los contenidos matemáticos y los datos técnico-cuantitativos.

- Motivación hacia el estudio de la matemática a partir de debates y conversatorios que conlleven a resaltar su importancia en el análisis de datos e informaciones.

- Implicación de los diferentes temas matemáticos estudiados en la recolección y organización de información.

6.- Conformación del problema matemático ingenieril.

- Precisando las normas de escritura científica de modo tal que exista un orden lógico al expresar las ideas en correspondencia con la situación profesional.

Acciones de apoyo:

7.- Coordinar consultas para brindar niveles de ayuda a los estudiantes para la identificación y proyección hacia la solución de problemáticas, por parte del profesor de Matemática, el profesor que dirige la disciplina principal integradora y trabajadores de centros afines a la profesión designados como tutores.

Etaa 2.- Formulación algebraica del Problema Matemático ingenieril.

Objetivo específico: Sistematizar el pensamiento matemático ingenieril desde la abstracción algebraica de la realidad ingenieril y la interpretación semiótica del problema profesional.

Acciones específicas:

Favorecer la sistematización del pensamiento matemático ingenieril a través de:

8.- Interiorización del problema matemático ingenieril, la información de la que se dispone y el objetivo que se persigue.

9.- Estructuración matemática de la información y agrupamiento de datos según las características de los mismos.

- Utilización de tablas, esquemas y figuras de análisis.

10.- Consideración de los elementos técnicos que se manifiestan en el contexto ingenieril.

11.- Representación simbólica contextualizada, expresada con el empleo de variables, símbolos e iconos.

12.- Planteo algebraico de la información de la que se dispone según las variables designadas, relaciones que se establecen entre ellas e imposiciones propias de la realidad ingenieril.

13.- Descripción del problema matemático ingenieril de acuerdo con las restricciones que se manifiestan con el empleo de representaciones, esquemas y diferentes contenidos matemáticos apoyados en signos operacionales y de relaciones.

14.- Predicción de la vía de solución mediante procedimientos matemáticos sustentados en la lógica ingenieril.

Acciones de apoyo:

15.- Establecer conversatorios, seminarios y consultas individuales por parte del profesor de matemática, modelación, optimización de procesos y tutores seleccionados con la finalidad de establecer los momentos fundamentales y las características en la concepción del modelo matemático.

16.- Orientar de estudio independiente a los estudiantes de problemas ingenieriles modelados resueltos de diferentes tipos y niveles de complejidad y proponer otros no modelados.

Etapa 3.- Generalización abstracta secuencial del Problema Matemático Ingenieril

Objetivo específico: Sistematizar el pensamiento matemático ingenieril desde la abstracción matemática de la región factible y la interpretación de alternativas tecnológicas.

Acciones específicas:

Favorecer la sistematización del pensamiento matemático ingenieril a través de:

17.- Establecimiento de los elementos y recursos a utilizar para la obtención de la solución.

- Análisis del tipo de modelo.
- Empleo de técnicas de solución.
- Disponibilidad de medios, tablas matemáticas, instrumentos de medición y computadoras.

18.- Determinación de la metodología a seguir para obtener la solución del problema profesional.

- Establecimiento de un debate donde los estudiantes asuman una posición científica, metodológica y tecnológica que les permita argumentar lógicamente sus posicionamientos.

19.- Aplicación del método matemático correspondiente y obtención de los resultados.

- Métodos de desarrollo manual.

- Utilitarios matemáticos.
- Software profesional.

20.- Argumentación de los resultados matemáticos del modelo aplicado según la significación ingenieril que expresan como vía para la corrección de equivocaciones interpretativas, mediante técnicas de confrontación de ideas.

Acciones de apoyo:

21.- Planificar talleres y conferencias sobre la modelación matemática y métodos de solución en función de la solución de problemas ingenieriles.

Orientaciones metodológicas generales para la instrumentación de la estrategia:

1.- Publicar y facilitar a todos los implicados el modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática y la estrategia.

2.- Elevar los niveles de motivación en los profesores y tutores, a partir de la comprensión de los objetivos de la estrategia y la responsabilidad individual en su desarrollo.

3.- Analizar el orden estructural de los contenidos del programa de matemática, los contenidos tratados en las demás disciplinas del año y los periodos de prácticas laborales.

4.- Considerar los objetivos y las habilidades generalizadoras de los campos de acción involucrados y la asignatura integradora del año.

5.- Precisar las formas y tipologías de clases para abordar y evaluar las distintas temáticas de una determinada disciplina, ya sea mediante clases teóricas y prácticas (conferencias, clases prácticas, seminarios, talleres y laboratorios virtuales) o a través de la investigación científica y la práctica laboral.

6.- Orientar la bibliografía específica y complementaria para elevar los niveles de apropiación de los contenidos tratados en una determinada temática.

7.- Incentivar en los estudiantes la búsqueda de información específica y complementaria en centros de estudios de las especialidades de ingeniería y sitios Web, como vía para profundizar en el contenido y desarrollar nuevas habilidades tecnológicas.

8.- Crear grupos científicos estudiantiles y proyectos para solucionar problemas profesionales, en contextos diversos, de modo que se favorezca la motivación por la modelación matemática y la integración de los tres componentes del proceso enseñanza-aprendizaje.

Control y evaluación de la estrategia

La estrategia tendrá un carácter flexible permitiendo realizar las adecuaciones pertinentes en cada una de sus fases, en la medida que se vayan cumpliendo las acciones planificadas o aparezcan otras que enriquezcan su implementación.

El control se materializa en el sistema de evaluación del cumplimiento de las acciones propuestas y las transformaciones que van ocurriendo en el desempeño de los estudiantes, al manifestar su nivel de idoneidad y habilidades para modelar matemáticamente problemas de la profesión.

Lo cual implica que la evaluación inicia desde la publicación de la estrategia, considerando la motivación lograda al respecto y la disposición de estudiantes y profesores para su implementación, por lo que no constituye un último estadio en la concreción de la estrategia, sino un elemento dinamizador de cada una de las etapas del proceso.

La evaluación de los cambios que se producen en los estudiantes se realizara sistemáticamente durante la aplicación de la estrategia y al finalizar cada fase se utilizaran técnicas individuales para medir el cumplimiento de los objetivos específicos; al respecto se determinan los siguientes indicadores:

- Nivel de precisión para formular, desarrollar y presentar propuestas de solución de problemas prácticos.
- Grado de exactitud en la aplicación desde la formulación de problemas de criterios de diseño, cálculos, mediciones, construcciones y operaciones propias de la profesión.
- Nivel de precisión en la selección de procedimientos matemáticos en relación con la solución de problemas ingenieriles, en correspondencia con las necesidades de aplicación y disponibilidad tecnológica.
- Nivel de argumentación de los procedimientos, métodos y técnicas empleados en la solución de problemas profesionales.
- Nivel de profundidad en la valoración ingenieril de los resultados del modelo matemático.

Indicadores para la evaluación general de la estrategia:

- Correspondencia entre las acciones propuestas y las exigencias requeridas para el fortalecimiento de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero.
- Pertinencia del diagnóstico realizado.
- Cumplimiento del objetivo general de la estrategia.
- Cumplimiento de los objetivos específicos de cada una de las etapas.
- Efectividad de las acciones desarrolladas.
- Facilidades de implementación de la estrategia diseñada y las necesidades específicas del contexto en que se aplica.
- Correspondencia entre las acciones implementadas y las perspectivas de desarrollo del pensamiento lógico matemático e ingenieril de los estudiantes

Conclusiones parciales del capítulo 2

- La modelación de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero permitió revelar tres eslabones, portadores de cualidades fundamentales de este proceso, el eslabón de conceptualización del Problema Matemático Ingenieril, eslabón de formulación algebraica del Problema Matemático ingenieril y eslabón de generalización abstracta secuencial del Problema Matemático Ingenieril, desde las cuales se potencia una estrategia metodológica para el proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería que contribuye a perfeccionar la práctica socio-profesional del ingeniero.

- Se precisa como sistema de relaciones del proceso modelado: la relación de orientación praxiológica matemático-ingenieril, relación de comprensión matemática desde representaciones simbólicas contextualizadas y la relación de modelación matemática generalizada de la realidad ingenieril.
- Se revela, del análisis realizado, como regularidad esencial del modelo, la lógica integradora que se logra en la dinámica modelada mediante los procesos de abstracción e interpretación que conllevan a niveles superiores de sistematización del pensamiento matemático para la formación de la capacidad modeladora matemática y como expresión de la relación entre la conceptualización, formulación algebraica y generalización del problema matemático ingenieril.
- El modelo propuesto fundamenta la estrategia didáctica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero, en el que se dinamiza la relación hipotético-metodológica entre lógica del pensamiento matemático y la lógica del pensamiento ingenieril.

CAPÍTULO 3

VALORACIÓN Y CORROBORACIÓN DE LOS RESULTADOS INVESTIGATIVOS

3. VALORACIÓN Y CORROBORACIÓN DE LOS RESULTADOS INVESTIGATIVOS

En el presente capítulo se exponen los resultados de las valoraciones realizadas en talleres de socialización y mediante criterio de expertos del modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería y la estrategia, como vía para su implementación. Se ejemplifican acciones en el primer año de la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” en el curso 2013-2014 y se presentan los resultados obtenidos en la transformación de los estudiantes.

3.1. Valoración de la pertinencia del modelo y la estrategia mediante talleres de socialización

El modelo de la dinámica del proceso de formación matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería y la estrategia fueron presentados en talleres de socialización para valorar su pertinencia científico-metodológica. El intercambio realizado con los participantes posibilitó el perfeccionamiento de la propuesta para favorecer la aplicación de métodos matemáticos en la solución de problemas ingenieriles.

Previo a la realización de cada taller se les envió a los integrantes un material con los objetivos que se proponen, su importancia y un resumen de los aspectos relevantes de la propuesta. Este incluía sustentos teóricos y caracterización del modelo y la estrategia. Así, los participantes asistieron a cada sesión con una idea previa y criterios que se socializaron y reconstruyeron en el debate.

En la ejecución de los talleres se inicia con la presentación del fundamento teórico del modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería y se enfatiza en los factores que intervienen para la ejecución de las acciones de la estrategia.

Se realizó un primer taller en la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”. Se contó con la presencia de 15 especialistas en la rama del saber, de esta institución, siete doctores y ocho másteres en Ciencias Técnicas. Entre los presentes se encontraba el Decano y la Vicedecana de Investigaciones. Los planteamientos realizados en este taller coincidieron en la pertinencia y actualidad de la propuesta, aunque se evidenció que algunos profesores desconocían las potencialidades de la modelación matemática en la interacción con los procesos ingenieriles.

En general se valoró muy positivo trabajar en el perfeccionamiento de la dinámica del proceso de formación matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería dirigido a la formación de la capacidad modeladora matemática y en particular que se plantee la necesidad de implicar a todas las asignaturas, lo que fortalece la interrelación entre estas y contribuye a la solidez de los conocimientos matemáticos y al desarrollo de habilidades propias del profesional de ingeniería, así como la utilización del lenguaje matemático en la representación y explicación de procesos y fenómenos. Se enfatizó en la necesidad del vínculo entre materias, lo que garantiza la aplicación de las herramientas matemáticas en la solución de los problemas ingenieriles reales, se coincide que esto debe estar fundamentado

en el trabajo interdisciplinario, como aspecto prioritario y decisivo que incide favorablemente en la mejora de la práctica profesional.

El segundo taller fue desarrollado en el departamento de Matemática de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”, este fue presidido por el jefe del Departamento, Doctor en Ciencias Técnicas, además se contó con la presencia de cinco doctores (dos en el área pedagógica y tres en Ciencias Técnicas) y siete másteres en Ciencias. Se valoraron los principales señalamientos del taller anterior y las adecuaciones que estos implicaron, se insiste en la necesidad de ofrecer no solo criterios sobre la propuesta, sino ideas para su perfeccionamiento y considerar la experiencia de los profesionales.

En esta ocasión existió opinión generalizada en cuanto a la novedad de los resultados, los niveles de argumentación de la propuesta fueron satisfactorios. Se considera positiva la lógica que se establece para el proceso de formación matemática y la formación de la capacidad modeladora matemática que no solo tiene en cuenta el trabajo de la disciplina para dar respuesta a las necesidades de este profesional en formación. Se recomienda socializar el trabajo para que los profesores de las disciplinas que inciden en la formación de este profesional se documenten sobre este particular y revisar la redacción de algunas acciones para ganar en claridad en cuanto a su intencionalidad.

3.2. Valoración de la pertinencia del modelo y la estrategia mediante criterio de expertos

La aplicación del método se estructuró en dos fases, la primera consistió en el proceso de selección de los profesionales capaces de realizar valoraciones objetivas sobre las propuestas y la segunda se corresponde con la determinación del consenso de los criterios emitidos por los expertos.

El proceso de selección de los expertos se inicia con la aplicación de una encuesta a los profesionales seleccionados como posibles expertos para determinar el coeficiente de competencia antes de someter a su valoración los resultados de la presente investigación (Anexo 7). Una vez obtenidos sus criterios valorativos se procedió al análisis de los resultados utilizando la secuencia metodológica del Método Delphy, el que estuvo orientado, hacia una adecuación más coherente en cuanto a las fuentes de argumentación empleadas (Cruz y Martínez, 2012).

Se seleccionaron como posibles expertos 26 profesionales de la Educación Superior, profesores de Matemática y profesores de Ciencias Técnicas. El grupo de candidatos quedó conformado por 26 profesores de la Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez", 21 del Departamento de Matemática y cinco de la Facultad de Ciencias Técnicas, que tienen experiencia en el trabajo con la modelación matemática.

Tomando como criterio de inclusión un coeficiente de competencia mayor a 0,75 (alta), fueron elegidos finalmente 23 profesores en calidad de expertos para la

valoración de los resultados de la investigación. El 87 % (20) de los seleccionados posee más de 10 años de experiencia docente en la Educación Superior, ocho (35 %) tienen el grado científico de Doctor (cinco en Ciencias Técnicas y tres en Ciencias Pedagógicas), 15 (65 %) son másteres (tres en Informática Aplicada, nueve en Ciencias de la Educación Superior y tres en Ciencias Técnicas). Las categorías docentes que prevalecen son las de Profesor Auxiliar (11, 48%) y Profesor Titular (ocho, 35%) y Asistente (cuatro, 17%).

A los expertos seleccionados, luego de entregarles una copia del modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería y de la estrategia metodológica, se les realizó una segunda consulta sobre la base de siete indicadores (Anexo 8), con el propósito de conocer su criterio sobre la pertinencia de estos aportes.

Una vez obtenidos sus criterios valorativos se procedió al procesamiento de los datos y el análisis de los resultados (Anexo 9), utilizando la secuencia metodológica del Método Delphy programada en el tabulador electrónico EXCEL (Crespo y Aguilasocho, 2008).

Este análisis, basado en la distribución de frecuencias de cada indicador acorde con las respuestas emitidas por los expertos, evidenció que existe estabilidad en relación a la emisión de criterios favorables, tanto hacia la modelación como hacia la estrategia metodológica propuesta, lo cual connota un aceptable nivel de concordancia del grupo.

En general se obtiene que los siguientes indicadores fueron evaluados de muy adecuados:

- El modelo constituye un aporte novedoso, que contribuye a enriquecer la Didáctica de la Matemática para carreras de Ingeniería (indicador 1).
- Las cualidades que emergen de las relaciones entre las configuraciones condicionan el desarrollo de una dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería que contribuye a la preparación de los estudiantes para la solución de problemas ingenieriles aplicando métodos matemáticos (indicador 4).
- Las acciones de la estrategia posibilitan transformaciones importantes en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería para la preparación de los estudiantes en la solución de problemas ingenieriles aplicando métodos matemáticos (indicador 6).

Los restantes indicadores fueron evaluados de bastante adecuado:

- Los fundamentos epistemológicos, que apoyan la construcción teórica en la modelación, permiten revelar aquellas categorías que contribuyen a comprender y explicar la esencia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería (indicador 2).
- Las configuraciones del modelo constituyen procesos que en su interrelación posibilitan explicar la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería con una orientación hacia la solución de problemas (indicador 3).

- La estrategia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería es coherente con el modelo propuesto (indicador 5).
- La aplicación de la estrategia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de Ingeniería es posible realizarla bajo las condiciones actuales del contexto formativo de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” (indicador 7).

Las valoraciones de los expertos no se limitaron a los aspectos que se prefijaron, lo que evidencia tanto la calidad de su preparación como el interés por contribuir al perfeccionamiento de los aportes de la investigación.

Resultó de vital importancia el intercambio personal con los expertos, lo que permitió el desarrollo de espacios de reflexión que fueron, en muchos casos, más allá de los marcos de la propuesta, para penetrar en aspectos de vital importancia relativos a la formación y desarrollo de capacidades específicas en estudiantes de ingeniería.

El intercambio con los expertos se recogieron sus opiniones y sugerencias en los aspectos relacionados con la preparación de los docentes y el papel activo del estudiante; en cuanto a las acciones que se proponen en la estrategia consideran que estas conforman un sistema encaminado a la transformación del estudiante y lograr que sea capaz de modelar matemáticamente problemas ingenieriles para su solución.

Se revisaron nuevamente las acciones de la estrategia y se hicieron los ajustes correspondientes para una mejor comprensión. También se perfeccionó la explicación del modelo y se profundizó en la relación entre configuraciones para revelar con mayor nivel de precisión las transformaciones en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática para contribuir a la preparación de los estudiantes para la solución de problemas ingenieriles aplicando métodos matemáticos.

3.3. Ejemplificación de la aplicación parcial de la estrategia en el primer año de la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”

El ingeniero en su desempeño se enfrenta a fenómenos y problemas que requieren del uso de conceptos, métodos y modelos matemáticos para su comprensión y solución. Es por ello que la disciplina Matemática comprende distintas asignaturas que están encaminadas a la formación matemática de los estudiantes de ingeniería, aportando los conocimientos necesarios para la explicación de fenómenos; propiciar las herramientas necesarias para el análisis de situaciones problémicas que en el ámbito de la ingeniería se producen; así como formar y desarrollar formas de pensamiento y capacidades para el ejercicio pleno de la profesión.

Al resolver problemas se aprende a matematizar, que es uno de los objetivos básicos en la formación de los estudiantes de ingeniería. Con ello aumentan su confianza, tornándose más perseverantes y creativos y mejorando su espíritu

investigador, proporcionándoles un contexto en el que los conceptos pueden ser aprendidos y las capacidades desarrolladas.

En la implementación de las acciones de la estrategia se consideran las limitaciones reveladas en el capítulo 1 de la tesis y se aplica parcialmente en el curso 2013-2014; para ello se realiza una preparación inicial del personal docente implicado.

Se realizan reuniones con los profesores de la disciplina Matemática para Ingeniería como núcleo básico en la aplicación de la estrategia en el mes de julio del año 2013, donde se informan los aspectos esenciales de la investigación que se está realizando, se parte de la exigencia de la necesaria sistematización del pensamiento matemático dentro de la disciplina y los aportes de la presente investigación. Se orienta que cada profesor investigue sobre las potencialidades de la modelación para la formulación, solución e interpretación de problemas matemático ingenieriles, que requieren ser resueltos en el proceso formativo y en el desempeño del estudiante.

En la reunión del colectivo de carrera del mes de septiembre del año 2013 de Ingeniería Hidráulica se intercambia sobre el contenido de la estrategia, sus fundamentos teóricos y se precisa el papel de las diferentes asignaturas en su implementación, se orienta a los profesores el estudio de la estrategia para colaborar desde sus asignaturas con la concretización de las acciones.

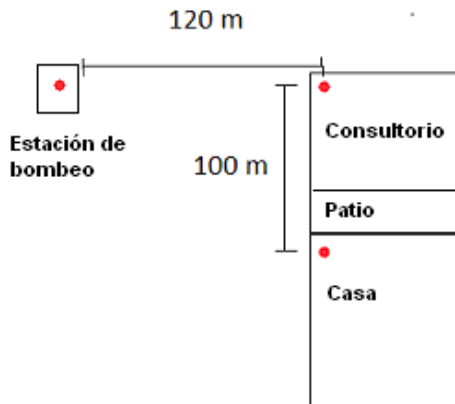
Se realiza un taller con los profesores del año implicados en la instrumentación de la estrategia con el objetivo de esclarecer dudas en la implementación de las

acciones y la interrelación a establecer entre las asignaturas de la disciplina Matemática, la asignatura general integradora y las demás que forman parte del currículo, para ello se ejemplifica con una situación concebida para la asignatura Matemática Superior I, en el tema aplicaciones de la derivada donde se relacionan contenidos de la Matemática Básica, Álgebra Lineal y Geometría Analítica, Geometría Descriptiva, Introducción a la Ing. Hidráulica y Ambiental y Tecnología de la Construcción.

Ejemplo 1. Situación problémica:

En la comunidad El Cedro se ha convertido un local de la Empresa Agrícola en Consultorio Médico y en casa de residencia del enfermero, separadas por un pequeño patio y se desea suministrarles agua desde una estación de bombeo que se encuentra a 120 m de distancia horizontal al consultorio. La conducción del agua desde la estación de bombeo hasta estas dos nuevas dependencias se va a hacer por medio de tuberías de 2 pulg. y 1 pulg., con las siguientes condiciones:

- El tramo 1 que comprende desde la estación de bombeo al consultorio (ver figura) debe hacerse con tubería de 2 pulg., ya que en este trayecto se transporta el total de agua para las dos dependencias.



- En el segundo tramo desde el consultorio hasta la casa del enfermero se utilizará tubería de 1 pulg., ya que en la casa se utiliza una cantidad de agua menor.
- Los precios por metro de tubería:

Tubería	Precio por metro
1 pulg.	30.00 CUP
2 pulg.	50.00 CUP

Determinar la combinación de tubería de 1 pulg. y 2 pulg., más económica, si la entrega del agua al consultorio se puede hacer en cualquier punto a lo largo de su longitud (100 m).

El profesor de la asignatura expone los elementos que consideró para la elaboración de esta situación con el objetivo de darle cumplimiento al programa de estudio, los conocimientos matemáticos anteriores, la relación interdisciplinar y la intencionalidad de ejecutar las acciones de la estrategia, esto conlleva al debate con los demás profesores que expusieron sus dudas y criterios.

Apoyados en el debate se contextualizan a este ejemplo las etapas por las que transita la estrategia y las acciones a ejecutarse en cada una de ellas; así como las interconexiones horizontales y verticales a establecerse entre las asignaturas para contribuir a la formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero.

Luego de esta preparación inicial se procedió a la implementación de las acciones de la estrategia.

Etapa 1.- Conceptualización del Problema Matemático Ingenieril.

En la asignatura Matemática Superior I que se imparte en el primer semestre, al comenzar con el tema de las aplicaciones de la derivación se propone la siguiente situación problémica:

Ejemplo 2.

En una finca suburbana que se dedica al cultivo de rosas se requiere de un recipiente cilíndrico de 9 m^3 de capacidad para conectar un sistema de riego por goteo a gravedad. Será ubicado en una elevación del terreno apoyado en su base inferior y abierto por el otro extremo para aprovechar también el agua de lluvia. El metro cuadrado de pared cilíndrica cuesta dos veces más que la misma unidad del material del fondo. ¿Cuáles serán las proporciones más económicas para la construcción de este depósito?

Para ejecutar las acciones encaminadas a conceptualizar el Problema Matemático Ingenieril el profesor orienta hacer una lectura general del texto y realiza las siguientes preguntas:

¿Qué características generales tiene el riego por goteo?; ¿Por qué la situación se refiere a la gravedad? ; ¿Qué facilita que el tanque este abierto en la parte superior y ubicado sobre una elevación?

La respuesta de estas preguntas conlleva a propiciar un debate encaminado a determinar las exigencias profesionales que impone la situación, las desventajas y potencialidades de este tipo de riego, el caudal de agua con relación a la distribución y diámetros de las futuras conexiones, su relación con la gravedad y características del tanque.

El profesor hace un comentario sobre la responsabilidad que se tiene en la solución esta situación y orienta a cada equipo ya conformado con anterioridad hacer una propuesta de solución (al terminar esta etapa) y pide a los estudiantes que lean nuevamente el texto con el objetivo que se de manera individual se interprete la realidad tecnológica donde se manifiesta la situación y hacer un reconocimiento detallado para determinar los elementos técnicos que intervienen.

¿Cuáles son los datos técnicos que intervienen?; ¿A qué se debe que la pared cilíndrica sea el doble más costosa que el fondo?; ¿Qué expresan las unidades cúbicas?; ¿Cuántos datos numéricos intervienen? ¿Por qué?; ¿Cómo se determina el volumen de agua que puede contener el tanque?

El profesor nuevamente provoca un debate colectivo para determinar toda la información que aporta este dato numérico acompañado de esa unidad de medida y los contenidos matemáticos necesarios para resolver esta situación.

¿A qué se reduce esta situación expresándola en términos matemáticos?

Se orienta a cada equipo de trabajo que haga una propuesta matemática que exprese esta situación las que serán expuestas a todo el colectivo.

En debate colectivo y debido a las acciones ejecutadas se obtiene la propuesta de problema:

Se desea construir un tanque cilíndrico para agua con 9 m^3 de capacidad, que será apoyado en su base inferior y la superior estará abierta. El metro cuadrado de pared cilíndrica cuesta dos veces más que la misma unidad del material del fondo.

¿Cuáles serán las proporciones más económicas para la construcción de este depósito?

Etapa 2.- Formulación algebraica del Problema Matemático ingenieril.

En la asignatura Algebra Lineal y Geometría Analítica que se imparte en el primer semestre, en el tema de sistemas de ecuaciones lineales se propone el Problema Matemático Ingenieril:

Ejemplo 3.

La Empresa Provincial de Acueducto y Alcantarillado desea estimar el consumo de agua en tres zonas poblacionales Z-1, Z-2 y Z-3 para completar los datos que le permita pronosticar el plan de consumo mensual, para ello dispone de la siguiente información:

- el consumo diario de las tres zonas es de 320 mil galones.

- por cada galón diario de agua que se consume en la zona Z-2 se consume tres galones en la zona Z-3.
- el doble del consumo diario de la zona Z-1 excede en 280 mil galones el consumo de la zona Z-3.

A usted se pide:

- Modelar el consumo diario de agua de estas tres zonas y hacer un pronóstico del consumo mensual total de agua de las tres zonas.

El profesor se propone implementar las acciones de la estrategia para contribuir a la formación de la capacidad modeladora matemática, mediante la formulación algebraica del Problema Matemático Ingenieril, para ello orienta a los estudiantes hacer una lectura minuciosa del texto con la finalidad de interiorizar la información de la que se dispone y el objetivo que se persigue en el problema.

Para lograr esta acción se apoya en las siguientes preguntas:

¿Por qué es importante pronosticar el consumo de agua en un territorio?; ¿Cuál es el objetivo fundamental de la empresa?; ¿A qué nos conduce el problema?

El profesor propone a los estudiantes utilizar una tabla para tener una idea real de lo que acontece, permita estructurar la información que se tiene y agrupar los datos para poder considerar los elementos técnicos que se manifiestan.

En ese debate continuo el profesor reflexiona con los estudiantes en las unidades de medidas más usadas para medir el agua y su relación con la capacidad y el volumen. A continuación dirige este intercambio al uso de variables para

representar la información de la que se dispone para facilitar el trabajo porque de la manera que esta expresada en la tabla se hace complejo determinar la relación entre los distintos datos; de esta forma no forzada y contextualizada al problema que se analiza se instrumenta esta acción, referida a la representación simbólica.

En consenso general se toma la decisión de utilizar x_1 , x_2 y x_3 para representar a Z-1, Z-2 y Z-3, respectivamente.

¿Cómo queda expresada la información con la utilización de estas variables?

A continuación se orienta plantear algebraicamente de la información de la que se dispone según las variables designadas, relaciones que se establecen entre ellas e imposiciones propias de la realidad ingenieril con el objetivo de describir problema matemático ingenieril de acuerdo con las restricciones que se manifiestan.

El profesor aclara que se tenga muy en cuenta lo que expresan estas relaciones y restricciones porque conllevan el empleo de signos operacionales y de relación, que de ser mal usados pueden alterar el significado del hecho que se describe.

En colaboración con los estudiantes se obtiene el modelo matemático del Problema Ingenieril.

$$x_1 + x_2 + x_3 = 320$$

$$x_2 - 3x_3 = 0$$

$$2x_1 - x_3 = 280$$

Después de obtenido este modelo el profesor destaca que aunque no aparezcan las unidades de medidas (miles de galones) se deben tener presente para un modelo más acabado y se sugiere ponerlo al lado derecho inferior del modelo.

El profesor pregunta:

¿Con este modelo se resuelve el problema?

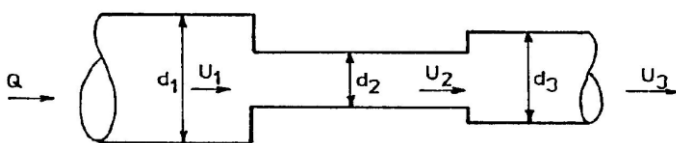
Se apoya en las respuestas de los estudiantes para propiciar un debate encaminado a la conducción de una doble modelación pero sujeta a la solución de este modelo que aunque simple conlleva a pronosticar el consumo mensual total de agua de las tres zonas y se comenta sobre las posibles vías y técnicas de solución.

Eta 3.- Generalización abstracta secuencial del Problema Matemático Ingenieril.

En la asignatura Introducción a la Ingeniería Hidráulica y Ambiental en la actividad de laboratorio sobre la ecuación de continuidad se propone el siguiente ejercicio que conduce a un modelo matemático.

Ejemplo 4.-

Si el gasto $Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ y $d_1 = 30 \text{ cm.}$, $d_2 = 15 \text{ cm.}$ y $d_3 = 45 \text{ cm.}$ ¿Cuánto valdrán las velocidades de circulación del agua U_1 , U_2 , U_3 , para el sistema de tuberías esquematizado en la figura?



El profesor con la ayuda de los estudiantes hace un recuento de clases anteriores apoyado en las siguientes preguntas:

¿Cuál es la ecuación de continuidad? ¿Qué expresa? ; ¿Cuál es la ecuación del área de la sección transversal de la corriente?

De las respuestas se obtiene que $Q = UA$ es la ecuación de continuidad que expresa el caudal (Q) como el producto de la velocidad (U) y el área de la sección transversal de la corriente (A), donde $A = \pi d^2 / 4$.

El profesor con la finalidad de implantar algunas de las acciones de la estrategia según el alcance de este ejercicio destaca que estas expresiones o formulas constituyen modelos matemáticos generales que permiten solucionar diversos problemas ingenieriles que se presentan en el campo de la hidráulica.

El profesor llama la atención sobre la representación gráfica y los datos de los que se disponen para detectar aquellos elementos significativos que permiten establecer una vía de solución utilizando estos modelos matemáticos.

¿Cuál será la vía de solución en este caso?

El profesor propicia un debate con los estudiantes como resultado de las respuestas, donde se plantea que dado este caso particular la ecuación de continuidad se puede expresar como, $Q = U\pi d^2 / 4$, constituyendo el modelo matemático que permite determinar la metodología a seguir para obtener la solución del problema ingenieril presentado.

Se comenta la metodología o procedimiento a instrumentar propiciando que los estudiantes asuman una posición científica y tecnológica en la argumentación lógica de sus posicionamientos en aras de obtener un resultado.

Realizando el despeje correspondiente se obtiene que $U = 4Q / \pi d^2$

Se aplica el método matemático, sustituyendo para cada uno de los casos de acuerdo con los diámetros del sistema de tuberías

$$U_1 = \frac{4 \cdot 0,1}{\pi \cdot 0,30^2} = 1,43m/s \quad U_2 = \frac{4 \cdot 0,1}{\pi \cdot 0,15^2} = 5,68m/s \quad U_3 = \frac{4 \cdot 0,1}{\pi \cdot 0,45^2} = 0,63m/s$$

El profesor con el objetivo de que los estudiantes argumenten los resultados matemáticos del modelo aplicado según la significación ingenieril que expresan como vía para la corrección de equivocaciones interpretativas, orienta que comparen los valores de las velocidades y se concluye destacando que a medida que aumenta el diámetro disminuye la velocidad y esto indica que son inversamente proporcionales.

Evaluación de efectividad de las acciones realizadas

Durante la aplicación de la estrategia se realizaron intercambios constantes con los docentes implicados con la finalidad de ir enmendando las dificultades presentadas y lograr mayor eficiencia en el desarrollo de las acciones. Se participa en las reuniones del colectivo de primer año de la carrera de Ingeniería Hidráulica para la orientación constante de los docentes; así como en las reuniones de la disciplina matemática para carreras de Ingeniería.

En el período de aplicación de la estrategia se evidenciaron niveles superiores en la utilización de herramientas matemáticas y el tratamiento de la modelación para la explicación de contenidos relacionados con los procesos ingenieriles y el establecimiento de relaciones interdisciplinarias por parte de los docentes de la carrera.

Evaluación de la transformación del estudiante

Para la evaluación de la efectividad de la estrategia se tienen en cuenta los indicadores establecidos en correspondencia con los logros esperados en el sujeto. Se seleccionó en calidad de muestra, en el segundo semestre del curso académico 2013-2014, el grupo I de primer año de la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”, compuesto por 22 estudiantes, que ya recibieron las asignaturas Matemática Superior I, Algebra Lineal y Geometría Analítica y reciben la Matemática Superior II, además se han implicado a otras asignaturas del currículo de ambos semestre en el desarrollo de las acciones para la formación de la capacidad modeladora matemática.

Se establecen tres momentos para su análisis: al iniciar la puesta en marcha de las acciones de la estrategia, al finalizar el primer semestre, y en la semana 11 del segundo semestre. Se utilizan las asignaturas Matemática Superior I y II. Los instrumentos: Prueba Pedagógica 1 (Anexo 10), Prueba Final de Matemática Superior I (Anexo 11) y Prueba Pedagógica 2 (Anexo 12), para la recolección de

los datos primarios relacionados con los logros alcanzados por los estudiantes en cada una de las etapas.

Se retoman los indicadores establecidos en el capítulo II, los cuales son evaluados en una escala ordinal de cuatro categorías valorativas (desde muy bajo 2 hasta muy alto 5), considerándose que esta asume en valor el puntaje medio de sus indicadores.

Los resultados de las pruebas efectuadas (Anexo 13), fueron procesados utilizando pruebas no paramétricas y de rangos con signo de Wilcoxon (Anexo 14) por cada indicador para constatar el nivel de transformación del estudiante, estableciéndose un nivel de confianza del 95 % con un margen de error del 0,5

En el indicador 1 se observa que los resultados en la primera etapa son bajos y aunque en la segunda etapa continúan siendo bajos hay un incremento (0,46) que aunque muy pequeño marca la tendencia a mejorar, en la tercera etapa aumenta hasta un nivel medio. En el indicador 2 es bajo en la primera etapa, en la segunda etapa son medios, que mantiene un patrón similar en la tercera etapa pero con un incremento de 0,574. En el indicador 3 se observa que los resultados en la primera etapa son bajos, en la segunda etapa son medios al igual que la tercera etapa pero con un incremento muy pequeño (0,052) marca la tendencia al aumento. En los indicadores 4 y 5 se hace significativo que los resultados en la primera etapa son bajos, en la segunda etapa son medios pero en la tercera etapa son altos.

La prueba aplicada a cada uno de los indicadores resalta la transformación del estudiante, que aunque en los indicadores 1 y 3 es muy lento el pasar de un nivel

a otro, se observa un pequeño incremento en los resultados que evidencia una mejoría.

Conclusiones parciales del capítulo 3

- El modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería y la estrategia didáctica para su implementación en la práctica constituyen aportes novedosos y pertinentes para la transformación del proceso de formación matemática en carreras de ingenierías.
- La aplicación parcial de la estrategia en la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” contribuye a la transformación de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática involucrando a otras asignaturas del currículo en este empeño.
- Los instrumentos aplicados en tres momentos, durante la introducción parcial de las acciones de la estrategia, revelan una tendencia hacia mayores niveles de preparación del estudiante para la aplicación de métodos matemáticos, desde la formulación de problemas de criterios de diseño propios de la profesión; argumentación de los procedimientos, métodos y técnicas empleados en la solución de problemas ingenieriles; profundidad en la valoración ingenieril de los resultados del modelo matemático y en menor medida en la precisión para formular propuestas de solución y procedimientos matemáticos en correspondencia con las necesidades de aplicación.

CONCLUSIONES

- Los estudiantes de las carreras de Ingeniería manifiestan limitaciones en la solución de problemas ingenieriles relacionados con la representación matemática, la utilización de métodos matemáticos y la interpretación de resultados, lo que está condicionado por insuficiencias en el proceso de formación matemática en el orden teórico metodológico para potenciar un acercamiento entre el pensamiento matemático e ingenieril.
- La caracterización epistemológica y praxiológica realizada, revela que el proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería requiere de una concepción de su dinámica apoyada en la sistematización del pensamiento matemático, la contextualización, la generalización del contenido y la relación interdisciplinar.
- La estrategia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática se concibe como un instrumento en el que se definen acciones organizadas por etapas en correspondencia con los eslabones y relaciones fundamentales reveladas en la modelación que se realiza, conducentes a contribuir a la pertinencia formativa del profesional.
- Existe consenso en los especialistas, participantes en los talleres de socialización y en los expertos consultados, en cuanto a la pertinencia científico-metodológica del modelo elaborado y de la estrategia propuesta, además la validez del aporte práctico, se corrobora mediante su introducción parcial en la carrera de Ingeniería Hidráulica, de la Universidad de Ciego de

Ávila, “Máximo Gómez Báez”, cuyos resultados evidencian una tendencia hacia mayores niveles de preparación del estudiante para la aplicación de métodos matemáticos.

RECOMENDACIONES

- Profundizar en el estudio del proceso de formación de capacidades y competencias profesionales en las carreras de Ingeniería.
- Incentivar la realización de investigaciones que aporten a la formación matemática de los profesionales en la Educación Superior con la visión que se potencie el pensamiento matemático, la interpretación de situaciones y el desarrollo de capacidades para solucionar problemas de la sociedad.

BIBLIOGRAFIA

1. Addine, F. (1998). *Aproximación a la sistematización y contextualización de los contenidos didácticos y sus relaciones*. Informe de investigación. Facultad de Ciencias de la Educación. La Habana: ISPEJV.
2. Alonso, I. (2001). *La resolución de problemas matemáticos. Una alternativa didáctica centrada en la representación*. Tesis en opción del grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas. CEES Manuel F Gran. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
3. Aravena, M. y Giménez, J. (2002). Evaluación de procesos de modelización polinómica mediante proyectos. *Revista UNO. Didáctica de las Matemáticas*, (31), 44-56.
4. Aravena, M y Caamaño, C. (2007). Modelización Matemática con estudiantes de secundaria de la comuna de Talca, Chile. *Estudios Pedagógicos XXXIII*, (2), 7-25.
5. Arlegui, J. (2008). *La representación, modelización y simulación de fenómenos físico-naturales*. Universidad Pública de Navarra. Recuperado de: <http://www.xtec.es/logo/ponencia/javier1.htm>
6. Arrieta, J. (2003). *La modelación de fenómenos como procesos de matematización en el aula*. Tesis doctoral. Departamento de Matemática Educativa del CINVESTAV IPN.

7. Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Traducción al español de Roberto Helier D., primera edición de Educational Psychology: a Cognitive View. México: Editorial Trillas.
8. Balbuena, L. (2007). *Tener base es clave para no fracasar en las Matemáticas*. Recuperado de:
http://www.oei.es/noticias/spip.php?article841&debut_5ultimasOEI=85
9. Baltodano, V. (2010). *Filosofía de la Ciencia para la creación de conocimientos*. Perú: Editorial San Marcos.
10. Ballester, S. (1992). *Metodología de la Enseñanza de la Matemática*. Tomo I. La Habana: Pueblo y Educación.
11. Baroody, A y Jonson, A. (2006). *El pensamiento matemático en los niños: los números y las operaciones*. Recuperado de: [file:///a:/ 1º% 20congreso%20 internacional%20logico-Matemáticas %...](file:///a:/1%20congreso%20internacional%20logico-Matemáticas%...)
12. Bartell, T., Webel, C., Bowen, B. y Dyson, N. (2013). Prospective teacher learning: recognizing evidence of conceptual understanding. *Journal of Mathematics Teacher Education*, (16), 57-79.
13. Basmadjian, D. (1999). *The Modeling in Science and Engineering*. Chapman & Hall/CRC. 1-3. ISBN 1-58488-012-0.
14. Bassanezi, R. (2002). *Ensino - aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto. Brasil.

15. Biembengut, M y Hein, N. (2004). Modelación Matemática y los Desafíos para Enseñar Matemática. *Educación Matemática*. México, DF. vol. 16, 105-125. ISSN 1665-5826.
16. Blanco, F., Alonso, P. y Triana, E. (2014). Didáctica y base tecnológica para la formación ingenieril. Universidad Libre Bogotá. Colombia.
17. Blanco, R. (1998). Necesidad y fundamentos del desarrollo del pensamiento teórico de los estudiantes. *Revista Pedagogía Universitaria*, Vol. 3, (2).
18. Bonilla, J. (2008). *Estudio del comportamiento de conectores tipo perno de estructuras compuestas de hormigón y acero mediante modelación numérica*. Tesis en opción del grado de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
19. Bosch, M., García, F. y Gascón, J. (2006). La Modelización Matemática y el problema de la articulación de la matemática escolar. Una propuesta desde la teoría antropológica de lo didáctico. *Educación Matemática*, 18, 37-74.
20. Brito, M., Alemán, L., Fraga, E., Parra, J. y Arias, R. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. *Ingeniería Mecánica*. Vol. 14, (2), mayo-agosto, 2011, 129-139. ISSN 1815-5944.
21. Camarena, P. (2008). *Teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias*. Actas del III Coloquio Internacional sobre Enseñanza de las Matemáticas. Conferencia Magistral, Perú. Consultado el 5 de mayo,

2013. Recuperado de:
<http://www.riieeme.mx/docs/SRBQPatyCamarena2008.pdf>
22. Camarena, P. (2010). La modelación matemática en el ambiente de aprendizaje: una innovación 2010 ESIME-Zacatenco-IPN. México.
 23. Campistrous, P. y Rizo, C. (1993). *Lógica y procedimientos lógicos del aprendizaje*. La Habana: Instituto Central de Ciencias Pedagógicas.
 24. Campistrous, P. y Rizo, C. (1998). *Aprende a resolver problemas matemáticos*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
 25. Cantoral, R y Montiel, G. (2001). *Funciones: Visualización y Pensamiento Matemático*. Prentice Hall y Pearson Education.
 26. Cantoral, R, Farfán, R y Cordero, F. (2000). *Desarrollo del pensamiento matemático*. México: Trillas.
 27. Cantoral, R. (2000). *Desarrollo del pensamiento matemático*. México:Trillas.
 28. Churchman, C, Ackoff, L. y Arnoff, E. (1957). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Institute of Technology. Cleveland. Ohio.
 29. Connally, E., Hughes, D. y Gleason, A. (2004). *Functions Modeling Change: A preparation for Calculus*. Second Edition. Editorial Wiley.
 30. Cordero, F y Solís, M. (2001). *Las gráficas de las Funciones como una Argumentación del Cálculo*. Grupo Editorial Iberoamericana.

31. Cordero, F. (2003). Lo social en el conocimiento matemático: los argumentos y la reconstrucción de significados. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. Vol. 16, Tomo 1, 73-78. México.
32. Crespo, T y Aguilasocho, D. (2008). *El empleo del Excel para el procesamiento de criterios de Expertos utilizando el Método Delphy*. Material en soporte magnético.
33. Cruz, J., Ortiz, P. y Gutiérrez, M. (2013). Uso de la trigonometría en la arquitectura. *CIBEM*. Montevideo. ISSN 2301-0797.
34. Cruz, C. (2010). *La enseñanza de la modelación matemática en ingeniería*. Caracas: Universidad Central de Venezuela / Universidad Metropolitana.
35. Cruz, M. (2002). *Estrategia metacognitiva en la formulación de problemas para la enseñanza de la matemática*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Holguín: Universidad de Ciencias Pedagógicas.
36. Cruz, M. (2006). *El Método Delphi en las investigaciones educativas*. Informe Final del Proyecto de Investigación Estadística para la Educación. La Habana.
37. Cruz, M. y Martínez, M. (2012). Perfeccionamiento de un instrumento para la selección de expertos en las investigaciones educativas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 14(2), 167-179. Recuperado de: <http://redie.uabc.mx/vol14no2/contenido-cruzmtnz2012.htm>

38. De Armas, N, Lorences, J y Perdomo, J.M. (2003). *Caracterización y diseño de los resultados científicos como aportes de la investigación educativa*. Curso 85, Ciudad de La Habana: Evento Internacional Pedagogía 2003.
39. De Galiano, T. (1991). *Pequeño Larousse de Ciencia y Técnica*. La Habana: Editorial Científico Técnica. Cuba.
40. De la Torre, A. (2003). *Modelización del Espacio y del Tiempo*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
41. Delgado, J. (1999a). *La enseñanza de la Matemática en el umbral del siglo XXI*. La Habana: Universidad de la Habana.
42. Delgado, R. (1999b). *La enseñanza de la resolución de problemas matemáticos. Dos elementos fundamentales para lograr su eficacia: la estructuración sistémica del contenido de estudio y el desarrollo de las habilidades generales matemáticas*. Tesis en opción del grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas. La Habana: Universidad de la Habana.
43. Dieguez, R. (2001). *Modelo para la dinámica del Proceso Docente Educativo de la Matemática Básica en la carrera de Agronomía*. Tesis en opción del grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas. CEES Manuel F Gran. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
44. Domínguez, A. (2009). *Actividades reveladoras del pensamiento: más que una forma de aprendizaje activo*. X Congreso Nacional de Investigación Educativa. Veracruz-2009. Recuperado de:

- [http://www.comie.org.mx/congreso/memoria/v10/pdf/area_tematica_05/po-
nencias/1776-F.pdf](http://www.comie.org.mx/congreso/memoria/v10/pdf/area_tematica_05/po-
nencias/1776-F.pdf)
45. Dujet, C. (2007). *Matemática para Ingenieros*. Recuperado de:
<http://www.m2real.org/spip.php?article2&lang=fr>
46. Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano, registros semióticos y
aprendizajes intelectuales*. Cali: Universidad del Valle, Instituto de
Educación y Pedagogía, Grupo de Educación Matemática.
47. Ekmekci, A. y Krause, G. (2011). *Model-Eliciting Activities (MEAs)*. 5th
Annual Uteach Institute-NMSI Conference. Recuperado de:
[http://www.uteachinstitute.org/images/uploads/2011_ekmekci_model_elicit-
ing_activities.pdf](http://www.uteachinstitute.org/images/uploads/2011_ekmekci_model_elicit-
ing_activities.pdf)
48. Faustino, A., Torrecilla, R. y Wongo, E. (2015). La didáctica de la
formación matemática para las carreras de ingeniería en la sociedad
angoleña. *Revista Pedagogía Profesional*. Vol. 4. (13), 2015. ISSN 1684-
5763, NRPS 1993.
49. Fernandez, J. (2005). On the role of engineering in mathematical
development. *European Journal of Engineering Education* 30, (1), 81-90.
50. Ferrer, M. (2013). *Formación Laboral Investigativa, disciplina principal
integradora en el modelo de formación del profesional. Guía metodológica
para el docente y el estudiante*. Proyecto educativo institucional. Santiago
de Cuba: UCP Frank País García.
51. Fonseca, J. y Alfaro, C. (2010). Resolución de problemas como estrategia
metodológica en la formación de docentes de matemáticas: una

- propuesta. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*. 5(6).175- 191. Costa Rica. Recuperado de:
<http://www.cimm.ucr.ac.cr/ojs/index.php/CIFEM/article/view/645/639>
52. Fuentes, H. (2002). *Teoría Holístico Configuracional y su aplicación a la Didáctica de la Educación Superior*. Centro de Estudios “Manuel F. Gran”, Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
53. Fuentes, H. (2009). *Pedagogía y Didáctica de la Educación Superior*. Centro de Estudios “Manuel F. Gran”, Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
54. Fuentes, H., Cortina, M. y Estrabao, A. (2006). *El proceso de investigación científica desde el modelo holístico configuracional*. Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran", Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
55. Fuentes, H., Montoya, J. y Fuentes, L. (2011). *La formación en la Educación Superior desde lo Holístico, complejo y dialéctico de la construcción del conocimiento científico*. Centro de Estudios “Manuel F. Gran”, Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
56. Gómez, J. y Fortuny, J. (2002). Contribución al estudio de los procesos de modelización en la enseñanza de las matemáticas en escuelas universitarias. *Revista UNO. Didáctica de las Matemáticas*, (31), 7-23.
57. González, D. (1992). *La motivación. Una orientación para su estudio*. Ciudad de la Habana: Editorial Científico- Técnica.

58. Guerrero, O. (1999). Aprender a ser competentes, nuevo desafío de la educación básica. Lima: *Revista Tarea*, (43).
59. Guzmán, M. (2007). Enseñanza de las ciencias y la matemática. *Revista Iberoamericana de Educación*, (43), 19-58, Madrid, OEI. Recuperado de: <<http://www.rieoei.org/rie43a02.htm>>
60. Hernández, H. (1989). *El Perfeccionamiento de la Enseñanza de la Matemática en la Enseñanza Superior Cubana. Experiencia en el Álgebra Lineal*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. La Habana: Universidad de Ciencias Pedagógicas.
61. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica*. Cuarta Edición. Mc grauw-Hill. Interamericana. ISBN.970-10-5753-8.
62. Hing, R. y Torres, A. (2000.). *Aplicación de los sistemas de computación en la enseñanza de la matemática y Desarrollo de habilidades del pensamiento lógico, la modelación matemática y el pensamiento algorítmico en la escuela primaria*. Conferencias en el Congreso Nacional de Matemáticas 2000, Santa Fe de Bogotá.
63. Hing, R. (1999). *Seminario de Educación Matemática*. Conferencia #2. Medellín: Universidad EAFIT.
64. Horruitiner, P. (2006). El proceso de formación en la Universidad Cubana. *Revista Pedagogía Universitaria*, Vol. XI, (3). Recuperado de: <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EkEppkuuyZHMFEqNYV>

65. Huapaya, E. (2012). *Modelación usando Función Cuadrática: Experimentos de Enseñanza con estudiantes de 5to de secundaria*. Tesis en opción del grado de Doctor en Enseñanza de las Matemáticas. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de:
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1571>
66. Jimenez, M. (2009). Cómo ser un Profesor innovador. *Revista Digital Innovación y experiencias educativas*. (17), 1 – 8. Recuperado de:
<http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod-ense/revista/pdf/>
67. Leontiev, A. (1979). *La actividad en la personalidad*. La Habana: Editorial de libros para la educación.
68. Lesh, R. (1997). Matematización: La necesidad real de la fluidez en las representaciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3). 377-391. Recuperado de: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v15n3p377.pdf>
69. López, P. (2008). ¿Cómo desarrollar el pensamiento lógico matemático de los alumnos? *Revista Ciencias*. Recuperado de:
<http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EkEppkuuyZHMFEqNYV>
70. Majmutov, M. (1983). *Enseñanza Problémica*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
71. Martínez, M. (2003). Naturaleza y aplicabilidad de los Modelos Matemáticos. *Cuadernos del CENDE*. ISSN 1012-2508.
72. Matos, E. (2004). *La Formación de investigadores desde un pensamiento Hermenéutico Dialéctico*. CEES “Manuel F. Gran”, Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.

73. Mason, J. (2002). *Researching your own practice. The discipline of noticing*. London: Routledge - Falmer.
74. Medina, A. y Salazar, M. (2012). *El aprendizaje basado en problemas, como una estrategia docente que propicia la formación profesional integral del ingeniero*. 16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. Palacio de las Convenciones de La Habana.
75. Ministerio de Educación Superior. (2003). *Documento base, planes D*. La Habana: Ministerio de Educación Superior.
76. Ministerio de Educación Superior. (2007). *Reglamento de Trabajo Docente y Metodológico. Resolución No. 210 / 2007. República de Cuba*. La Habana.
77. Mochón, S. (2000). *Modelos matemáticos para todos los niveles*. Grupo Editorial Iberoamericana.
78. Montenegro, E. (2004). *Modelo para la estructuración y formación de habilidades lógicas a través del Análisis Matemático*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Santiago de Cuba: Instituto Superior Pedagógico "Frank País García".
79. Moreira, A. y Masini, E. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.
80. Moriarty, G. (2000): "The Place of Engineering and the Engineering of Place", *Techné*, 5 (2).

81. Numa, M. (2011). *Dinámica del proceso de enseñanza aprendizaje de la Estadística en las carreras universitarias*. Tesis en opción del grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas. CEES Manuel F Gran. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
82. Nunes, T. y Bryant, P. (2005). *Las matemáticas y su aplicación: La perspectiva del niño*. México: Siglo XXI Editores.
83. Oconor, L. (1997). Algunas consideraciones epistemológicas de la enseñanza de la Matemática en la Ingeniería. *Revista Pedagogía Universitaria*, Vol. 2 No. 3.
84. Oñate, E. (1995). *Cálculo de Estructuras por el Método de Elementos Finitos*. CIMNE, Segunda edición. Barcelona.
85. Ortega, R., Torres, A., Santos, M. y López, R. (2007). *La modelación matemática: Su importancia en la formación integral del ingeniero agrónomo*. Departamento de matemáticas. Santa Clara: Universidad Central de Las Villas.
86. Ortega, R. y Torres, A. (2001). Desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje de la Matemática en la especialidad de Agronomía. Una experiencia interdisciplinaria, *Revista Ciencias Matemáticas*, V19, (2), Habana.
87. Ortega, R. (2000). *Perfeccionamiento de la enseñanza de la matemática en la Carrera de Agronomía*. Tesis de Maestría. Santa clara: Universidad Central de Las Villas.

88. Osuna, C. y Luna, E. (2008). Características de ser un Buen Profesional de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Baja California. México. *Formación universitaria*, V.1 (1), La Serena. ISSN 0718-5006
89. Pacheco, J. (2005). *Algunas reflexiones acerca del papel de la ingeniería en matemáticas*. Departamento de Matemáticas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
90. Pedroso, L. (2010). *Una Estrategia Didáctica para el desarrollo de competencias cognitivas básicas en la representación gráfica de regiones del espacio*. Tesis de Maestría. La Habana: Universidad de la Habana.
91. Pérez, J. (2001). Claves de contextualización/ Jacobo Pérez Guardado, Alexandra Álvarez Muro: ISSN: 1139-8736. Depósito legal: I: B-35784-2001. Copyright: ©.
92. Phillips, E., Butts, T. y Shaughnessy, M. (1999). *Álgebra con Aplicaciones*. Editorial Oxford. EE.UU
93. Piaget, J. (1966). *Psicología de la inteligencia*. Buenos Aires: Editorial Psique.
94. Polya, G. (1987). *¿Cómo plantear y resolver problemas?* Editorial Trillas, S.A. de C.V .México.
95. PROME (2003). *Programa de Matemática Educativa del CICATA-IPN*
96. Puig, L. (1994). Semiótica y matemáticas. *Eutopías*, V. 51. Valencia.
97. Quiroz, M. (1989) *Instalación de un lenguaje gráfico en estudiantes que inician estudios universitarios: un enfoque alternativo para la*

- reconstrucción del discurso matemático escolar del precálculo*. Tesis de Maestría. Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav-IPN.
98. Ramírez, E., Ortiz, A., Shouwenaars, R. y Ruiz, O. (2007). Modelado de hueso trabecular mediante paquetería de elemento finito basándose en estructuras de Voronoi. *Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica*, 2(5).
99. Recarey, C., Mirambell, E., Quevedo, G. y Santaeugenia, J. (2005): Modelación estocástica de ensayos virtuales de conexiones de secciones mixtas hormigón-acero, *Revista Ingeniería Civil*, CEDEX, (139), 37-48.
100. Reséndiz, D. (2008). *El rompecabezas de la ingeniería, por qué y cómo se transforma el mundo*. México: Fondo de Cultura Económica.
101. Ríos, S. (1995). *Modelización*. Alianza Universidad. ISBN 978-84-206-2822-6.
102. Rodríguez, M. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. *Revista de Didáctica de las matemáticas*. Vol. 77, julio, (35-49).
103. Rodríguez, M. (2002). *Formación reflexiva- educativa de competencias investigativas en los docentes*. Recuperado de: www.clacso.edu.ar
104. Rodríguez, M., Rodríguez, A. (2000). La estrategia como resultado científico de la investigación educativa. Universidad Pedagógica Félix Varela. Centro de Ciencias e Investigaciones Pedagógicas, Cuba.

105. Rodríguez, R. (2010). Aprendizaje y enseñanza de la modelación. El caso de las ecuaciones diferenciales. *Revista Latinoamericana de investigación en Matemática Educativa*, 13 (4-I), 191-210.
106. Rubinstein, S. (1965). *El Ser y la Conciencia*. La Habana: Editora nacional de Cuba.
107. Rubinstein, S. (1966). *El proceso del pensamiento*. La Habana: Editora Nacional de Cuba.
108. Rubinstein, S. (1986). *El problema de las capacidades y las cuestiones relativas a la teoría psicológica en Antología de la psicología pedagógica y de las edades*. Compilado por I. Iliasov y V. Liaudis. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
109. Sánchez, C. (2010). *Propuesta de mejoras al Diseño Curricular del Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería de Procesos Agroindustriales que se desarrolla en las Sedes Universitarias Municipales correspondiente a la Universalización de la Enseñanza Superior*. Tesis Doctoral. Recuperado de:
<http://fcce.ugr.es/departamentos/mide/images/stories/documentos/Listado%20tesis%20doctorales.txt>
110. Sánchez, M. (2009). *Desarrollo de habilidades del pensamiento. Procesos básicos del pensamiento*. Editorial Trillas. ISBN 968-24-5268-0.
111. Schoenfeld, A. (1991). *Learning to think mathematically: problem solving, metacognition and sense making in mathematics en D.A. A project of the*

- National Council of Teacher of Mathematic.* Macmillan Publishing Company. New Cork.
112. Schoenfeld, A. (1992). La enseñanza del pensamiento matemático y la Resolución de Problemas. *Revista Curriculum y Cognición*.
113. Schoenfeld, A. (1993). Resolución de problemas: Elementos para una propuesta en el aprendizaje de las Matemáticas. *Cuadernos de Investigación* (México D.F.), (25), julio.
114. Schoenfeld, A. (2000). Purposes and methods of research in mathematics education. *Notice of the AMS*, (641-649).
115. Segura, M. y González, D. (2005). *Teorías Psicológicas y su influencia en la educación*. Ciudad de la Habana. Editorial Félix Varela.
116. Serna, M. y Polo, J. (2014). Lógica y abstracción en la formación de ingenieros: una relación necesaria. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, Vol. XV (2), abril-junio, 299-310. ISSN 1405-7743 FI-UNAM. Recuperado de:
http://www.ingenieria.unam.mx/~revistafi/ejemplares/V15N2/V15N2_art12.pdf.
117. Sierra, R. (2002). *Modelación y estrategia: Algunas consideraciones desde una perspectiva pedagógica*. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
118. Smirnov, A. (1975). *Psicología*. México: Editorial Grijalbo, S.A. Recuperado de:

http://www.bibliotecagiron.com/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=561

119. Sriraman, B. (2004). Reflective abstraction unframed and the formulation of generalizations. *Journal of Mathematical Behaviour*. (23), 205-222.
120. Stewart, J. (2002). *Cálculo con Trascendentes Tempranas*. Cuarta Edición. México: Ed. Thomson Learning. ISBN: 970-686-127-0.
121. Suárez, C., Dusu, R. y Sánchez, M. (2007). Las capacidades y las competencias: su comprensión para la Formación del Profesional. *Acción Pedagógica*, (16), Enero - Diciembre, 30 – 39.
122. Suárez, L. (2000). *El trabajo en equipo y la elaboración de reportes en un ambiente de resolución de problemas*. Tesis de Maestría del DME del Cinvestav-IPN.
123. Suárez, L. (2002). *Actividades de simulación y modelación en el salón de clases para la construcción de significados del Cálculo*. Anteproyecto Departamento de Matemática Educativa, Cinvestav-IPN.
124. Talízina, N. (1975). *Las vías y los problemas de la dirección de la actividad cognoscitiva del hombre*. Antología de la psicología pedagógica y de las edades” de I. Iliásov y V. Liaudis. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
125. Tieplov, B. (1986). Las capacidades y las aptitudes. Antología de la Psicología Pedagógica y de las Edades. Compilado por I.I. Iliasov y V. Yaliaodis. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.

126. Torrecilla, R., Dieguez, R. y Hall, L. (2015). Formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero. *Revista Mendive*, (50), año 13/ene-mar/. ISBN: 978-959-18-0912-4
127. Torrecilla, R., Dieguez, R. y Pérez, E. (2014). *La formación de la capacidad modeladora matemática en carreras de ingeniería*. II Simposio Internacional de Didáctica de las Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura. Palacio de las Convenciones de La Habana. Cuba.
128. Torrecilla, R., Puig, O. y Diéguez, R. (2012). *Aplicación de un modelo matemático para la optimización de los costos de los productos estrellas en la Empresa AT Comercial S.A de Caibarien*. Memorias Evento Provincial Universidad 2012. Ciego de Ávila. ISBN: 978-959-16-1351-6
129. Trejo, E., Camarena, P. y Trejo, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: una propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria*. REDU. Vol. 11, Número especial dedicado a Engineering Education, 397-424. Recuperado de: <http://red-u.net>
130. Trigueros, M. (2009). El uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas. *Innovación Educativa*, vol. 9, (46), enero-marzo. 75-87. Instituto Politécnico Nacional México.
131. Vázquez, L. (2012). ¿Qué ingenieros necesita México? *Innovación Educativa*. Vol.12. No. 60, 125-136.
132. Vigotski, L. (1979). El desarrollo de los procesos psíquicos superiores. Barcelona: Editorial Crítica.

133. Vigotski, L. (1982). *Pensamiento y lenguaje*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
134. Vigotski, L. (1988). *Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores*. La Habana: Editora Científico – Técnica.
135. Villa, J., Berrio, M., Bustamante, C., Ocampo, D., y Osorio, A. (2009). *El proceso de modelación matemática en las aulas escolares del suroeste antioqueño*. Informe de Investigación no publicado. Universidad de Antioquia. Colombia.
136. Villa, J. y Ruíz, H. (2009). Modelación en Educación Matemática: Una Mirada desde los Lineamientos y Estándares Curriculares colombianos. *Revista virtual Universidad Católica del Norte*. (27), 1- 21. Recuperado de: <http://revistavirtual.ucn.edu.co/ISSN 0124-5821>
137. Villa, J., Bustamante, C. y Berrio, M. (2010). *Sentido de realidad en la modelación matemática*. Acta Latinoamericana de Matemática Educativa.23. México D.F: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
138. Villa, J. (2007). *La modelación como proceso en el aula de matemáticas. Un marco de referencia y un ejemplo*. Tecno Lógicas, 51-81. Colombia.
139. Vitale, A. (2005). *Una estrategia de evaluación del aprendizaje para la Matemática Superior en la Academia Naval "Granma"*, Tesis en opción del grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas. La Habana: Academia de las FAR.

140. Wongo, E., Faustino, A. y Torrecilla, R. (2015). Challenges and Prospects for the Improvement of the Angolan Mathematical Training. *Education*, 5(2): 55-63. DOI: 10.5923/j.edu.20150502.02. Recuperado de: <http://article.sapub.org/10.5923.j.edu.20150502.02.html>
141. Wongo, E., Torrecilla, R. y Puig, O. (2013). Dynamics of mathematical Training in Angola and the role of engineering careers. *Journal of Education Research and Behavioural Sciences*, Vol.2 (11), xxx-xxx, November. Recuperado de: <http://www.apexjournal.org>
142. Wyndhamn, J. (1993). *Problem-solving revisited. Onschool mathematics as a situated practice*. Doctoral dissertation. Linköping Studies in Arts and Science. Linköping University, Sweden.
143. Yaroshevski, M. (1983). *La Psicología del siglo XX*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
144. Zapatera, A y Callejo, M. (2013). Cómo interpretan los estudiantes para maestro el pensamiento matemático de los alumnos sobre el proceso de generalización. *Investigación en Educación Matemática*, (XVII), 535-544. Bilbao: SEIEM.
145. Zienkiewicz, O y Taylor, R. (2004). *El Método de los Elementos Finitos*. CIMNE .Quinta edición. Barcelona. España, Vol. I.
146. Zilberstein, J., Portela, R. y Macpherson, M. (2000). Didáctica Integradora de las Ciencias. Antología CREA-ISPJAE. La Habana.

Anexo 1. Pregunta de aplicación**Pregunta 4. Examen Final de Álgebra Lineal y Geometría Analítica.
Ingeniería Agrícola. Curso 2012-2013****a**

4. Un pelotón de maquinarias cuenta con 9 equipos en condiciones aptas de trabajo. En una etapa determinada hay que garantizar la realización de tres labores: roturación, pase de grada y siembra. El rendimiento horario de los equipos es diferente para la siembra, donde puede utilizarse un equipo menos que en la roturación. Se debe roturar un área que es el doble de la que está lista para pasarle grada, y en ambas tareas el rendimiento horario de los equipos es similar. ¿Cuántos equipos deben dedicarse a cada tarea para garantizar las tres en el tiempo planificado?

**Pregunta 3 y 4 de Examen Final de Matemática Superior II . Ingeniería
Hidráulica. Curso 2012-2013****b**

3. Al efectuar un levantamiento topográfico en una área agrícola se ha determinado la función que representa su superficie mediante modelación matemática:

$$z = f(x,y) = 3.8x^3 + 5y^2 - 30.2x - 60.2y$$

Determine las coordenadas del punto (x,y,z) que posee mayor profundidad.

4. Un agrimensor se encuentra situado en el punto $M(1,2)$ que pertenece a la superficie $z = f(x,y) = 9x^2y - 3x - y^2 + 11$ la cual representa una región montañosa y se dirige siguiendo una línea recta hacia el punto $N(5,6)$. Aplicando la derivada direccional determine si su movimiento es ascendente o descendente. Justifique su respuesta.

Anexo 2. Guía de Análisis Documental

Documento: Modelo del Profesional

Objetivo: Determinar las exigencias de formación de la capacidad modeladora matemática que se establecen en el Plan de Estudio de las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.

Universo de estudio: Plan de Estudio de las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Facultad de Ciencias Técnicas de la de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.

Muestra de aspectos a analizar: Modelo del profesional y programas de disciplinas.

Categorías de análisis:

- Intencionalidad manifiesta en los objetivos del Modelo del profesional y de las disciplinas para la formación matemática.
- Relación de los contenidos de las disciplinas con los contenidos matemáticos que se imparten en la carrera.
- Requerimientos de utilización de asistentes matemáticos para la solución de problemas en las diferentes asignaturas de la carrera.
- Indicaciones metodológicas que se establecen para la sistematización de contenidos matemáticos.

Codificador: Investigador.

Documento: Controles a clases

Objetivo: Caracterizar la dinámica del proceso de enseñanza aprendizaje de la Matemática como núcleo de la formación matemática en las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Facultad de Ciencias Técnicas de la de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.

Universo de estudio: La totalidad de los controles a clases realizados en el departamento de Matemática de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” en el primer semestre del curso 2012-2013.

Muestra de aspectos a analizar: Métodos utilizados.

Categorías de análisis:

- Concepción didáctica y metodológica del proceso de apropiación de contenidos matemáticos,
- Nivel de significación y aplicabilidad que se le atribuyen a los contenidos en las clases de Matemática.
- Carácter problematizador de los procedimientos asociados a la formación de conceptos y desarrollo de habilidades en las clases de Matemática.

- Tratamiento metodológico de los contenidos en correspondencia con las necesidades del profesional en formación.

Documento: Exámenes Finales

Objetivo: Valorar el nivel de apropiación de contenidos en las asignaturas de Matemática en las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.

Universo de estudio: La totalidad de los exámenes finales aplicados en las asignaturas de Matemática en las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.

Muestra de aspectos a analizar: Resultados docentes y calidad de los resultados.

Categorías de análisis:

- Nivel de aprovechamiento de los estudiantes.
- Calidad de los resultados alcanzados por los estudiantes en estas asignaturas.

Anexo 3.**Encuesta a profesores de Matemática de las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” (abril 2013)****Compañeros (as) profesores:**

En la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” se realiza una investigación con la finalidad de diagnosticar las insuficiencias que se presentan en el proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica que limitan la solución de problemas ingenieriles mediante la utilización de métodos matemáticos.

Objetivo: Caracterizar la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”

Instructivo.

Usted debe evaluar en una escala del 1 al 5 cada uno de los aspectos que se señalan. La escala seleccionada es en orden ascendente, la excelencia se corresponde con el nivel 5.

Cuestionario

1. La carrera prepara al estudiante para identificar y resolver problemas del ámbito ingenieril mediante la utilización de métodos matemáticos.

1	2	3	4	5

2. En las clases de Matemática hace énfasis en el desarrollo de la habilidad de representar.

1	2	3	4	5

3. En las clases hace énfasis en el rigor matemático de las expresiones ingenieriles que se presentan en ejercicios y situaciones problémicas.

1	2	3	4	5

4. En las clases de Matemática significa la importancia de la interpretación de los resultados de la solución de ejercicios y problemas en correspondencia con su aplicación ingenieril.

1	2	3	4	5

5. Establece relaciones interdisciplinarias para el desarrollo de los contenidos de su asignatura.

1	2	3	4	5

6. Ponga ejemplo de las vías que utiliza en sus clases para el desarrollo de la capacidad modeladora matemática.

Anexo 4.**Encuesta a profesores de perfil ingenieril de las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” (abril 2013)****Compañeros (as) profesores:**

En la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” se realiza una investigación con la finalidad de diagnosticar las insuficiencias que se presentan en el proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica que limitan la solución de problemas ingenieriles mediante la utilización de métodos matemáticos.

Objetivo: Caracterizar la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras Ingeniería de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”

Instructivo.

Usted debe evaluar en una escala del 1 al 5 cada uno de los aspectos que se señalan. La escala seleccionada es en orden ascendente, la excelencia se corresponde con el nivel 5.

Cuestionario

1. La carrera prepara al estudiante para identificar y resolver problemas del ámbito ingenieril mediante la utilización de métodos matemáticos.

1	2	3	4	5

2. En la asignatura que imparte se significa la importancia de los métodos matemáticos estudiados para la solución de los problemas de la realidad ingenieril.

1	2	3	4	5

3. En la asignatura que imparte se resuelven problemas contextualizados a la realidad ingenieril de manera frecuente.

1	2	3	4	5

4. Se exige la interpretación de las soluciones matemáticas de los problemas ingenieriles que se resuelven, en correspondencia con la aplicabilidad del resultado.

1	2	3	4	5

5. Se logra una acertada vinculación entre las asignaturas de Matemática y las del perfil profesional para que en estas últimas se puedan retomar los métodos de modelación matemática estudiados como vía de solución de los problemas de la realidad ingenieril.

1	2	3	4	5

6. Ponga ejemplo de las vías que utiliza en sus clases para el desarrollo de la capacidad modeladora matemática.

Anexo 5.**Encuesta a estudiantes de las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” (mayo 2013)****Compañeros (as) estudiantes:**

En la Universidad de Ciego de Ávila se realiza una investigación con la finalidad de diagnosticar las insuficiencias que se presentan en el proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería que limitan la solución de problemas ingenieriles mediante la utilización de métodos matemáticos.

Objetivo: Caracterizar la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”

Instructivo.

Usted debe evaluar en una escala del 1 al 5 cada uno de los aspectos que se señalan. La escala seleccionada es en orden ascendente, la excelencia se corresponde con el nivel 5.

Cuestionario

1. En las clases de Matemática me preparan para la representación matemática de problemas del ámbito ingenieril.

1	2	3	4	5

2. En las clases de Matemática se hace énfasis en la necesidad de expresar con precisión el método de solución del problema matemático ingenieril.

1	2	3	4	5

3. En las clases de Matemática se significa la importancia de la interpretación de los resultados de la solución de ejercicios y problemas en correspondencia con su aplicación ingenieril.

1	2	3	4	5

4. En la carrera se resuelven problemas del ámbito ingenieril utilizando métodos matemáticos.

1	2	3	4	5

5. En la solución de problemas de otras asignaturas de la carrera que no son de la disciplina matemática se exige rigor en las representaciones matemáticas.

1	2	3	4	5

6. ¿En qué asignaturas de la carrera considera se trabaja la modelación matemática?

Anexo 6

Resultado de las encuestas realizadas a profesores de Matemática y profesores de perfil ingenieril y estudiantes de las carreras de Ingeniería Agrícola e Hidráulica de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”

Objetivo: Caracterizar la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en las carreras Ingeniería de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”

5- excelencia 4- con frecuencia 3- mediano 2- poca exigencia 1.- no se exige

Profesores de Matemática (16)

Preguntas	5	4	3	2	1
1	-	-	9 (56,25%)	-	7 (43,75%)
2	8 (50%)	6 (37,5%)	2 (12,5%)	-	-
3	16 (100%)	-	-	-	-
4	14 (87,5%)	2 (12,5%)	-	-	-
5	9 (56,25%)	4 (25%)	3 (18,75%)	-	-

Profesores de perfil ingenieril (10)

Preguntas	5	4	3	2	1
1	9 (90%)	-	-	1 (10%)	-
2	8 (80%)	2 (20%)	-	-	-
3	10 (100%)	-	-	-	-
4	7 (70%)	1 (10%)	2 (20%)	-	-
5	-	1 (10%)	6 (60%)	2 (20%)	1 (10%)

Estudiantes (60h/10a)

Preguntas	5	4	3	2	1
1	3 (4,28%) 1	12 (17,14%) 5	54 (72,9%) 4	1 (1,42%)	-
2	1 (1,42%) 1	9 (12,85%) 1	60 (85,71%) 8	-	-
3	13 (18,57%) 2	2 (2,85%) 1	3 (4,28%) 1	52 (74,3%) 7	-
4	5 (7,14%) 1	56 (80%) 5	5 (7,14%) 4	3 (4,28%) 1	1 (1,42%)
5	6 (8,57%) 3	4 (5,71%) 2	32 (45,71%)	20 (28,57%) 3	8 (11,42%) 2

Anexo 7. Consulta a posibles expertos

Compañero (a): Se solicita su cooperación para valorar los resultados obtenidos en la investigación realizada sobre “El proceso de formación matemática en carreras de Ingeniería”, por lo que nos gustaría conocer sobre aspectos relacionados con su conocimiento del tema, para lo cual se solicita la información que se relaciona a continuación.

Datos Generales

Formación profesional: _____

Ocupación actual: _____

Experiencia en la Educación Superior: _____

1. La tabla que a continuación se le propone constituye una escala ascendente en relación al nivel de conocimiento (0 al 10). Marque con una cruz (x) en aquella cuadrícula que se corresponda con el nivel de conocimiento que posee sobre el tema: “Formación matemática en carreras de Ingeniería”.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Atendiendo a cada una de las fuentes de argumentación que se muestran en la siguiente tabla. Marque con una cruz (X) aquella casilla que mejor refleja el grado de influencia que ésta ha tenido en su nivel de conocimiento sobre la formación matemática en carreras de ciencias técnicas.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de las fuentes en sus criterios				
	Muy Alto (MA)	Alto (A)	Medio (M)	Bajo (B)	Muy Bajo (MB)
Capacidad de análisis					
Experiencia de orden empírico (práctica profesional)					
Experiencia en el desarrollo de investigaciones teóricas.					
Conocimiento del estado actual del problema.					
Comprensión del problema					

Competencia de los posibles expertos

Posibles Expertos	Kc	Ka	$K = \frac{1}{2} (kc + ka)$	Clasificación	Expertos
1.	0,7	0,8	0,75	alta	x
2.	0,9	0,8	0,85	alta	x
3.	0,8	0,8	0,8	alta	x
4.	0,8	0,8	0,8	alta	x
5.	0,7	0,6	0,65	media	-
6.	0,7	0,8	0,75	alta	x
7.	1,0	0,8	0,90	alta	x
8.	0,9	1,0	0,95	alta	x
9.	0,8	1,0	0,90	alta	x
10.	0,7	0,8	0,75	alta	x
11.	0,9	0,8	0,85	alta	x
12.	0,5	0,4	0,45	baja	-
13.	0,8	0,8	0,8	alto	x
14.	1,0	0,9	0,95	alta	x
15.	1,0	1,0	1	alta	x
16.	1,0	0,7	0,85	alta	x
17.	0,8	1,0	0,95	alta	x
18.	1,0	1,0	1	alta	x
19.	0,7	0,8	0,75	alta	x
20.	0,7	0,8	0,75	alta	x
21.	0,4	0,5	0,45	baja	-
22.	0,8	0,8	0,8	alta	x
23.	0,8	0,8	0,8	alta	x
24.	0,8	0,8	0,8	alta	x
25.	0,8	0,9	0,85	alta	x
26.	0,7	0,9	0,8	alta	x

El coeficiente de competencia se determinó mediante la fórmula: $K = \frac{1}{2} (kc + ka)$,

donde:

Ka – Coeficiente de argumentación o fundamentación de sus conocimientos.

Kc – Coeficiente de conocimiento o información.

K – Coeficiente de competencia

Si $0,75 < K \leq 1,0$; entonces el coeficiente de competencia es alto.

Si $0,5 < K \leq 0,75$; entonces el coeficiente de competencia es medio.

Si $K \leq 0,5$; entonces el coeficiente de competencia es bajo.

Anexo 8. Encuesta a los expertos seleccionados.

Objetivo: Valorar la pertinencia de la estrategia metodológica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería y del modelo de la dinámica de este proceso.

Datos Generales del experto:

Años de experiencia como docente en la Educación Superior: _____

Categoría Docente: _____

Título Académico: _____

Grado Científico: _____

Formación profesional: _____

Le solicitamos evaluar los aspectos que se relacionan a continuación con la finalidad de obtener su criterio acerca de la pertinencia del modelo de la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería y la estrategia metodológica para su desarrollo. Por favor, en cada caso circule la opción que considere se corresponde con su criterio. Emplee para ello las siguientes categorías:

1- Muy adecuado

2- Bastante adecuado

3- Adecuado

4- Poco adecuado

5- No adecuado

1. El modelo constituye un aporte novedoso, que contribuye a enriquecer la Didáctica de la Matemática para carreras de ingeniería.

1	2	3	4	5

2. Los fundamentos epistemológicos, que apoyan la construcción teórica en la modelación, permiten revelar aquellas categorías que contribuyen a comprender y explicar la esencia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería.

1	2	3	4	5

3. Las configuraciones del modelo constituyen procesos que en su interrelación posibilitan explicar la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería con una orientación hacia la solución de problemas.

1	2	3	4	5

4. Las cualidades que emergen de las relaciones entre las configuraciones condicionan el desarrollo de una dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería contribuye al perfeccionamiento de la práctica socio-profesional de los ingenieros.

1	2	3	4	5

5. La estrategia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería es coherente con el modelo propuesto.

1	2	3	4	5

6. Las acciones de la estrategia posibilitan transformaciones importantes en la dinámica del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería para el perfeccionamiento de la práctica socio-profesional de los ingenieros.

1	2	3	4	5

7. La aplicación de la estrategia del proceso de formación de la capacidad modeladora matemática en estudiantes de carreras de Ingeniería es posible realizarla bajo las condiciones actuales del contexto formativo de la Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez".

1	2	3	4	5

Anexo 9. Procesamiento de datos y análisis de los resultados

Tabla 1

Expertos	Categorías (Aspectos a evaluar)						
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7
E1	M.A	M.A	A	M.A	M.A	M.A	B.A
E2	B.A	M.A	B.A	M.A	M.A	B.A	A
E3	B.A	M.A	M.A	M.A	M.A	B.A	B.A
E4	B.A	M.A	A	M.A	M.A	B.A	B.A
E5	B.A	B.A	M.A	M.A	A	B.A	B.A
E6	B.A	B.A	A	M.A	M.A	B.A	B.A
E7	M.A	B.A	M.A	M.A	M.A	M.A	A
E8	M.A	B.A	A	M.A	M.A	B.A	M.A
E9	M.A	B.A	M.A	B.A	B.A	M.A	M.A
E10	B.A	B.A	A	M.A	A	M.A	M.A
E11	M.A	M.A	A	B.A	M.A	M.A	P.A
E12	M.A	B.A	M.A	M.A	M.A	B.A	M.A
E13	M.A	B.A	B.A	M.A	M.A	B.A	B.A
E14	B.A	M.A	M.A	B.A	B.A	B.A	M.A
E15	M.A	A	M.A	M.A	M.A	M.A	A
E16	B.A	A	M.A	M.A	B.A	M.A	A
E17	B.A	M.A	M.A	M.A	B.A	A	M.A
E18	B.A	A	M.A	B.A	B.A	M.A	M.A
E19	B.A	A	A	A	B.A	B.A	B.A
E20	B.A	A	M.A	B.A	B.A	B.A	B.A
E21	M.A	B.A	B.A	M.A	M.A	B.A	A
E22	B.A	B.A	M.A	M.A	A	M.A	M.A
E23	B.A	M.A	A	A	M.A	B.A	A

Tabla 2

Frecuencias absolutas de las evaluaciones por indicador						
Aspectos	<u>MA</u>	<u>BA</u>	<u>A</u>	<u>PA</u>	<u>!</u>	Total
I1	9	14	0	0	0	23
I2	8	10	5	0	0	23
I3	12	3	8	0	0	23
I4	16	5	2	0	0	23
I5	13	7	3	0	0	23
I6	9	13	1	0	0	23
I7	8	8	6	1	0	23
Total	75	60	25	1	0	161

Tabla 3

Frecuencias acumuladas de las evaluaciones por indicador					
Aspectos	<u>MA</u>	<u>BA</u>	<u>A</u>	<u>PA</u>	<u>!</u>
I1	9	23	23	23	23
I2	8	18	23	23	23
I3	12	15	23	23	23
I4	16	21	23	23	23
I5	13	20	23	23	23
I6	9	22	23	23	23
I7	8	16	22	23	23

Tabla 4

Frecuencias acumuladas relativas de las evaluaciones por indicador					
Aspectos	<u>MA</u>	<u>BA</u>	<u>A</u>	<u>PA</u>	<u>!</u>
I1	0,391	1,000	1,000	1,000	1,000
I2	0,348	0,783	1,000	1,000	1,000
I3	0,522	0,652	1,000	1,000	1,000
I4	0,696	0,913	1,000	1,000	1,000
I5	0,565	0,870	1,000	1,000	1,000
I6	0,391	0,957	1,000	1,000	1,000
I7	0,348	0,696	0,957	1,000	1,000

Tabla 5								
Cálculo de puntos de corte y escala de los indicadores								Eval.
Aspectos	<u>MA</u>	<u>BA</u>	<u>A</u>	<u>PA</u>	Suma	Prom.	Escala	
I1	-0,276	3,490	3,490	3,490	10,194	2,549	-0,554	MA
I2	-0,391	0,781	3,490	3,490	7,370	1,842	0,152	BA
I3	0,055	0,391	3,490	3,490	7,426	1,856	0,138	BA
I4	0,512	1,360	3,490	3,490	8,852	2,213	-0,218	MA
I5	0,164	1,124	3,490	3,490	8,269	2,067	-0,073	BA
I6	-0,276	1,712	3,490	3,490	8,416	2,104	-0,109	MA
I7	-0,391	0,512	1,712	3,490	5,322	1,331	0,664	BA
Suma	-0,604	9,370	22,652	24,430	55,848	13,962		
Promedio Puntos de corte	-0,086	1,339	3,236	3,490	N = <u>1,995</u>		Escala = N - P	

Anexo 10. Prueba Pedagógica 1

Objetivo: Evaluar el nivel de los estudiantes en la solución de los problemas matemáticos ingenieriles, con relación a la lógica del razonamiento matemático.

Contenido de la prueba

La población de una comunidad se abastece de agua de un tanque que tiene forma de prisma recto con una altura de 8 m. La base es un rectángulo en el que uno de sus lados es 2 metros mayor que el otro y el área total del tanque es de 592 m^2 .

- a) Determina la cantidad máxima de agua del tanque.
- b) ¿Cuántas horas demorará en vaciarse cuando está lleno al 70% si por la llave de salida se extraen 60 litros por minuto?
- c) Suponga que desea pintar toda la superficie del tanque y sabe para ello que la cantidad de pintura que se utiliza solamente en una de sus caras mayores es 1,6 litros. ¿Cuál será la cantidad mínima de pintura a utilizar?

Anexo 11. Examen final de Cálculo I Ingeniería Hidráulica

Objetivo: Evaluar el nivel de los estudiantes en la solución de los problemas matemáticos ingenieriles, con relación a la lógica del razonamiento matemático.

Temario

1-Analice si la siguiente función es continua en el punto indicado, en caso de ser discontinua, Clasifique el tipo de discontinuidad.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\sqrt{x}-2}{x-4} & \text{si } x > 4 \\ \frac{1}{4} & \text{si } x = 4 \\ \frac{x^2-16}{x-4} & \text{si } x < 4 \end{cases}$$

2-Encuentre $\frac{dy}{dx}$ por derivación implícita.

$$x \cos y + y \cos x = 1$$

3.-Se quiere fabricar un tanque plástico en forma de ortoedro de base cuadrada, abierto en su parte superior y con el mismo grosor en todas sus caras, que sirva para almacenar exactamente 32 m² de fertilizantes líquido.

¿Cuáles deben ser sus dimensiones para que se gaste la menor cantidad de plástico en su fabricación?

4-Calcule las siguientes integrales.

$$a) \int \frac{x^3 + x^2 + x}{x^2} dx \quad b) \int x e^x dx \quad c) \int \frac{dx}{x^2 + 2x - 48}$$

$$d) \int_1^{\infty} \frac{dx}{x^3} \quad e) \int \cos x \operatorname{sen}^2 x dx$$

5- Para la construcción de una presa se ha determinado utilizando la modelación matemática que la superficie esta comprendida entre las funciones

$$y_1 = x^2 + 2x - 3 ; \quad y_2 = -3x + 3$$

Calcule el área de la disponible para su construcción.

Anexo 12. Prueba Pedagógica 2

Objetivo: Evaluar el nivel de los estudiantes en la solución de los problemas matemáticos ingenieriles, con relación a la lógica del razonamiento matemático.

Contenido de la prueba

1.- En un Centro de Estudios Hidráulicos se realiza el diseño de conectores de tubos y para ello se utilizan láminas metálicas de diferentes características; una de ellas tiene forma triangular con vértices $(0; 0)$, $(0; 3)$ y $(2; 3)$ y su densidad en cada punto esta dada por la función $\rho(x) = 2x + y$.

A usted se pide colaborar con este diseño:

- a) Determinando las ecuaciones de sus aristas.
- b) Haciendo la representación gráfica de esta lamina en un sistema de coordenadas cartesianas.
- c) Calculando su masa.

Anexo 13. Resultado de las evaluaciones de los estudiantes por cada indicador

- I. Nivel de precisión para formular, desarrollar y presentar propuestas de solución de problemas prácticos.
- II. Grado de exactitud en la aplicación desde la formulación de problemas de criterios de diseño, cálculos, mediciones, construcciones y operaciones propias de la profesión.
- III. Nivel de precisión en la selección de procedimientos matemáticos en relación con la solución de problemas ingenieriles, en correspondencia con las necesidades de aplicación y disponibilidad tecnológica.
- IV. Nivel de argumentación de los procedimientos, métodos y técnicas empleados en la solución de problemas profesionales.
- V. Nivel de profundidad en la valoración ingenieril de los resultados del modelo matemático.

Estudiantes	I			II			III			IV			V		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
1	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2	4	3
2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	4	3	2	3
3	3	2	5	3	3	4	3	4	4	3	4	4	2	4	4
4	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	4	3	4	5
5	2	3	3	2	2	4	2	4	4	3	3	4	2	3	4
6	3	3	3	2	2	3	3	5	4	3	3	4	3	3	4
7	2	3	3	2	4	3	2	4	3	3	3	4	3	3	3
8	3	4	4	4	4	5	3	2	4	3	3	3	3	3	4
9	2	3	3	3	2	3	3	2	4	2	2	3	3	3	3
10	2	3	4	2	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4
11	2	3	3	3	3	5	3	3	3	2	3	3	2	2	3
12	2	3	4	2	4	4	2	3	4	3	3	4	3	3	3
13	2	2	3	2	3	4	2	2	3	2	2	2	2	2	3
14	3	3	3	3	2	5	3	3	3	3	3	4	2	3	4
15	3	2	4	3	2	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4
16	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4
17	3	4	3	3	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	3
18	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4
19	2	3	3	3	3	5	3	4	4	3	3	4	2	3	3
20	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3
21	2	4	3	3	3	5	3	5	4	3	3	4	3	3	4
22	3	3	4	3	3	5	3	4	4	4	3	4	4		4

Anexo 14 . Transformación de los estudiantes por cada indicador

Indicador 1

Pruebas no paramétricas

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Primer momento indicador 1	22	2,55	,596	2	4
Segundo momento indicador 1	22	2,91	,610	2	4
Tercer momento indicador 1	22	3,36	,581	3	5

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Segundo momento indicador 1 - Primer momento indicador 1	Rangos negativos	3(a)	6,50	19,50
	Rangos positivos	10(b)	7,15	71,50
	Empates	9(c)		
	Total	22		
Tercer momento indicador 1 - Primer momento indicador 1	Rangos negativos	0(d)	,00	,00
	Rangos positivos	15(e)	8,00	120,00
	Empates	7(f)		
	Total	22		

- a Segundo momento indicador 1 < Primer momento indicador 1
 b Segundo momento indicador 1 > Primer momento indicador 1
 c Segundo momento indicador 1 = Primer momento indicador 1
 d Tercer momento indicador 1 < Primer momento indicador 1
 e Tercer momento indicador 1 > Primer momento indicador 1
 f Tercer momento indicador 1 = Primer momento indicador 1

Estadísticos de contraste (b)

	Segundo momento indicador 1 - Primer momento indicador 1	Tercer momento indicador 1 - Primer momento indicador 1
Z	-2,000(a)	-3,626(a)
Sig. asintót. (bilateral)	,046	,000
Sig. exacta (bilateral)	,076	,000
Sig. exacta (unilateral)	,038	,000
Probabilidad en el punto	,028	,000

- a Basado en los rangos negativos.
 b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Indicador 2

Pruebas no paramétricas

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Primer momento indicador 2	22	2,86	,640	2	4
Segundo momento indicador 2	22	2,95	,722	2	4
Tercer momento indicador 2	22	3,91	,811	3	5

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Segundo momento indicador 2 - Primer momento indicador 2	Rangos negativos	5(a)	4,50	22,50
	Rangos positivos	5(b)	6,50	32,50
	Empates	12(c)		
	Total	22		
Tercer momento indicador 2 - Primer momento indicador 2	Rangos negativos	1(d)	4,00	4,00
	Rangos positivos	15(e)	8,80	132,00
	Empates	6(f)		
	Total	22		

a Segundo momento indicador 2 < Primer momento indicador 2

b Segundo momento indicador 2 > Primer momento indicador 2

c Segundo momento indicador 2 = Primer momento indicador 2

d Tercer momento indicador 2 < Primer momento indicador 2

e Tercer momento indicador 2 > Primer momento indicador 2

f Tercer momento indicador 2 = Primer momento indicador 2

Estadísticos de contraste (b)

	Segundo momento indicador 2 - Primer momento indicador 2	Tercer momento indicador 2 - Primer momento indicador 2
Z	-,540(a)	-3,411(a)
Sig. asintót. (bilateral)	,589	,001
Sig. exacta (bilateral)	,574	,000
Sig. exacta (unilateral)	,287	,000
Probabilidad en el punto	,055	,000

a Basado en los rangos negativos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Indicador 3

Pruebas no paramétricas

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Primer momento indicador 3	22	2,82	,395	2	3
Segundo momento indicador 3	22	3,27	,935	2	5
Tercer momento indicador 3	22	3,64	,492	3	4

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Segundo momento indicador 3 - Primer momento indicador 3	Rangos negativos	4(a)	5,50	22,00
	Rangos positivos	10(b)	8,30	83,00
	Empates	8(c)		
	Total	22		
Tercer momento indicador 3 - Primer momento indicador 3	Rangos negativos	0(d)	,00	,00
	Rangos positivos	16(e)	8,50	136,00
	Empates	6(f)		
	Total	22		

a Segundo momento indicador 3 < Primer momento indicador 3

b Segundo momento indicador 3 > Primer momento indicador 3

c Segundo momento indicador 3 = Primer momento indicador 3

d Tercer momento indicador 3 < Primer momento indicador 3

e Tercer momento indicador 3 > Primer momento indicador 3

f Tercer momento indicador 3 = Primer momento indicador 3

Estadísticos de contraste(b)

	Segundo momento indicador 3 - Primer momento indicador 3	Tercer momento indicador 3 - Primer momento indicador 3
Z	-2,003(a)	-3,819(a)
Sig. asintót. (bilateral)	,045	,000
Sig. exacta (bilateral)	,052	,000
Sig. exacta (unilateral)	,026	,000
Probabilidad en el punto	,013	,000

a Basado en los rangos negativos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Indicador 4

Pruebas no paramétricas

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Primer momento indicador 4	22	2,73	,550	2	4
Segundo momento indicador 4	22	3,00	,436	2	4
Tercer momento indicador 4	22	3,55	,596	2	4

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Segundo momento indicador 4 - Primer momento indicador 4	Rangos negativos	1(a)	4,50	4,50
	Rangos positivos	7(b)	4,50	31,50
	Empates	14(c)		
	Total	22		
Tercer momento indicador 4 - Primer momento indicador 4	Rangos negativos	0(d)	,00	,00
	Rangos positivos	16(e)	8,50	136,00
	Empates	6(f)		
	Total	22		

a Segundo momento indicador 4 < Primer momento indicador 4

b Segundo momento indicador 4 > Primer momento indicador 4

c Segundo momento indicador 4 = Primer momento indicador 4

d Tercer momento indicador 4 < Primer momento indicador 4

e Tercer momento indicador 4 > Primer momento indicador 4

f Tercer momento indicador 4 = Primer momento indicador 4

Estadísticos de contraste(b)

	Segundo momento indicador 4 - Primer momento indicador 4	Tercer momento indicador 4 - Primer momento indicador 4
Z	-2,121(a)	-3,819(a)
Sig. asintót. (bilateral)	,034	,000
Sig. exacta (bilateral)	,070	,000
Sig. exacta (unilateral)	,035	,000
Probabilidad en el punto	,031	,000

a Basado en los rangos negativos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Indicador 5

Pruebas no paramétricas

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Primer momento indicador 5	22	2,73	,550	2	4
Segundo momento indicador 5	22	3,09	,610	2	4
Tercer momento indicador 5	22	3,59	,590	3	5

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Segundo momento indicador 5 - Primer momento indicador 5	Rangos negativos	1(a)	3,50	3,50
	Rangos positivos	7(b)	4,64	32,50
	Empates	14(c)		
	Total	22		
Tercer momento indicador 5 - Primer momento indicador 5	Rangos negativos	0(d)	,00	,00
	Rangos positivos	15(e)	8,00	120,00
	Empates	7(f)		
	Total	22		

- a Segundo momento indicador 5 < Primer momento indicador 5
 b Segundo momento indicador 5 > Primer momento indicador 5
 c Segundo momento indicador 5 = Primer momento indicador 5
 d Tercer momento indicador 5 < Primer momento indicador 5
 e Tercer momento indicador 5 > Primer momento indicador 5
 f Tercer momento indicador 5 = Primer momento indicador 5

Estadísticos de contraste(b)

	Segundo momento indicador 5 - Primer momento indicador 5	Tercer momento indicador 5 - Primer momento indicador 5
Z	-2,126(a)	-3,578(a)
Sig. asintót. (bilateral)	,033	,000
Sig. exacta (bilateral)	,055	,000
Sig. exacta (unilateral)	,027	,000
Probabilidad en el punto	,023	,000

- a Basado en los rangos negativos.
 b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon