

Las matemáticas y la formación del ingeniero, como una relación simbiótica

A symbiotic relationship between the science of Mathematics and the education of engineers

Olha Sharhorodska¹, Arasay Padrón Alvarez² y Norka Bedregal Alpaca³

^{1y3} Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa – Perú

Correo electrónico: ¹osharhorodska@unsa.edu.pe, ³nbedregal@unsa.edu.pe

²Centro de Referencia para la Educación de Avanzada, CREA, Cujae, Cuba,

Correo electrónico apadron@crea.cujae.edu.cu, arasaybia@gmail.com

Recibido: 18 de octubre de 2017

Aceptado: 10 de abril de 2018

Resumen

Los retos y desafíos de las universidades actualmente han cambiado; el desarrollo tecnológico exige que, para hacer frente al proceso de globalización, los ingenieros que se formen en la educación superior sean competentes en el ámbito nacional e internacional. Para ello, es necesario que los estudiantes, futuros ingenieros, desarrollen capacidad para ser creativos, innovadores y razonen en torno a la solución de problemas del área de desarrollo que les compete. Lo cual exige poseer las habilidades matemáticas, vinculadas fundamentalmente a modelar, analizar e interpretar los datos y resultados obtenidos, comunicarse en un lenguaje exacto y preciso, entre otras. Referentes que permitieron el desarrollo del presente trabajo que se propone argumentar la relación simbiótica entre la matemática y la formación del ingeniero que exige el siglo XXI.

Palabras clave: Matemática, pensamiento matemático, modelo, modelación matemática, formación de ingenieros, relación simbiótica

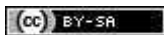
Abstract

The challenges that universities face are changing nowadays. The technological development demands from engineers to be competitive at national and international levels to face globalization. Therefore, future engineers should be creative, innovative and able to solve problems in their field which requires from them the development of mathematical skills, mainly the ones linked to modeling, analyzing and interpreting the data and results obtained,

communicating in an accurate language, among others. These premises made possible the carrying out of this article, which aims at demonstrating the symbiotic relationship between Mathematics and the training of the XXI century engineers.

Keywords: Mathematics, training of engineers, symbiotic relationship

Licencia Creative Commons



Introducción

“En el lenguaje de las matemáticas las ecuaciones son como la poesía: establecen verdades con una precisión única, comportan grandes volúmenes de información en términos más bien breves (...) Y así como la poesía nos ayuda a ver profundamente en nuestro interior, la poética matemática nos ayuda a ver mucho más allá de nosotros mismos: si no tanto como para llevarnos hasta el cielo, sí por lo menos hasta el mismo límite del universo visible.”
Michael Guillen – Cinco ecuaciones que cambiaron el mundo: El poder y la oculta belleza de las matemáticas.

La matemática es una de las ciencias básicas que ocupan un lugar relevante en la formación del ingeniero, en cualquiera de sus especialidades o menciones. Precepto defendido a partir de dos razones fundamentales: el desarrollo de las competencias intelectuales tales como observación, análisis, comparación, síntesis, etc., que se forjan al profundizar los conocimientos matemáticos y por otra, el hecho de constituir un poderoso lenguaje de comunicación entendible por cualquier especialista.

La matemática para la ingeniería es un método de pensamiento, idea que se basa en las reflexiones del famoso matemático ruso Gnedenko cuando escribió: "Durante los últimos doscientos cincuenta años la ingeniería ampliamente estuvo utilizada por los métodos matemáticos para la solución de sus problemas. Al mismo tiempo, la ingeniería ha tenido un gran impacto en el avance de las matemáticas. Es fácil de señalar decenas de direcciones del pensamiento matemático, que apareció sólo en los últimos sesenta años, la mayoría de los cuales experimentó el impacto de las prácticas de ingeniería... La ingeniería no se quedó a un lado: sin el uso generalizado de los métodos matemáticos el progreso técnico en las últimas décadas sería imposible"[1].

Otras ideas de referencia obligatoria al respecto las expone [2]: "Así como la era industrial quemó combustibles fósiles para propulsar sus máquinas, en nuestra era de información el combustible principal que quemamos es la matemática. A medida que el papel de la matemática crece más y más con relación al pasado, se nos oculta cada vez más de la vista, creando un universo invisible que soporta gran parte de nuestras vidas. Así como ocurre que cada uno de nuestros actos está gobernado por las fuerzas invisibles de la naturaleza, como la gravedad, vivimos ahora en el universo invisible creado por la matemática, sujeto a leyes asimismo invisibles..." .

Opinión que se fortalece por M.V. Lomonosov cuando expresa: "La matemática hay que estudiarla por una buena razón - ella pone la mente en orden." A lo que Charles Darwin acota: "Las personas que han asimilado los grandes principios matemáticos tienen un órgano sensorial adicional que los simples mortales. "La importancia de la matemática también según señaló Hugo Steinhaus en su libro "La matemática es un mediador entre el espíritu y la materia"[3]. La matemática como una herramienta de aprendizaje puede ser considerada como "la reina de las ciencias" (según las palabras del "rey" de la matemática K.F. Gauss). La matemática es un sinónimo de la veracidad científica pura.

El trabajo se ha venido desarrollando en todas sus etapas sobre las bases descritas y diferentes trabajos que fundamentan el respeto que se ha ganado la matemática, sobre todo, por su lógica, su estricto orden interno y su contribución al desarrollo del pensamiento. Elementos imprescindibles para la profesión del ingeniero que requiere el desarrollo de un pensamiento lógico importante para su desempeño. Sobre todo, si se parte de una concepción de la ingeniería como señalara [4] cuando expresa que: “la ingeniería es una profesión en la que el arte del diseño, el reconocimiento de las ciencias y la intuición profesional, obtenidos a través del estudio y la experiencia, se aplican juiciosa, creativa y económicamente para poner las fuerzas y recursos de la naturaleza al servicio de la humanidad...” donde, “Los ingenieros son los responsables de crear, transformando la naturaleza, el mundo artificial de los objetos, así como el de los procesos y el de los sistemas” [5].

Argumentos que asume y defiende [6] y al respecto define: “La ingeniería es una profesión en la que el arte del diseño, el conocimiento de las ciencias y la intuición profesional, obtenidos a través del estudio y la experiencia, se aplican juiciosa, creativa y económicamente para poner las fuerzas y recursos de la naturaleza al servicio de la humanidad”.

Después de fundamentar la relación entre Matemática e Ingeniería, es oportuno describir su naturaleza simbiótica. Las relaciones simbióticas están definidas como aquellas relaciones estrechas e inquebrantables entre dos o más organismos según un análisis desde las ciencias naturales; una situación análoga se produce entre la Matemática y la Ingeniería.

La Matemática no es conocimiento estático, al contrario, a medida que la sociedad evoluciona, ciencias como la Astronomía y la Física le proponen nuevos problemas. Por su parte, la Ingeniería debe enfrentar procesos naturales de difícil predicción y control (cambio climático, ríos, lluvias, sismos, inundaciones, etc.), necesita trabajar con materiales y medios, tecnología, etc., cambiantes y novedosos (elaborados o transformados por el hombre) y requiere optimizar procesos (productivos, transformadores, etc.). Todas estas demandas de la sociedad deben ser modeladas e interpretadas por medio de planteamientos y análisis matemáticos que sirvan de soporte a modelos físicos, mediciones y pruebas de laboratorio. Si se asume que la ingeniería es aquella profesión dedicada a resolver los problemas de la sociedad es imprescindible para ello el dominio de los conocimientos, habilidades y capacidades que permitan el desarrollo de un pensamiento abstracto y lógico con una fuerte base en la que la matemática juega un papel preponderante.

Explicada la influencia de la Ingeniería en la Matemática, es necesario describir el rol que juega la Matemática en la formación del ingeniero, es así como queda explicada la naturaleza simbiótica de la relación entre ambas.

Sobre la base de estos fundamentos y las posiciones defendidas se desarrolla el presente trabajo que persigue como objetivo argumentar la relación simbiótica entre la matemática y la formación del ingeniero que exige el siglo XXI y se estructura de la siguiente manera: inicia su desarrollo abordando la matemática en la formación del ingeniero, en un segundo momento de análisis desarrolla la

Matemática como un sistema de modelos y finalmente argumenta las relaciones entre el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática para futuros ingenieros y la modelación matemática.

Desarrollo

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon diversos métodos científicos, tanto teóricos como empíricos, los que permitieron ofrecer los resultados que se exponen en el presente trabajo. Entre ellos se subrayan: el histórico-lógico, tránsito de lo abstracto a lo concreto, analítico-sintético, análisis documental y la Discusión a través del Taller. Los cuales, se integran en la mayoría de los análisis que se presentan, pero se irá precisando a partir de la mayor incidencia de cada uno de ellos para la obtención de los resultados.

El método histórico-lógico permite la contextualización necesaria para el análisis de la realidad actual que ofrece un acelerado proceso de globalización, un creciente desarrollo de la tecnología y cambios cada vez más bruscos y acelerados de la sociedad y el mercado, lo que exige a la educación superior una constante renovación y perfeccionamiento. En esas condiciones y considerando que la cultura es la manifestación más alta de la educación humana y una competencia profesional, resulta particularmente importante la formación de una cultura matemática en los futuros profesionales de la ingeniería.

El concepto de cultura matemática tiene cuatro componentes principales: la descripción matemática del mundo, el pensamiento matemático, métodos matemáticos y el lenguaje matemático.

La matemática es un lenguaje imprescindible para entender las nuevas técnicas superiores, sin ella, es como si un ciego pretendiese admirar la belleza de un paisaje. La matematización de la ciencia avanza de manera lenta pero segura, ya no se trata solamente de la Física, sino que también la Química, la Geología, la Economía, la Sociología, incluso la Gramática usan cada vez más los métodos matemáticos. Es más, algunas áreas del conocimiento están tan impregnadas de fórmulas y razonamientos matemáticos, como puedan estarlo la Mecánica o la Electricidad.

El método referido permite revisar la historia de la matemática y en ella se encuentra un detalle peculiar: razonando sobre el mismo problema, diversos matemáticos empiezan a elaborar las mismas estructuras matemáticas y; por otra parte, las soluciones de diferentes problemas de absolutamente distintas áreas conducen a un mismo modelo matemático. Como dijo el matemático, físico, científico teórico y filósofo Henri Poincaré: "la matemática es un arte de llamar a las diferentes cosas por el mismo nombre". La similitud de los modelos matemáticos es un reflejo de la cohesión de la naturaleza, de la universalidad de sus leyes; la matemática como una herramienta de aprendizaje en la universalidad es considerada básica para la formación de los profesionales pero definitivamente con mayor énfasis en las ingenierías.

La matemática en la formación del ingeniero

La utilización del método antes referido y el analítico-sintético fueron muy útiles para el análisis reflexivo de la constatación práctica, la determinación de regularidades y la estructura del fenómeno estudiado, las interrelaciones que lo mueven y la proyección de una práctica que permita su transformación según necesidades sociales. Respuesta que brinda la formación de los ingenieros y su simbiosis con la matemática desde sus inicios hasta su valoración en las condiciones actuales.

Existen evidencias matemáticas desde que existe el ser humano. Prácticamente todo ser humano es un matemático, en algún sentido, desde los que utilizan la matemática hasta los que la crean. Por otra parte, todo individuo es, hasta cierto punto, filósofo de la matemática; es así que el individuo que mide, que reconoce personas o cosas, cuenta o dice “tan claro como que dos más dos es cuatro”, es un matemático o filósofo de la matemática [7].

El término "matemáticas" es de origen griego: "la ciencia", "la enseñanza", lo que, a su vez, viene del verbo "aprendizaje a través de la reflexión." Según Arrigo Coen, Mathema significa “erudición”, y Manthanein es definido como: “el infinitivo de aprender”, el radical Mendh significa en pasivo, ciencia, saber. Para numerosos autores y en sentido implícito, Matemática significa “lo digno de ser aprendido”. También es fuertemente defendida la Matemática como la “ciencia por excelencia”. El famoso astrónomo, filósofo, ingeniero, matemático y físico italiano, Galileo Galilei dijo: “El gran libro de la naturaleza puede ser leído solamente por aquellos que conocen el lenguaje en el cual está escrito. Y ese lenguaje es el de la matemática”.

Todos estos elementos ubican a la Matemática entre las ciencias básicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de todo profesional y esencialmente en la formación del ingeniero, si se parte de las posiciones asumidas anteriormente.

El análisis de la obra de [26] y la utilización del método “tránsito de lo abstracto a lo concreto” permite a las autoras asumir que el potencial de las matemáticas para el desempeño del profesional de la ingeniería se manifiesta en las siguientes direcciones, tales como:

- La matemática estudia los modelos matemáticos de los procesos y fenómenos, los modelos matemáticos se describen en el estricto lenguaje matemático. Un ingeniero que domina el lenguaje matemático es capaz de entender la esencia de los procesos reales y también se orienta mejor en los ambientes a su alrededor para la solución de los problemas profesionales y personales.
- Es reconocida la influencia de la matemática sobre el desarrollo del pensamiento lógico y abstracto y los rasgos de la personalidad, continuamente afirmado a través de la frase: “La matemática ordena la mente”. Base imprescindible en el modelo del profesional de la ingeniería, el que en los numerosos planes de estudio revisados se encuentra similitud especialmente en el desarrollo del pensamiento que se requiere y la capacidad para estructurar lo no estructurado, manejar la

incertidumbre, reconstruir sus aprendizajes, tomar decisiones fundamentadas, hallar soluciones alternativas y el desarrollo del liderazgo y la creatividad.

- Abunda en la literatura que el ingeniero que es capaz de formular una definición matemática y realizar demostraciones matemáticas; entonces puede dominar además del lenguaje ordinario el lenguaje profesional, que es formado según ciertas reglas (brevedad, claridad, concisión, minimización, etc.).
- Es reconocido en el ámbito pedagógico, en las didácticas particulares de la ingeniería y en investigaciones dedicadas a la formación del ingeniero en distintos órdenes y direcciones que el estudio de las matemáticas es proceso idóneo para contribuir y alcanzar requisitos tales como: el estudio de altos niveles de complejidad, el rápido ritmo de aprendizaje, la prioridad de la teoría, la individualización en proceso de enseñanza-aprendizaje, la vinculación de la teoría con la práctica, entre otros.
- La formación Matemática debe ser vista como un componente vital y una herramienta poderosa para la solución de los disímiles problemas que enfrenta el ser humano y como lenguaje universal de la ciencia, así como un elemento común de la cultura [8]. Todo ello con marcada incidencia en las particularidades que exige la formación del ingeniero, su modelo de actuación y las competencias que desde el perfil se evidencian en los currículos y planes de estudio en la actualidad.

La utilidad de las matemáticas como herramienta para acceder a otros saberes se ve apuntalada, además, con una serie de habilidades que el ingeniero requiere para responder a las exigencias profesionales actuales. Según [9]: “Para hacer frente a estos nuevos desafíos, el ingeniero, no solo tiene que demostrar que es capaz de adaptarse a la sociedad en la cual va a trabajar, sino que también debe poder usar con gran maestría las nuevas herramientas tecnológicas puestas a su disposición. Dichas herramientas se basan generalmente en nuevas y emergentes teorías matemáticas que hubieran podido considerarse todavía, hace apenas una o dos décadas, como inmaduras, pero que ahora han demostrado cumplidamente en el mundo de la producción que son capaces de producir herramientas (programas de simulación ...) o métodos (de apoyo en la decisión ...) apropiados y fructíferos para proporcionar respuestas, ya sean parciales o imperfectas en este nivel de complejidad e incertidumbre en el cual nos hallamos inmersos”

Es usual escuchar a personas que afirman que las matemáticas son muy difíciles, que no son importantes en la vida, que sólo las utilizan un grupo de expertos. En este orden de ideas, es frecuente que estudiantes y profesores de otras ciencias expresen posiciones en contra de la Matemática, la menosprecien o la rechacen como ciencia. Reflexiones que en su mayoría están basadas en su desconocimiento, incompreensión de la misma y/o deficiencia en la búsqueda de la relación entre la ciencia que se imparte o recibe y la matemática. Uno de los métodos empíricos que permiten la afirmación anterior y las respuestas que se emitirán, es la Discusión, a través del taller.

La realización de diversos talleres permitió valiosos intercambios con especialistas y profesores universitarios dedicados a la formación de ingenieros de diferentes escuelas: Ing. Química, Civil, Hidráulica, Geofísica, Sistemas y de

la escuela de Matemáticas; de las dos universidades que se implican en esta investigación la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú y la Universidad Tecnológica de la Habana, Cujae, Cuba.

Sobre la base de estas ideas pudiera cuestionarse: ¿Por qué ocurre esto? Los talleres muestran que en primer lugar, en el caso de los estudiantes por la falta de hábitos de estudio constante y sistemático (necesidad básica para la comprensión y estudio de la matemática) y en segundo lugar por la extendida tendencia al estudio superficial, finalista y solo para aprobar un examen y no para entender y profundizar en las ciencias que necesitan para su desempeño profesional, así como la inter e intradisciplinariedad que se requiere para la solución de los problemas profesionales , (como es el caso que se analiza).

Una historia cuenta de un rey que deseaba aprender matemáticas, pero sin esfuerzo, a lo que el profesor convocado le respondió que “no había un camino real para las matemáticas”. Da la impresión de que actualmente muchos alumnos creen que tal camino (fácil, plano, pavimentado) debe existir para ellos. Todo ser humano es capaz de aprender las matemáticas y utilizarlas para resolver situaciones en la vida cotidiana. Entre las particularidades del proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática se encuentra que aprender Matemática implica el desarrollo de habilidades generales para el manejo, la comprensión y comunicación de datos numéricos, más que el dominio de conceptos y técnicas aisladas e involucra comprensiones globales más o menos amplias [10]. De lo que se desprende que es necesario atender a la didáctica particular y específica de la Matemática y sus particularidades para con la educación superior.

Entonces, ¿qué ofrece la matemática, que no crea nuevos fármacos como la química, no desarrolla nuevos procesos y/o máquinas como las ingenierías, no mejora la productividad de las plantas como la genética, etc.? ¿Por qué la presencia en, cualquier campo de la ciencia y la tecnología, de los métodos matemáticos? La razón principal de este proceso, como señalan los autores [11] y [12], es que la matemática proporciona en forma clara y generalizada los modelos diseñados lógicamente para el estudio de las leyes de la realidad por medio de su lenguaje especial: El lenguaje de los números (naturales, racionales, irracionales, complejos), signos y símbolos, diferentes sistemas numéricos (individuales, binarios, decimales).

El uso de los métodos matemáticos amplía considerablemente los campos de actuación para cualquier ingeniero. Papel importante desempeñan los métodos matemáticos en el tratamiento de los resultados, en la capacidad para manejar y almacenar adecuadamente la información, en la redacción de conclusiones sólidas, en la formulación de predicciones basándose en los datos estadísticos disponibles, etc. Es elemental, por tanto, que la demanda de un especialista capaz de realizar los análisis adecuados, a partir de un pensamiento analítico consolidado, aumenta de manera considerable.

Unido a las potencialidades anteriores la matemática ofrece a las otras ciencias un lenguaje exacto y formal para la presentación y el modelado de sus objetos y procesos. Las Matemáticas eran un lenguaje, según [13], y como decía Gonzalo de Berceo, no se puede afirmar que sea solamente un lenguaje. Es más bien un

modo de pensamiento, una manera de razonar muy especial; una forma de plantear los problemas, de preguntar por el ser de las cosas, que ofrece al hombre la máxima seguridad en la certeza de los conocimientos adquiridos, la máxima precisión en los límites de lo verdadero, y la confianza racional del saber adquirido. Pero, lo que es también muy importante, es el método matemático, uno de los más potentes en el acceso al mundo de lo desconocido, una de las guías más eficaces en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, la matemática es el lenguaje de la ciencia y la base de la formación de todo profesional de la ingeniería.

Como objetos de estudio de la matemática se utilizan los modelos lógicos, desarrollados para explicar los diversos fenómenos en la naturaleza, de la sociedad y de la tecnología. El modelo matemático del objeto o fenómeno estudiado se denomina una estructura lógica que representa las formas geométricas del objeto en conjunto con las relaciones y las correspondencias cuantitativas entre sus variables. En consecuencia, el modelo matemático representa ciertos aspectos del objeto que se está estudiando y puede sustituirlo, por lo que el modelo de estudio proporciona nueva información sobre el objeto, basándose en los principios de la lógica matemática, de la estadística matemática y de las leyes de la naturaleza formuladas en el lenguaje matemático.

Los modelos matemáticos, vistos como una conexión entre la teoría matemática y el mundo real, se convierten así en una posibilidad didáctica: la enseñanza de las matemáticas a través del uso de modelos matemáticos, se convierte en el puente para conectar la teoría con la práctica profesional y un medio adecuado para desarrollar las habilidades matemáticas que los ingenieros o profesionales (no matemáticos) requieren para su actividad laboral. Por solo citar algunos ejemplos ampliamente conocidos puede subrayarse: el pensamiento analítico, el rigor demostrativo, el sentido de la exactitud y el de la aproximación aceptable, la objetividad numérica y la propensión a la medición, entre otras. Por lo tanto, la modelación es necesaria en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería y se convierte en base esencial para su desempeño.

La matemática como un sistema de modelos necesarios para la ingeniería

Las potencialidades de la matemática se basan en gran medida en el hecho de que es un sistema de modelos. Solo el modelo exitoso de un objeto o fenómeno como una descripción matemática es la clave en la comprensión de dicho elemento y; en consecuencia, en la predicción de su dinámica.

El hecho de que la matemática puede ser considerada como un sistema de modelos se puede entender en dos sentidos. En primer lugar, es un sistema de modelos que está constantemente evolucionando y adaptándose a la realidad. En segundo lugar, como la teoría en sí, puede ser representada en una forma cerrada como sistema de los modelos. Pero la matemática como ciencia no se reduce a lo anterior sino, además, incluye los experimentos, principalmente computacionales. La matemática tiene un concepto del modelo como un sistema de objetos, las relaciones entre ellos y las operaciones sobre ellos; forma bastante común para describir una amplia clase de teorías.

Valiosas pautas en relación con lo defendido se deben acentuar, entre las que se encuentran las siguientes, solo por mencionar algunas de ellas:

- La modelación es una técnica muy eficaz
- El tipo más prometedor de modelado es la modelación matemática
- Los descubrimientos matemáticos evidencian nuevas características de los modelos, o dan lugar a nuevos modelos
- Un modelo tiene una construcción más general que una regla
- La aparición de los nuevos modelos a menudo conduce a un giro cardinal en el desarrollo de las matemáticas
- Los ejemplos de tales modelos son la geometría no euclidiana, la teoría de conjuntos y la teoría de grupos
- Además, de los modelos formales existen los modelos de simulación, que generalmente requieren el uso de computadoras

El estudio ICMI 14 titulado *Modelling and Applications in Mathematics education* [14] define la modelación como un proceso cíclico que se lleva a cabo entre el mundo extra-matemático y las matemáticas. Un modelo es en ese sentido, una triada formada por estos dos ámbitos y una correspondencia entre ellos.

La habilidad de construcción de estos modelos es un arte, es necesario no sólo poder describir los procesos en el lenguaje de las matemáticas, eligiendo de los modelos adecuados las más simples, sino hay que ser capaz de encontrar características informativas del objeto simulado y limitar al mínimo el número necesario de ellas. Constituyéndose la modelación y los modelos una causa esencial en la constante expansión del papel de las matemáticas en el mundo moderno. Una declaración de [15] subraya: "En cada una de las ciencias naturales se encuentra tanta veracidad cuanta matemática ella contiene".

En la segunda mitad del siglo XX, con la llegada de las computadoras se descubrió que la formulación de muchos problemas no encaja en el modelo tradicional, que es asociada con el principio de absoluta precisión basado en la lógica formal de Aristóteles. Aparecieron nuevos modelos de procesamiento de los resultados de la investigación: el problema de la planificación óptima, los problemas de diagnóstico matemático, de clasificación y predicción. Surge una nueva teoría de los problemas "mal" planteados [16].

En el mundo moderno, uno de los recursos más valiosos es la información. Cada año aumenta considerablemente la integración entre distintas esferas de la vida humana y las computadoras y todo tipo de programas. Las Matemáticas han estado en la base de la creación misma de la Informática, de hecho, la informática no existiría sin las matemáticas y son parte fundamental de las mismas. Los dos pilares de la matemática (cálculo numérico y cálculo simbólico) son indispensables para la informática, además, los primeros informáticos eran matemáticos que querían automatizar ciertos procesos de cálculo. Ahora existe "Matemática computacional" donde la informática juega un papel central y esencial, a través de los algoritmos, métodos numéricos y métodos simbólicos.

Se considera que el modelo matemático está construido y terminado, si es suficientemente completo y con la precisión requerida y caracteriza el objeto de

investigación según el criterio seleccionado. Sólo después dicho modelo matemático puede ser utilizado en la práctica [18, 19]. Pero la práctica cotidiana, en el proceso de producción y en la ciencia, muy a menudo se encuentra los problemas para los cuales no existe una respuesta predeterminada o las soluciones listas. Muchos de los problemas de la vida real no son típicos - son únicos, por lo que, para poder resolverlos con éxito, en primer lugar, hay que saber pensar e imaginar; o sea en dependencia del desarrollo del pensamiento y la imaginación. Donde el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas influye determinantemente.

Todos los elementos descritos y desarrollados hasta aquí muestran ampliamente las evidencias que justifican la tesis que se defiende: la matemática como un sistema de modelos es necesarios para la ingeniería y el desempeño profesional y personal de todo ingeniero de este tiempo.

Relaciones entre el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática en la formación de ingenieros y la modelación matemática

Como resultado de la aplicación del método análisis documental y las reflexiones anteriores se concluye que “el pensamiento matemático, el pensamiento analítico, estructural, cuantitativo, sistemático, puede ser aplicado al mundo real y generar observaciones de gran valor; en otros términos, que la modelación matemática es posible y puede ser eficaz” [20]. Esta cita permite evidenciar que [20] no expresa los elementos que deben conformar la formación matemática en los ingenieros a través de una lista de conceptos y técnicas, sino de pensamientos matemáticos asociados a la modelación matemática. Lo anterior sugiere una transición del modelo de formación teoría-aplicación al de teoría-modelación matemática-práctica profesional.

La modelación matemática ocupa un lugar cada vez más importante en la formación del ingeniero. Los planes y programas de estudio de diferentes instituciones señalan, ya sea en términos de competencias u objetivos, dotar al estudiante de herramientas matemáticas para que modele situaciones prácticas.

Las funciones y tareas que desempeña un ingeniero son diversas entre las que pudieran mencionarse:

1. Diseño y construcción de obras civiles (vías de comunicación, obras hidráulicas, obras sanitarias, puertos, aeropuertos, edificaciones de diversa naturaleza, remodelaciones y, en general, construcción y ambientación tecnológica de espacios para las múltiples actividades que las personas realizan)
2. Diseño y construcción de plantas e instalaciones industriales
3. Prospección, explotación y refinación de productos provenientes de fuentes energéticas
4. Comercialización de productos tecnológicos de orígenes y estados de elaboración muy diversos
5. Instalación y mantenimiento de maquinarias y equipos de variadas clases
6. Proyectos y supervisión del funcionamiento de sistemas
7. Participación en equipos multidisciplinarios para proponer soluciones a variados problemas de administración o tecnológicos

8. Gerencia en organizaciones públicas y privadas
9. Docencia en su especialidad o en áreas relacionadas con ella
10. Desarrollo e investigación en diversas ramas de la tecnología y en el estudio de los efectos de la adopción y adaptación de nuevos equipos y sistemas [21].

A partir de las posiciones defendidas y asumiendo que el método esencial de trabajo de un ingeniero es el diseño, análisis y síntesis [22], imponen orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de ingeniería hacia:

1. Abordar a través de la modelación matemática situaciones contextuales
2. Proponer situaciones en las que estén presentes necesidades tales como: averiguar y ordenar datos, realizar mediciones, distinguir constantes y variables, seleccionar opciones de trabajo, formular hipótesis
3. Aplicar la matemática para explicar fenómenos, hacer predicciones, tomar decisiones, validar propuestas y elaborar criterios de comparación

La modelación matemática, vista en los términos que aquí se han planteado, es un proceso que se relaciona directamente con el diseño en ingeniería pues exige el desarrollo de diversas competencias defendidas según las posiciones de [23] y las autoras de la presente investigación:

- a. Visualiza en paralelo y bidireccionalmente lo contextual y su formulación en términos de un dominio matemático adecuado a la situación regional, nacional o internacional que enfrenta mostrando su compromiso social.
- b. Confronta situaciones reales, de manera individual y colectiva, que deben ser comunicadas con diferentes modalidades de representación (lenguaje natural y matemático) desde una posición responsable.
- c. Aprecia el conocimiento matemático como útil, pertinente, con significado y con posibilidades de ser reconstruido, atendiendo a las necesidades del evento en el cual se está trabajando.
- d. Valida los modelos y las soluciones que propone atendiendo tanto a la teoría como a la situación contextual en la que se encuentra, asumiendo responsable y éticamente sus propuestas.

Los estudiantes del siglo XXI no sólo necesitan los principios fundamentales de la aritmética, el álgebra y la geometría, sino que al tener que trabajar utilizando computadoras se debe evidenciar que: Resuelve problemas sociales, profesionales y personales mediante el manejo de algoritmos, formas, funciones, datos, atributos y acciones para su contribución al desarrollo social desde posiciones responsables; entre otras tantas competencias. El aprendizaje de las matemáticas debe ser un proceso activo, a partir de la elaboración por parte del estudiante y del docente de la información recibida de las diferentes: textos, internet, proyectos realizados o en curso en otras latitudes, vida cotidiana, etc.; para que cada uno elabore y relacione los datos recibidos en función de sus conocimientos previos y sus características personales y profesionales.

Los argumentos defendidos hasta el momento enfatizan sobre la Modelación Matemática, como una herramienta para el estudiante, con la que pueda elaborar una “realidad”, estructurarla, matematizarla y reflexionarla; donde el

proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática esté en constante cambio entre lo concreto y lo abstracto dotando el aprendizaje de sentido para el estudiante.

Los objetivos fundamentales de la matemática en la formación de ingenieros de forma general pueden concretarse en:

- Proporcionar los conocimientos para desarrollar competencias, habilidades y destrezas que permitan plantear y resolver problemas prácticos y teóricos, mediante la formulación e interpretación de modelos en términos matemáticos
- Desarrollar un pensamiento objetivo, dando mayor importancia al razonamiento y a la reflexión, antes que a la mecanización y memorización
- Desarrollar capacidades para simular, estructurar, razonar lógicamente
- Apropiar el lenguaje y simbolismos, que le permitan al ingeniero comunicarse con claridad y precisión, hacer cálculos con seguridad, manejar instrumentos de medidas, de cálculo y representaciones gráficas para comprender el mundo en que vive, atendiendo a los estándares que rigen la simbología matemática.

Los doctores referidos en [24], analizando la importancia de las matemáticas para la formación del ingeniero, señalan lo siguiente: es necesario "promover la integración de las áreas de matemáticas y de ingeniería y aceptar dicha integración como una condición necesaria para alcanzar los objetivos en la educación del futuro ingeniero"

Todo lo expuesto responde ampliamente a la pregunta ¿Para qué enseñar tanta matemática al ingeniero? La respuesta se concreta en que las matemáticas son base imprescindible para su desarrollo y desempeño profesional.

Conclusiones

La matemática es un pilar básico en la formación integral de los ingenieros, por lo que debe trabajarse arduamente para lograr la motivación e interés de los estudiantes por las aplicaciones matemáticas, pues es a través de ellas que se resuelven numerosos problemas de la ingeniería.

Los estudiantes que opten por el estudio de una ingeniería deben ser capaces de desarrollar habilidades matemáticas y tecnológicas que les permitan competir a nivel nacional e internacional, utilizando métodos que solucionen problemas sociales y económicos, tales como la invención de tecnologías o la creación de instrumentos que permitan a las industrias mejorar sus procesos de producción. El estudio de matemáticas permite a los ingenieros desarrollar capacidades como: identificar, interpretar, representar y modelar problemas planteados en la industria, con el objetivo de mejorar los procesos inherentes a estas.

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática debe contribuir a que la matemática se convierta en un instrumento de trabajo indispensable en la solución de problemas de la especialidad y de la producción, apoyar a que el

estudiante de ingeniería se desarrolle con una visión del mundo que favorezca a la formación de un pensamiento analítico, reflexivo, deductivo y creador.

Los argumentos expuestos, sobre la base de los métodos científicos utilizados, los fundamentos y posiciones teóricas defendidas muestran y justifican ampliamente la relación simbiótica que existe entre las matemáticas y el proceso de formación del ingeniero. Relación que se fortalece con el análisis de la Matemática como un sistema de modelos y el desarrollo de las relaciones existentes entre la modelación matemática y el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta ciencia en la formación de los ingenieros.

Referencias bibliográficas

1. Гнеденко Б. Научно-технический прогресс и математическое образование во вузах. Сб. научно-методических статей по мат. – М., 1978, 8. – С. 6-11.
2. Devlin K. El Lenguaje de las Matemáticas. D'vinni Ltda, Colombia; 2003.
3. Штейнгауз Г. Д. Ш88 Математика — посредник между духом и материей [Электронный ресурс] / Г. Д. Штейнгауз ; пер. с польск. — 2-е изд.(эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 354 с.). —М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.
4. Gallegos H. La calidad de la ingeniería. Revista El Ingeniero Civil.1995 (96)
5. Gallegos H. Innovación curricular en la formación de ingenieros civiles. Revista El Ingeniero Civil. 1996 (101)
6. Castañeda E. Pedagogía GIC y TIC para Ingenieros. La Habana: Editora Política; 2012
7. Lluís E. El desconocido mundo de la matemática [Maestría]. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: www.semana.mat.uson.mx/MemoriasXVII/XI/lluis_puebla_emilio.pdf
8. Грес В. Математика для гуманитариев: Учебное пособие. – М.: Юрайт, 2000. – 112 с.
9. Dujet C. Mathématiques pour l'ingénieur. 2006. Disponible en: <http://amerinsa.insa-lyon.fr/>
10. Moreno L. Statistical Literacy. Statistics Long after School., en L., Pereira-Mendoza et al.(ed.). Proceedings of the 5th International Conference on Teaching Statistics, Singapur, 1998, pp. 447-452
11. Тютюнник И. Математические методы в психологии. Учебно-методическое пособие. – СПб. 2012. – 147 с.
12. Ярыгин Н. Математические аспекты сравнения компетентностей: субъектность, недезьюнктивность, нетранзитивность // Вектор науки ТГУ. 2011. 16 (2): 24-28.
13. Darío C. La importancia de la filosofía para matemáticos, físicos e ingenieros, Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp).2008; 102 (1):229-250
14. Niss M, Blum W, Galbraith P, & Henn W. Modelling and applications in mathematics education- the 14th ICMI study. 2007: 3-32
15. Кант И. Метафизические начала естествознания // Кант Иммануил. Сочинения в шести томах. М.: Мысль, 1966. Т. 6. С. 53-175.
16. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1974.

- 17.Мазуров В.Д., доктор физико-математических наук, профессор кафедры математической экономики Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ведущий научный сотрудник ИММ УрО РАН, г. Екатеринбург.
- 18.Колягин Ю.М. и др. Учись решать задачи / Ю.М. Колягин. М.: Просвещение, 1980. 96с.
- 19.Миронов В.Б. Век образования / В.Б. Миронов. М.: Педагогика, 1990. 176 с.
20. Pollak O. Mathematics as a service subject – why? In A. G. Howson et al. (Eds), Mathematics as a service subject. Cambridge: Cambridge University Press (Series: ICMI study), 1988: 28-34
- 21.Бодряков Ю, Ушакова Р, Башкатов Н. Развитие исследовательских компетенций студентов как инструмент формирования высоких профессиональных качеств современного инженера // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2015. 33-37.
- 22.Усольцев П, Шамало Т. Н О понятии «инженерное мышление» // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2015. 3-9.
- 23.Cruz C. Aportes de la Matemática en la Información, Capacitación y Formación del Ingeniero. Conferencia en Foros de Ciencia y Tecnología. Departamento de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional Experimental De Guayana. 2004.
- 24.Mendible A, Ortiz J. Modelización Matemática en la formación de Ingenieros. La importancia del contexto. Enseñanza de la Matemática. 2007; 12 (16 extraordinario):133-150
- 25.Моисеев Б, Федосеев М. Педагогический потенциал математики в формировании инженерной культуры студента втуза // Общество: социология, психология, педагогика. 2014. № 2.
- 26.Gres P.V. Matematika dlya humanitariev./ Gres, P.in. Mathematics for humanities. Moscow; 2003.

Autores

Olha Sharhorodska, Máster en Ciencias, Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa – Perú.

Norka Bedregal Alpaca, Docotra en Ciencias, Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa – Perú.

Arasay Padrón Álvarez, Doctora en Ciencias Pedagógicas, Profesora Titular, Centro de Referencia para la Educación de Avanzada, CREA, Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”. Cujae, Cuba.

