

Matemática e Ingeniería: Una Relación Bilateral

Liliana Lima / lilianalimap@gmail.com
Carmen Vásquez y Douglas Jiménez

Universidad Nacional Experimental Politécnica
Antonio José de Sucre - Núcleo Barquisimeto, Lara.



Recibido: 21-04-2008 • Aceptado: 05-06-2008

Resumen

La matemática se concibe como una herramienta fundamental en la formación de ingenieros, pero también se observan importantes aportes de la ingeniería a la matemática. En este artículo se presenta una investigación documental para resaltar las diferentes contribuciones que ha hecho una para la otra. Se realiza una breve reseña histórica en el desarrollo de la matemática y de la ingeniería, se presenta una muestra de ejemplos particulares de aplicación y se realiza una exposición sobre el desarrollo de habilidades del pensamiento inducido por la matemática. Del análisis de los resultados señalados anteriormente, se evidencia el apoyo significativo de la matemática a la ingeniería y viceversa. Se concluye que existe una importante relación entre matemática e ingeniería.

Palabras clave: Matemática. Ingeniería. Conocimiento.

Mathematics and Engineering: A Bilateral Relationship

Mathematics is conceived as a fundamental tool in the forming process of engineers, but it has also been nourished by engineering itself. A documentary research is shown in this article to highlight the different contributions that they have given one another. A brief historical description on the development of mathematics and engineering is developed, a sample of specific examples of applications is shown, and a presentation on the development of thought-skills induced by mathematics is presented. From the analysis of the aforementioned results, the significant support given to the engineering field by mathematics, and vice versa, is evidenced. It is concluded that there is an important relationship between mathematics and engineering.

Key Words: mathematics, engineering, knowledge.

Abstract

I. Introducción



En alguna oportunidad el lector o lectora ha sumado la cantidad de billetes y monedas que lleva en su cartera? ¿Realizando una receta de cocina se ha concentrado en las proporciones de los ingredientes que utilizará? Si ha construido en su casa al menos un piso o una pared, ¿el albañil le solicitó una cantidad de bloques, cemento y otros materiales en función de los metros cuadrados de la superficie que transformará? ¿Por qué los juegos de loterías siempre dan grandes ganancias? ¿Cuántas sumas, restas y planes estratégicos realiza un jugador de dominó? ¿Tiene equipo de aire acondicionado en su casa al cual le baja o sube la temperatura sin percibir el esfuerzo que hace el aparato para mantenerla? ¿Puede imaginar los cálculos realizados por los ingenieros civiles que diseñaron el puente Orinokia sobre el río Orinoco? ¿Ha observado las líneas de alta tensión que decoran diferentes zonas de las ciudades y paisajes rurales? ¿Se ha maravillado al ver la imagen de un feto a través de un ecosonograma o las secciones transversales de un cerebro gracias a una resonancia magnética? ¿Muestran los informes realizados por economistas o sociólogos sobre pobreza y otros hechos sociales índices numéricos para su estudio? Y más allá de lo que observamos de manera explícita, ¿ha realizado algún plan estratégico que encadene razonamientos lógicos para conseguir la



solución de un problema o lograr un objetivo?

Quizás con estos pocos ejemplos se ha logrado que acepte que la matemática está en todas las áreas del conocimiento humano y que la necesitamos para desarrollarlos. Sin embargo, aún debe quedarle el sabor amargo de las dificultades que le ha ocasionado estudiarla o en muchos de los casos pensar que tanta matemática no le ha sido útil en su desempeño profesional. Este modo de pensar lo suelen tener incluso algunos ingenieros, a quienes en su vida de estudios de pregrado se les obliga a cursar al menos cuatro asignaturas de Cálculo, un Álgebra lineal y Estadística, con un alto grado de exigencias y en su quehacer profesional sienten que les ha servido muy poco tantos esfuerzos. Es probable también que no sea necesario demostrar la utilidad que tiene la matemática como ciencia de apoyo a la ingeniería, sin embargo, no se ha declarado aún en esta introducción la relación bilateral que existe entre ambas.

La Figura 1 muestra que la matemática desarrolla el conocimiento en base al Método Científico, y que la ingeniería lo hace a través del Método Tecnológico. La relación entre ambos Métodos la han declarado diversos autores (Cegarra, 2004), (García-Córdoba, 2005) y (Acevedo, 2006). Pero el conjunto de aportes simultáneos entre la matemática y la ingeniería ha sido escasamente analizado, siendo el énfasis de la presente disertación. Existen ramas de la

matemática que han necesitado para su desarrollo nuevas tecnologías propias de la ingeniería. Estas tecnologías se han extendido desde el ábaco, como primer instrumento de cálculo, hasta las computadoras personales, utilizadas como herramientas para obtener nuevos enfoques metodológicos en el trabajo matemático.

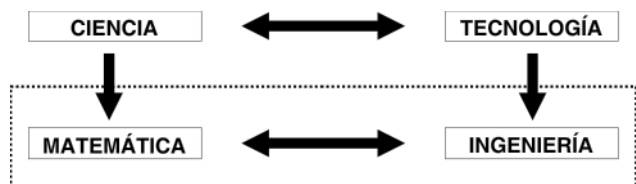


Figura 1. Relación entre la ciencia, la tecnología, la matemática y la ingeniería.

El objetivo del presente trabajo es mostrar la relación bilateral entre la matemática y la ingeniería, presentando los resultados de una investigación documental que recorre en un primer apartado la descripción de la metodología. A esta apartado les siguen los referidos a una síntesis histórica de la matemática y de la ingeniería, donde aparece un breve paseo por sus historias con el propósito de considerar los aspectos que han permitido el desarrollo del conocimiento y de las tecnologías utilizadas en ambas disciplinas. Adicionalmente, se presentan los apartados de la matemática como ciencia de la ingeniería y de la ingeniería como apoyo tecnológico de la matemática para demostrar la relación bilateral entre ambas. Se incluye una sección donde se describen las habilidades cognoscitivas de los matemáticos y de los ingenieros. Y, finalmente, se culmina con un análisis de resultados y las conclusiones del estudio.

2. Metodología

Este trabajo corresponde a una investigación documental que, según Arias (2006) "...es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios". Para Farsi y Ruiz (2007), la investigación documental tiene como propósito profundizar en un problema tomando como base estudios realizados y literatura sobre el tema.

Se entiende por datos secundarios aquellos que son obtenidos por fuentes documentales de otros investigadores, Arias (2006).

La información se recopiló a través de la aplicación de cuatro estrategias de búsqueda en fuentes secundarias: 1) lectura de libros, 2) revistas especializadas, 3) conferencias, 4) informes de investigación. Obtenidas algunas de fuentes impresas (libros, revistas, conferencias) y otros haciendo uso de documentos de Internet, tales como revistas periódicas, informes de investigación, páginas web, entre otros.

Dicha recopilación fue organizada en registros tipo fichas y se clasificaron según la información que suministraban en cuanto a historia, conceptos matemáticos aplicados, tecnologías de aplicación a la matemática y habilidades del pensamiento. Para el análisis de resultados se utiliza como técnica lógica la inducción.

3. Desarrollo

3.1 Breve reseña histórica de la matemática

Según la Real Academia Española (2001), "la matemática es la ciencia deductiva que estudia las propiedades de los entes abstractos, como números, figuras geométricas o símbolos, y sus relaciones". Es decir, su estudio está sujeto a la elaboración de abstracciones. Pero se han dado ejemplos anteriormente de diversas actividades concretas en las que la matemática cumple un papel importante de apoyo. Entonces, cómo se transfieren tales abstracciones a los hechos concretos; es decir, ¿cómo se aplica la matemática? En todo caso, ¿es el objetivo de un matemático crear para aplicar? ¿Qué entendemos por aplicar? ¿Estamos refiriéndonos a su utilidad? Todo conocimiento científico debería estar orientado al beneficio del Hombre, pero parece que existen algunas excepciones: "Nadie negará la utilidad de la matemática para la guerra... cabe ahora preguntarse: ¿es útil la guerra para el hombre?" (Jiménez, 2005).

Jiménez (2005) presenta un recorrido histórico en la evolución de la matemática donde se observa que en sus inicios, su desarrollo fue motivado por necesidades relacionadas con la siembra, la construcción, el almacenamiento de alimentos, la distribución

del ganado y la administración. Se refiere al trabajo realizado por egipcios y babilonios. Posteriormente, aparece Tales de Mileto (624 aC) con trabajos en geometría aplicados al cálculo de la altura de las pirámides. Por influencia de Tales emerge Pitágoras con su muy recordado teorema de Pitágoras e inicia el análisis matemático con la aparición de los números irracionales. A partir de la escuela Pitagórica y luego con influencia del pensamiento platónico se comienza a rechazar la actividad investigativa con fines utilitarios.

Dando un gran salto en el tiempo, hay que destacar la presencia en el mundo científico matemático, de una mujer como Hipatia (370 dC). Trabaja en álgebra, geometría, matemática y astronomía. Se interesa además en la filosofía, mecánica y tecnología práctica. Se conoce que fue consejera de Sinesio en la construcción de un astrolabio y un hidrómetro, según lo referencia Perl (1978). Su trabajo se encuentra mezclado entre la matemática para su propio desarrollo y las aplicaciones.

En la Edad Media el desarrollo de la matemática en Europa se estanca por largo tiempo y son los árabes e hindúes quienes hacen grandes y numerosos aportes, uno de ellos es nuestro actual sistema de numeración, entre 476 y 1492 dC

Hasta el siglo XVI la matemática se dedicaba al estudio de magnitudes constantes y dependencias fijas entre ellas, pero a partir de las demandas de la mecánica comienza el estudio de cantidades variables, apareciendo así nuevas e insospechadas rutas de investigación que constituyen una nueva etapa de la matemática. Tal como lo expresa Jiménez (2005), la geometría analítica cartesiana y la física newtoniana inician el camino del Cálculo, pero en la motivación de los conceptos desarrollados, no se puede distinguir entre el problema puro y el aplicado. En general no parece haber sido motivado el desarrollo de la matemática en esta época por problemas prácticos. Esto dio impulso a un desarrollo de la matemática acelerado, basado en la búsqueda de soluciones de problemas nada triviales dentro de ella misma.

Para el siglo XIX el quehacer matemático se orienta en forma marcada al desarrollo de la matemática

por la matemática, tal como lo señala Jiménez (2005).

Comienza así a establecerse una diferencia entre lo puro y lo aplicado. Sin embargo, esta breve e incompleta reseña histórica nos muestra la dificultad de separar la matemática en pura y aplicada. Muchos de los logros a nivel mundial en ingeniería se respaldan en teorías matemáticas de alto nivel para las cuales se ha conseguido un puente que permite salvar la separación.

Sobre estas diferencias entre la teoría y la práctica, Jiménez (2005) señala lo siguiente

“...la historia ha demostrado que es posible esta correlación de la teoría y la práctica, posterior al nacimiento de la teoría sin que, necesariamente, los elaboradores de la teoría hayan pensado en aplicaciones para ella, más allá de los fines estrictamente teóricos. Después de todo, la matemática siempre será útil para hacer más matemática”. (p. 14)

Concuerdan en tal punto de vista Romo y Oktaç (2007) señalando

“El pensamiento en el ejercicio de la ingeniería propicia la creación de conocimiento y modelos generales, aunque puede ser iniciado por consideraciones teóricas. Tiene un carácter mixto debido al carácter práctico de la ciencia: es difícil encontrar un pensamiento teórico sin un pensamiento práctico. Ambos se mezclan en su objetivo, objeto, preocupaciones principales y resultados”. (p. 140)

Preguntarse para qué sirve la matemática tiene una respuesta obvia, *sirve para ella misma*, sin que eso lleve al extremo hardyano, de considerar antiestético cualquier resultado matemático que tenga una aplicación práctica, como lo señala Jiménez (2005). Estudiar matemática consiste en entrenarse en formas de pensamiento altamente elaborado.

3.2 Breve reseña histórica de la ingeniería

A la ingeniería se le han otorgado diversas definiciones, agrupadas entre los que la consideran como un arte, una profesión u oficio, según los autores Dym et al. (2002), Wright (2004), Freitez (2005), Krick (2005), Romero et al (2006), Vásquez et al (2007) y Bucci (2008). El origen etimológico de esta palabra proviene del vocablo latino *ingenium*, formado por *in* y *gignere*, *genûi*, *genîtum*, que significa engendrar, es decir, procrear o propagar su propia especie. En este sentido, en las lenguas derivadas del latín, este término se relaciona a la facultad del hombre para inventar con facilidad. En Italia, por ejemplo, se ha utilizado el término ingeniero como una derivación de constructores. En los países anglosajones ingeniería se refiere a máquinas y en otras lenguas, como el árabe, significa geometría.

Se observa que no hay una única definición de ingeniería, ya que posee innumerables áreas de aplicación. Se considera a ésta como la aplicación creativa de las ciencias, principalmente la matemática, como medio para el cumplimiento de sus funciones. Básicamente estas funciones han sido el desarrollo y aplicación de la tecnología para el beneficio social de la humanidad; en los últimos tiempos con énfasis en la protección del ambiente, la cultura y otras en virtud de los problemas que han surgido de su aplicación impropia (Bucci, 2008).

Como la ingeniería comprende el estudio y aplicación de la tecnología, en un proceso que va desde el conocimiento hasta la obtención de los productos, desde lo cognitivo (teorías, técnicas, patentes y otros) a las actividades que se desarrollan para validarlos y elaborarlos, es necesario un dominio conceptual amplio de las ciencias que la apoyan, entre ellas la matemática. La tecnología se refiere al uso del conocimiento empírico y científico para transformar la realidad (Cegarra, 2004), (García-Córdoba, 2005). La ciencia y la tecnología se confrontan como dos (2) conjuntos complementarios, ambos parten de la observación, pero sus fines son diferentes: explicar y transformar la realidad, respectivamente.

Los autores Dym et al (2002) y Krick (2005) coinciden en afirmar que la ingeniería y su afán por desarrollar la tecnología es tan antigua como la historia de

la humanidad. Mandado et al (2003) y Bucci (2008) afirman que se puede hablar de ingeniería desde el primer momento en que se le dio forma a una piedra para convertirla en una herramienta, aproximadamente 8.000 aC o cuando los primeros humanos usaron la energía de forma consciente al encender el fuego para la calefacción y cocción de sus alimentos. Los elementos que han sido considerados como esenciales en el desarrollo de la tecnología y, consecuentemente, en la historia del hombre son la rueda, la palanca, la polea y el uso de metales fundidos para la creación de distintos objetos; sin embargo, las fechas exactas de estos hallazgos son desconocidas. La Tabla I muestra los principales acontecimientos de la ingeniería y de las tecnologías desarrolladas en cada época.

TABLA I
Principales acontecimientos de la ingeniería hasta el siglo XX

| ACONTECIMIENTO | ÉPOCA | TECNOLOGÍAS DESARROLLADAS |
|---|--------------------------|--|
| Desarrollos agrícolas y cría de animales domésticos | 8000 aC | Herramientas rudimentarias Uso de técnicas para la siembra |
| Transportes mediante troncos de árboles | 3500 aC | Rueda |
| Pirámide de Keops | 2500 aC | Construcciones civiles |
| Uso del caballo como medio de transporte | 2000 aC | Medios de Transporte |
| Revolución Industrial | XVIII y XIX 1760-1840 | Máquinas de vapor Máquina relacionada con la industria textil. Nuevos materiales hierro, acero y otros Nuevas formas de organización industrial Trenes y barcos de vapor |
| Producción de energía eléctrica | 1800 | Primera batería eléctrica o pila voltaica. |
| Inducción de la corriente eléctrica a partir de cambios en un campo magnético | 1831 | Descubrimiento de la corriente eléctrica continua. |
| Invencción del telégrafo | 1836 | Inicio de las telecomunicaciones |
| Invencción del motor de combustión interna | 1860 | Medios de transporte |

| | | |
|--|------|---|
| Teoría de la relatividad Einstein. Aparición de la mecánica cuántica. Max Planck | 1900 | Medición de la velocidad de la luz Descubrimiento de los componentes elementales de la materia y de la energía |
|--|------|---|

Fuente: Bucci (2008)

3.3 La matemática como ciencia de la ingeniería

En relación con el papel de la matemática en ingeniería Romo y Oktaç (2007) plantean las siguientes interrogantes

“¿Qué tipo de conocimientos matemáticos son usados por el ingeniero? ¿Cómo justifica la elección de una herramienta matemática? ¿Qué características tienen los usos de los elementos matemáticos? ¿Se utilizan a nivel de herramientas para resolver un problema, o bien para realizar y justificar hipótesis, procedimientos y encontrar resultados? ¿Qué papel juegan estos conceptos en el trabajo del ingeniero?” (p. 119)

El lector probablemente se ha planteado las mismas interrogantes y luego de motivar esta disertación con algunos ejemplos particulares en los que indudablemente se encuentra la matemática presente, se muestra en esta sección los conceptos matemáticos involucrados en algunos de ellos, haciendo énfasis en los correspondientes a ingeniería. En la próxima sección haremos referencia a lo relacionado con aspectos de razonamiento y el desempeño del ingeniero.

1. Pulido (2001) expresa que Hugo Leiva, premio Polar del año 2001, asegura que el Análisis matemático puede ser aplicado a problemas sociales.
2. Una de las últimas herramientas en Matemática es la lógica borrosa, con aplicaciones en muchas áreas. Salinas (2004) plantea una aproximación a una medición borrosa de la

pobreza utilizando la siguiente función de pertenencia (1)

$$\beta(I_p) = \begin{cases} 1 & \text{si } I_p \leq CANPC \\ 2CANPC & \text{si } CANPC \leq I_p \leq 2CANPC \\ 0 & \text{si } I_p \geq 2CANPC \end{cases} \quad (1)$$

y define el grado de pobreza para un conjunto de hogares por (2)

$$G_{pob} = \frac{\sum \beta_j}{n} \quad (2)$$

En este caso, n se refiere al total de hogares en una localidad.

3. En Ingeniería civil, para un cable sometido a una carga distribuida como el que se ve en la Fig. 2, la función (3)

$$y = \frac{1}{F_H} \int \left(\int w(x) dx \right) dx \quad (3)$$

se utiliza para determinar la curva del cable $y = f(x)$. La componente horizontal de fuerza F_H y las constantes C_1 y C_2 , que resultan de la integración son determinadas aplicando las condiciones de frontera para el cable.

Esta aplicación permite resolver problemas tan importantes como la fuerza máxima del cable y la longitud requerida de él en casos como el puente Orinokia sobre el río Orinoco.

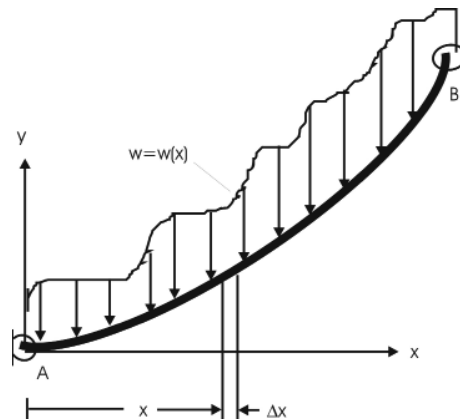


Figura 2. Cable sin peso. Fuente: Hibbeler, 2004

4. En electrónica la forma más común de una antena equiangular es la antena equiangular espiral de la Fig. 3 modelada por la ecuación (4) en coordenadas cilíndricas dada por Wolff (1967).

$$r = F(\theta, \phi) = e^{a\phi} g(\theta) \quad (4)$$

siendo la función de θ seleccionada por la expresión (5)

$$\frac{dg(\theta)}{d\theta} = g'(\theta) = A\delta\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) \quad (5)$$

donde δ representa la función delta de Dirac, la podemos encontrar resolviendo esta ecuación diferencial y se consigue reducir la ecuación de la antena (6)

$$r = r_0 e^{a(\phi - \phi_0)}, \quad \theta = \frac{\pi}{2} \quad y \quad z = 0 \quad (6)$$

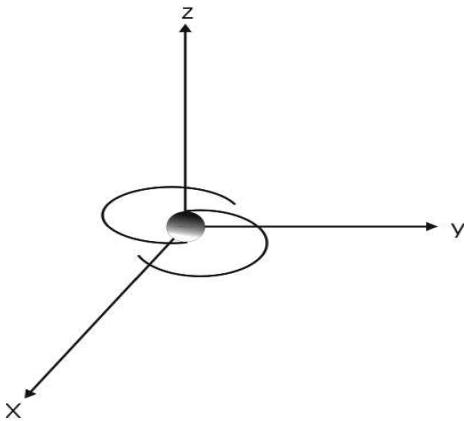


Figura 3. Espiral equiangular plana. Fuente: Wolf (1996)

5. En el estudio de la densidad de corriente realizado en ingeniería eléctrica, si se considera que una línea de transmisión tiene conductores de sección transversal circular, la simetría cilíndrica lleva al planteamiento de la ecuación

diferencial de segundo grado según se muestra en la ecuación (7)

$$\frac{d^2 J_m}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dJ_m}{dr} = \frac{j\omega\mu}{\rho} J_m \quad (7)$$

tal como aparece en Sosa y Ortega (1994).

Esta ecuación representa la ley de distribución de densidad de corriente en función de la variable de posición r dentro del conductor; tal ecuación es una forma particular de la ecuación diferencial de Bessel cuya solución da como resultado las funciones de Bessel de primera y segunda especie, estudiadas generalmente en matemática de cuarto o quinto semestre en ingeniería.

6. Una aplicación con alto nivel matemático se encuentra en el estudio de la reología de materiales poliméricos, realizada por García y otros (2007), donde una generalización de la fórmula de Cauchy (integración múltiple) para valores enteros, es la derivada e integral de orden fraccionario definida por Riemann-Liouville mostrada en las ecuaciones (8) y (9)

$${}_0 D_t^{-a} f(t) = \int_0^t \frac{(t-y)^{a-1}}{\Gamma(a)} f(y) dy \quad (8)$$

$$D_t^a f(t) = D_t^1 \int_0^t \frac{(t-y)^{-a}}{\Gamma(1-a)} f(y) dy \quad (9)$$

donde $a \in (0,1)$. Para la solución de problemas de este tipo se utiliza, entre otros conceptos, la transformada de Fourier.

3.4 La ingeniería como apoyo tecnológico de la matemática

Si se transita en el otro sentido, se observa que desde el inicio de la humanidad el hombre ha tratado de liberarse de los trabajos manuales de cálculo y del procesamiento de información. La palabra cálculo tiene sus orígenes en el vocablo latino *calculus*, que significa piedra. A continuación se listan avances de la tecnología desarrollada para asistir al progreso de algunas áreas abordadas por la matemática, ya que la misma ha logrado sustituir el proceso manual por las actuales computadoras modernas que ahorran

tiempo, espacio y permiten, cada vez más, analizar fenómenos más complejos con mayor grado de precisión y exactitud.

En la Tabla II se muestra una síntesis de los principales desarrollos tecnológicos utilizados como apoyo a la matemática.

TABLA II
Instrumentos tecnológicos utilizados como apoyo a la matemática

| Autor | Año | Tecnología desarrollada | Referencia |
|--|---------|---|--------------------------------------|
| Desconocido | 8000 aC | El ábaco | Mandado et al, (2003). |
| Jhon Napier | 1614 | La primera calculadora mecánica que permite multiplicar. | Coello (2003), Dym (2002) |
| William Oughtred | 1620 | Regla de Cálculo. | Mandado et al, (2003), Dym (2002) |
| Wilhelm Schickard | 1623 | Calculadora mecánica denominada el Reloj Calculante. | Coello (2003), Dym (2002) |
| Blaise Pascal | 1642 | Máquina automática de calcular o Máquina Aritmética de Pascal. | Coello (2003), Dym (2002) |
| Gottfried Wilhelm Von Leibnitz | 1672 | Calculadora universal. | Coello (2003), Dym (2002) |
| Charles Babbage | 1812 | La máquina de diferencias. | Coello (2003), Dym (2002) |
| Equipo encabezado por Howard H. Aiken | 1944 | Primera computadora Mark I. | Mandado et al, (2003), Krick (2005). |
| Equipo encabezado por Howard H. Aiken | 1947 | El primer computador con fines prácticos, <i>Electronic Numerical Integrator And Calculator</i> (ENIAC). | Mandado et al, (2003), Krick (2005). |
| Equipo encabezado por Howard H. Aiken y John Von Neumann | 1949 | El primer computador programable, <i>Electronic Discrete Variable Automatic Computer</i> (EDVAC). | Mandado et al, (2003), Krick (2005). |
| Departamento de Defensa de los EUA | 1969 | El origen del ARPANET, como red informática interactiva y como padres de lo que es hoy el INTERNET, herramienta poderosa para la comunicación entre investigadores. | Guaz mayan (2006) |

3.5 Las habilidades cognitivas de los matemáticos e ingenieros

Más allá de las herramientas específicas que brinda la matemática para resolver problemas ingenieriles desde el punto de vista técnico, se puede destacar el desarrollo de habilidades del pensamiento lógico donde ella tiene especiales aportes. Deiros y otros (2003), señalan que “la enseñanza de la matemática debe contribuir a que el estudiante se desarrolle con una visión del mundo que favorezca la formación de su pensamiento productivo, creador y científico”.

Martínez (1999), expresa que la utilidad o conveniencia de la matematización es un problema gnoseológico, pues se pretende que con la modelación matemática se capte y modele mejor las realidades de la naturaleza. De este modo, se plantean tres enfoques, el logicista, estructurado por Russell, sostenido sobre la creencia de que toda la matemática proviene de la lógica y no está interesado en su vinculación con la realidad, sino en las relaciones entre los conceptos. La tesis formalista, sostenida por Hilbert, plantea la independencia de la matemática frente a la lógica; sustenta que la matemática pura y la solidez del pensamiento matemático está en la intuición del signo mismo. Y por último, la tesis intuicionista defendida por Brouwer. En su opinión “*la única fuente de conocimiento matemático es la intuición directa de la cantidad pura, prescindiendo de las cualidades y esencia de los seres*”. Tal como expone Dou (1970)

“... lo intencional de nuestro conocimiento matemático tiene que ser isomorfo con una realidad que para el logicismo o matemático clásico se encuentra en el mundo; para el intuicionista dicha realidad fundamental está en nuestra conciencia; para el formalista en una posición intermedia que podemos caracterizar diciendo que está en el papel, o mejor, en el esquema trascendental del entendimiento humano”. (p. 137)

Kent y Noss (citado por Romos y Oktaç, 2007) realizaron una investigación para observar la abstracción matemática en la práctica de ingenieros.

Encontraron tres componentes en el desarrollo de sus actividades: diseño, análisis y revisión. Estos resultados permiten visualizar la complejidad de la actividad matemática del ingeniero, por lo que el desarrollo de herramientas teóricas es tan importante como el de las *prácticas*. En cuanto al pensamiento teórico, Romos y Oktaç (2007) lo definen como el que se produce en el hecho puro de pensar, su objeto es el sistema de conceptos y estudia las relaciones y características entre ellos. El pensamiento práctico se genera con el fin de obtener algo en concreto, asociado a hechos, objetos o fenómenos particulares, su validez depende de lo factible.

En un mundo con un avance acelerado en la producción de conocimientos, apoyado fundamentalmente en el desarrollo de nuevas tecnologías, el egresado en carreras de ingeniería debe estar preparado para enfrentar con éxito los cambios que día a día se presentan en su desempeño profesional. Es por esto que, además de aportar a través de la enseñanza de la matemática herramientas necesarias para resolver problemas técnicos científicos, el estudiante debe aprender a aprender, tal como lo señalan Deiros y otros (2003).

González (2006) coincide en colocar la atención en el aprendizaje de procesos más que de hechos, apareciendo de nuevo la necesidad de aprender a aprender que genere en el individuo autonomía intelectual. Por otra parte, señala que en un mundo globalizado, el desarrollo de un país está centrado en la producción de conocimientos y de avances técnicos, más que en las riquezas naturales y la mano de obra barata.

En tal sentido, el curriculum en matemática dentro de la carrera de ingeniería no sólo debe pensarse en la dirección de los contenidos, sino en la forma de enseñarlos. Según Hernández (citada por Deiros, 2003) la matemática establece las habilidades básicas de definir y demostrar, las cuales son base para el desarrollo de otras que son inherentes al trabajo de un ingeniero, tales como graficar, interpretar, calcular, algoritmizar, modelar. Es por esto que la orientación en la enseñanza de la matemática en ingeniería debe estar centrada en el desarrollo de las habilidades propias de los requerimientos profesionales y no

desvirtuarse tratando de guiarla hacia el camino de un estudiante de Licenciatura en Matemática. Con respecto a estas habilidades, Deiros y otros (2003) establecen seis, a saber: trabajo con gráficos, interpretación del concepto de derivada, interpretación del concepto de integral, modelación matemática, interpretación de datos obtenidos, empleo de tablas.

Por otra parte, como bien lo señala González (2006), la inteligencia no se mide en la actualidad por las capacidades cognitivas. Debe el individuo desempeñarse mostrando habilidades en la resolución de problemas, el trabajo en equipo, el apoyo al desarrollo de las competencias de sus compañeros, la disposición a aceptar cambios.

En este momento cabe la siguiente pregunta, ¿se pueden generar todas estas competencias utilizando las técnicas tradicionales de enseñanza y por consiguiente de evaluación? Se sospecha que no. Una enseñanza de la matemática en forma mecanicista no llevaría a los estudiantes a desarrollar todas las competencias necesarias, solo lo haría convertirse en un ser repetidor de situaciones similares mas no un creador y solucionador de problemas nuevos. De esta forma, se convertiría en un deformador de las herramientas estudiadas, al aplicarlas sin un análisis adecuado a cada situación.

La enseñanza de la matemática en ingeniería debe ser participativa, creadora y estrechamente relacionada con los problemas de producción.

González (2006) presenta un conjunto de criterios que deben evaluarse para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática en ingeniería: "1) Contextualizada y circunstancialmente ubicada. 2) Socio-históricamente situada. 3) Esencial e imprescindiblemente seleccionada. 4) Vivencial, vital y personalmente relacionada. 5) Activamente orientada. 6) Teóricamente guiada. 7) Integral, justa, colaborativa y formativamente evaluada. 8) Idiosincrásicamente planteada. 9) Tecnológicamente planteada. 10) Realísticamente problematizada. 11) Inter, multi y transdisciplinariamente articulada".

Para Deiros y otros (2003), deben adoptarse métodos activos, productivos, problémicos y técnicas de trabajo grupal, basados en procesos activos de construcción y reconstrucción del conocimiento. Aunado a

esto, hay que tomar en cuenta la formación en valores, pero es éste un problema que escapa por ahora a nuestro análisis.

Es fundamental, por otra parte, la incorporación de las nuevas tecnologías y las comunicaciones, redimensionando el campo de conocimientos del futuro profesional, que le aportará *valor agregado* a su desempeño laboral.

Vinculado a los métodos de enseñanza-aprendizaje está la evaluación del logro de los objetivos, esta actividad también requiere de adecuación al estilo de enseñanza que se establezca. Para una enseñanza constructiva, la evaluación, tal como lo señala Deiros y otros (2003), debe enfocarse en tres aspectos: un control preliminar que evalúe el nivel de inicio de los estudiantes, una evaluación continua en la que debe presentarse la motivación y la retroalimentación y por último, un control final que evalúe la correspondencia entre los objetivos planteados y el resultado del proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta manera, la evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje de la matemática debe ser continua e integral.

Pero el pensamiento ingenieril presenta aspectos que lo diferencian del científico. Los ingenieros identifican el diseño como algo propio de la profesión y a la habilidad para diseñar como de suma importancia para su ejercicio, Dym et al (2002), Wright (2004), Freitez (2005), Krick (2005) y Romero et al (2006). Estos diseños consisten en una adaptación intencionada de medios para alcanzar un fin preconcebido, superando una situación inicial dada, constituyendo una parte esencial de la ingeniería. Primero surge una concepción en la mente del ingeniero que luego, por etapas sucesivas se traslada al diseño. Este pasa a ser implementado por técnicas o herramientas para producir, por ejemplo, artefactos, procesos de producción de bienes o servicios, u otros. Finalmente, se obtiene el incremento del conocimiento disponible.

IV. Análisis de resultados

Galileo decía que “el mundo estaba escrito en lenguaje matemático, de manera que quien no supiera descifrar ese lenguaje no se hallaba en condiciones

de comprender su naturaleza y su funcionamiento”. (p. 156). Gallego y Pérez (1997).

Hay que reconocer que la matemática para el ingeniero es casi como el martillo para el carpintero o el bisturí para el cirujano. Se ha evidenciado en la sección anterior que la matemática para el ingeniero además de proveerle de herramientas técnicas para resolver sus propios problemas dependiendo de la especialidad, constituye un excelente ejercicio de su intelecto que le permite afrontar los diferentes problemas que tendrá que abordar en el área profesional de su competencia.

El estudiante de ingeniería debe, como objetivo central, familiarizarse con los conceptos matemáticos, entendiendo que cada resultado se obtiene a través de un proceso deductivo. Debe tomar conciencia de que la matemática no constituye una colección de recetas, sino que es una ciencia formal y sistemática y que su estudio, y por ende la comprensión de ella, le permitirá formular los modelos, la solución e interpretación de los problemas científicos y tecnológicos. Tal como lo señalan Gallego y Pérez (1997), los profesores en ciencias experimentales tienden a quedarse sólo en la aplicación de fórmulas y no se preocupan por el proceso constructivo que se realiza para llegar a ellas, esto los limita en el trabajo de modelación, solución e interpretación de resultados.

Por otra parte, se pudo observar en la breve reseña histórica y que se resume en la Fig. 4, que los matemáticos se han centrado más en el trabajo de hacer matemática para la matemática que en invertir tiempo y esfuerzo para averiguar dónde pueden aplicar los resultados que van obteniendo.

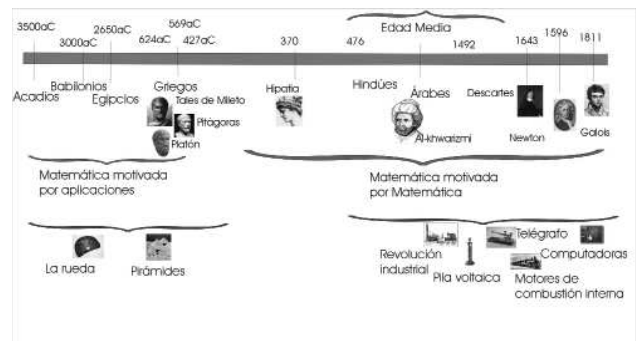


Figura 4. Línea del tiempo sobre la historia de la Matemática y el desarrollo tecnológico

Si bien los problemas reales que debían resolver (la construcción, la siembra o el almacenamiento de alimentos, por ejemplo), incentivó la creación intelectual de los babilonios y egipcios, la mayor parte de los desarrollos matemáticos posteriores han estado aislados de una necesidad utilitaria. Un ejemplo destacado es la bien conocida álgebra booleana desarrollada por George Boole en 1854 y que sólo en el siglo XX se le da aplicaciones tan importantes que han servido para el desarrollo computacional.

Pero hacer uso adecuado de la matemática o desarrollar habilidades del pensamiento que generen nuevos conocimientos y puedan ser aplicados, requiere de estrategias en el proceso de enseñanza aprendizaje enfocadas a tal fin y que motiven al estudiante a atender la asignatura como un importante componente de su formación profesional.

Por tal motivo, debe mostrarse explícitamente a través de estrategias utilizadas para el desarrollo de los contenidos programáticos de matemática, ese quehacer constructivo y no mecanicista, como también ejemplificarlos con aplicaciones de cada especialidad de ingeniería que jueguen un papel motivador.

En todas las especialidades de ingeniería la modelación de la mayoría de los problemas reales que presentan cambios, son realizados haciendo uso de ecuaciones diferenciales (algunos ejemplos se tienen en la subsección *Herramientas específicas*). Es por ello que las asignaturas del eje matemático en la carrera de ingeniería engloban contenidos relacionados esencialmente con la dotación de conceptos que sirven de apoyo a la resolución de ecuaciones diferenciales. Estas asignaturas son las denominadas Cálculo. El Álgebra Lineal provee también de herramientas prácticas para la solución de problemas tales como sistemas de ecuaciones, y además aporta fundamentos teóricos para el desarrollo de otros conceptos.

Incluida en los programas de ingeniería siempre está la Probabilidad y Estadística, quizás justificada por ser como afirma Newman, (citado por Cole, 1999) *“la probabilidad ejerce una fascinación peculiar incluso en personas a las que nada importan las matemáticas. Es rica en interés filosófico y de la mayor*

importancia científica. Pero también resulta desconcertante”. (p. 159).

Es de especial importancia contextualizar los contenidos que encontramos en los programas de Cálculo para ingeniería, esta estrategia genera una motivación en el estudiante que lo lleva a aprender y aplicar todas las bondades que le ofrece esta asignatura. Es indispensable vincular la matemática a la realidad y a los problemas técnicos de cada especialidad. También es pertinente incentivar el trabajo colaborativo, muy valorado en el mundo de hoy. El profesional debe desempeñarse no sólo en la resolución de problemas sino en la generación de conocimientos que le permita enfrentar cambios, y con actitud colaborativa para el crecimiento de sus compañeros.

Se observan en las tablas III y IV ejemplos de áreas específicas en ingeniería eléctrica y electrónica donde se aplican contenidos de la asignatura Cálculo IV

TABLA III
Contenidos de cálculo iv aplicados a ingeniería eléctrica

| CONTENIDOS | INGENIERÍA ELÉCTRICA |
|-------------------------|--|
| Funciones especiales | Teoría electromagnética |
| Serías de Fourier | Calidad de la ingeniería eléctrica |
| Transformada de Laplace | Tratamiento de circuitos |
| Cálculo numérico | Solución de sistemas de potencia eléctrica |

TABLA IV
Contenidos de cálculo iv aplicados a ingeniería electrónica

| CONTENIDOS | INGENIERÍA ELECTRÓNICA |
|-------------------------|--|
| Funciones especiales | Teoría electromagnética |
| Serías de Fourier | Calidad de la ingeniería eléctrica |
| Transformada de Laplace | Tratamiento de circuitos |
| Cálculo numérico | Solución de sistemas de potencia eléctrica |

Lo anterior es sólo un pequeño ejemplo de la aplicación de contenidos matemáticos en diferentes especialidades de ingeniería, se pueden enumerar técnicas tales como Series de Fourier, Transforma-

da de Laplace, ecuaciones diferenciales ordinarias, ecuaciones diferenciales parciales, funciones de Bessel, funciones de Legendre, series de Taylor, funciones trigonométricas, Análisis vectorial, matrices y determinantes, variable compleja, entre otros temas matemáticos, algunos de ellos recopilados en Szymanski (1994) y Hughes y Gaylord (1971).

Observando esta muestra de contenidos matemáticos aplicados a ingeniería y considerando las actividades intelectuales que debe realizar un profesional en esta área, como diseño, análisis y revisión, la abstracción matemática colabora en este desarrollo en las dos áreas: teórica y práctica.

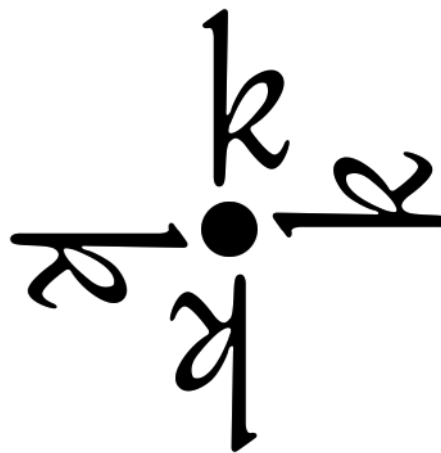
Ha sido evidenciado también que para apoyar la práctica en la matemática, los desarrollos tecnológicos obtenidos por la ingeniería han permitido realizar cálculos que antes ni se imaginaban poder realizar con la exactitud y rapidez con la que se hacen hoy y que aportan elementos para el avance de la matemática misma así como para el desarrollo de herramientas matemáticas aplicables al trabajo ingenieril. Un resumen del desarrollo tecnológico se observa en la Fig. 4.

V. Conclusiones

Se demuestra la relación bilateral entre la matemática y la ingeniería, que aunque ambas poseen identidades ontológicamente independientes, su relación, desde los inicios del hombre y de su deseo por modificar la naturaleza, se ha visto estrechamente ligada.

En la formación de ingenieros son pertinentes los cursos de matemática. El apoyo de la matemática a la ingeniería es indispensable para desarrollar los resultados propios de esta actividad científica-tecnológica. Sin embargo, se debe tomar en cuenta no sólo los contenidos apropiados en los programas, sino la forma de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje y la contextualización. Sin perder de vista la formación de valores que permita que el individuo se desempeñe generando nuevos conocimientos y tecnologías cuidando el medio ambiente y las relaciones interpersonales.

Esta investigación motiva la realización de otras orientadas a mejorar la forma de enseñar matemática en ingeniería. Vista la necesidad de ella en la carrera, también se requiere enseñarla en función de lograr un egresado apto para enfrentar los nuevos retos de una sociedad globalizada.



Referencias bibliográficas

- Acevedo, J. (2006) *Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Sala de lectura CTS+I. (pp 17). Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo12.htm>
- Arias, F. (2006) *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*, 5ta ed. Caracas, Venezuela: Episteme. (pp. 27-30).
- Bucci, N. y Terán A. (2008). "Las nuevas Responsabilidades de los Ingenieros". *Revista Universidad, Ciencia y Tecnología*. Junio, 2008 (pp 6).
- Campos, A. (2005) *Mapas conceptuales, mapas mentales y otras formas de representación del conocimiento*. Bogotá. Aula abierta. Magisterio. (pp. 103-106).

- Cegarra, J. (2004) *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica*. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España. pp 1-37.
- Coello, C. (2003). "Breve historia de la computación y sus pioneros". Fondo de cultura económica. Colección de Obras de Ciencia y Tecnología. México. pp 1-47.
- Cole, K. (1999) *El universo y la taza de té. Las Matemáticas de la verdad y la belleza*, 1ra ed. Barcelona, España: SineQuaNon. (p.159).
- Deiros, B., Calderón, M. y Hernández, L. (2003) *Apuntes sobre la didáctica de la matemática para ingeniería*. Consultada el 30 de Enero de 2008 en: 1999. Disponible en <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyAVkkykeLzKtzAv.php>
- Dou, A. (1970) "Fundamentos de la matemática". Editorial Labor. Barcelona, España. (p. 137)
- Dym, C. y Little, P. (2002). *El Proceso de Diseño en Ingeniería*. Limusa Wiley. Ciudad de México, México. pp 1-25
- Farsi, G. y Ruiz B., Carlos. (2007) *Proyecto de Investigación en Ciencias. Guía para su planificación, ejecución y comunicación*. Caracas: PANAPO. (pp. 44-47).
- Freitez, Y. (2005). *La Ingeniería en la Historia de la Ciencia y la Tecnología en Venezuela*. Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat. Boletín N° 11. Caracas, Venezuela.
- García, Reyes, González, Guerrero, García. (2007). *Aplicaciones del cálculo fraccional a la reología de materiales poliméricos*. Ingenierías [Revista en línea], X, (35). (pp.) Consultada el 27 de Enero de 2008 en: <http://ingenierias.uanl.mx/35/index.html>
- Gallego, R. y Pérez, R. (1997) *La enseñanza de las ciencias experimentales. El constructivismo del caos*. 3rd ed. Colombia: Mesa redonda. Magisterio. (pp. 156-158).
- García-Córdoba, F. (2005). *La investigación tecnológica. Investigar, Idear e Innovar en Ingenierías y Ciencias Sociales*. LIMUSA. Ciudad de México, México. pp 31-74.
- González, F. (2006, Junio). *Educación matemática en el contexto de las especialidades ingenieriles emergentes*. Conferencia presentada en el I congreso venezolano de enseñanza de la ingeniería. Facultad de ingeniería. Universidad del Zulia, Maracaibo.
- Guaz` mayan, C. *Internet y la Investigación Científica*. Alma Mater Magisterio, 2004. pp 221-286.
- Hibbeler, R. (2004). *Mecánica vectorial para ingenieros. Estática*. 10^{ma} ed. Pearson, México: Prentice Hall.
- Hughes, W. y Gaylord, E. (1971) *Ciencias de la ingeniería*. 3rd ed. México: McGraw-Hill.
- Jiménez, D. (2005, Octubre). *¿A qué se llama aplicar en Matemáticas?* Ponencia presentada en Primer programa de divulgación matemática. UNEXPO. Luis Caballero Mejías, Caracas.
- Krick, E. (2005). *Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería*. 2^{da} ed. Limusa Noriega Editores. Ciudad de México, México. pp 43-50.
- Mandado, E., Fernández, F y Doiro, M. (2003). *La innovación tecnológica en las organizaciones*. Colección de negocios. Thomson Editores Spain. España. pp 3-34.
- Martínez, M. (1999). *La nueva ciencia. Su desafío, lógica y método*. 1^{ra} ed. México: Trillas. (pp. 122-128).
- Perl, T. (1978). *Math Equals. Biographies of women mathematicians + related activities*. Addison-Wesley Publishing Company. USA. Pp (13)
- Programa de Cálculo IV. (2007) Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre" Barquisimeto. Venezuela.
- Pulido, N. (2001). *Hugo Leiva. Nuestro primer premio polar del siglo XXI. Análisis Matemático para problemas sociales*. Revista del consejo de desarrollo científico, humanístico y tecnológico. CDCHT N° 5. Consultada el 6 de Febrero de 2008 en: <http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/investigacion/inum5/articulo5-7.pdf>
- Real Academia Española (2001) *Diccionario de la lengua española*. 22^{da} ed. Consultada el 27 de Enero de 2008 en: http://buscon.rae.es/drae/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=matematica
- Romero, O., Muñoz, D. y Romero, S. (2006). *Introducción a la Ingeniería. Un enfoque Industrial*. Internacional Thomson Editores. Ciudad de México, México. pp 1-20.
- Romo, A. y Oktaç, A. (2007) "Herramienta metodológica para el análisis de los conceptos matemáticos en el ejercicio de la ingeniería". *Revista Latinoamericana de investigación educativa*. 10 (1). (117-143).
- Salinas, J. (2004, Mayo). "Aproximación a una medición de pobreza" *Artículo presentado en el seminario La borrosidad*. Comisión de estudios interdisciplinarios. Publicaciones. Año 7. N° 18. UCV. Caracas, Venezuela. (p. 56).
- Szymanski, J. (1994). *Matemáticas básicas para Ingeniería electrónica. Modelos y aplicaciones*. 3rd ed. México: Addison-Wesley Iberoamericana.
- Sosa, Jorge. y Ortega, L. (1994) *Líneas de transmisión y guías de onda*. 1^{ra} ed. México: Limusa. (p. 18)
- Vásquez, C., Luna, M. y Castillo, M. "Doctorado en Ciencias de la Ingeniería". (2007) "Fifth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2007)". Ciudad de Tampico, México.
- Wolff, E. (1967) *Antenna Analysis*. 2^{da} ed. United States of America: Wiley. (pp. 446)
- Wright, P. (2004). *Introducción a la Ingeniería*. 3^{era} ed. Limusa Wiley. Ciudad de México, México. pp 1-22.