

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN MATEMÁTICA E INGENIERÍA. ¿VISUALIZACIONES ELEGANTES VERSUS RESOLUCIONES EFICIENTES?

GREGORIO VERGARA LAUCIRICA

Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

La matemática ha ocupado un lugar central en el perfil del ingeniero desde el inicio de la historia de su profesión. Sin embargo, su abordaje difiere de aquel del matemático profesional en aspectos relevantes. El trabajo intenta comparar dos estilos diferentes de resolución de problemas matemáticos, más allá de las profesiones que los originan: (1) la búsqueda de expresiones visuales elegantes versus (2) la búsqueda exploratoria de manipulaciones estratégicas eficientes. Se sostiene que ambos estilos son componentes inherentes a los procesos creativos de resolución de problemas complejos.

Palabras clave

<matemática> <ingeniería> <resolución de problemas> <ingenio>
<belleza matemática.>

Abstract

Mathematics has occupied a central place in the profile of the engineer since the beginning of the history of their profession. However, his approach differs from that of the professional mathematician in relevant aspects. The paper tries to compare two different styles of solving mathematical problems, beyond the professions that produce them: (1) a search for elegant visual expressions versus (2) the exploratory search for efficient strategic manipulations. It is argued that both styles are components inherent in the creative processes of solving complex problems.

Keywords



Fecha de recepción: 8 de Abr. 2016 - Fecha de aceptación: 10 de Oct. 2016

Representaciones, Vol. XII, N° 2 - Nov. 2016, pp 133-151

© SIRCA Publicaciones Académicas - leminhot@gmail.com

<mathematics> <engineering> <problem solving> <ingenium>
<mathematical beauty.>

1. Introducción

La matemática ocupa un lugar central en la formación y el currículo que caracterizan al perfil del ingeniero desde el inicio de la historia de su profesión (Davis, 1996). Sin embargo, el estilo de abordaje de la matemática por un ingeniero difiere de aquel del matemático profesional en aspectos relevantes, tales que permiten mantener una distinción de posiciones respecto del papel que ocupa la matemática en nuestra cultura.

En efecto, se asumirá en este trabajo la siguiente diferenciación entre dos estilos de tratamiento de la matemática en torno a la resolución de problemas. Diferenciación expresada, en primer lugar, en términos metafóricos, en pos de obtener una descripción más formal: es común imaginar a un matemático considerando a su disciplina como una fuente de agua, un manantial, semillero u oasis que encierra todas sus aspiraciones cognitivas, de donde emanarían o brotarían toda clase de problemas en su tema específico. En un solo lugar estaría encerrada toda la sabiduría y de ella se podría abrevar para extraerla, en la medida de la capacidad de quien la buscara.

En cambio, suele visualizarse a un ingeniero interpretando que su disciplina es la puerta para entrar al mundo real por fuera de su formación profesional, siendo este mundo como una caja de Pandora, que al estar abierta, haría emerger toda clase de problemas a resolver. Así, el conocimiento que se necesitaría para resolver estos problemas estaría distribuido y las posibles herramientas para atacarlos también.

El enfoque del matemático sería el de un sujeto externo a su fuente que debería visualizar una totalidad problemática independiente de él y buscar la solución más coherente, elegante o complaciente que consiguiera. No necesariamente esta solución debería cumplir un fin externo o utilitario a la matemática, sino tan sólo un objetivo específico a su entorno interno, aunque esto no sería excluyente. En cambio, el punto de vista del ingeniero, sería el de un sujeto inmerso en un

problema que afectaría su medio circundante y para el cual debería manipular su realidad a fin de lograr corregir el curso supuestamente incorrecto de los eventos que allí tuvieran lugar.

En vistas a lo enunciado, llevaría a considerar la siguiente distinción: mientras que el mundo del matemático sería un mundo para el que se requeriría capacidades cognitivas de visualización que permitan adoptar una resolución lo más elegante posible, en cambio, el mundo real del ingeniero estaría constituido por problemas que precisarían en especial de manipulaciones operativas para cambiar esa realidad en una sin tales problemas. Por ello, el panorama respecto al punto de vista con que operaría un ingeniero en su resolución de problemas tendría otras metas y ello presuntamente determinaría otro estilo de abordaje de tales problemas, un estilo que implicaría un aprovechamiento diferente de la matemática. En efecto, estos problemas estarían motivados por cuestiones teóricas o prácticas orientadas al mundo real, lo cual los convertiría en problemas aplicados. Ello no implica que no hubiera creatividad en tal aplicación sino que la preocupación sería externa a la matemática, y no como sucedería en el caso de los problemas estrictamente matemáticos, caracterizados sintéticamente como se ha mencionado arriba.

Así, un ingeniero se convertiría en un usuario de la matemática, con capacidades de diseño y resolución, preparado para afrontar un mundo crecientemente tecnológico (Schoenfeld, 1992). Lo antedicho no significa que sólo se limite a aplicar reglas conocidas, sino que tendería a moverse creativamente más allá de tales reglas, en busca de una expresión de los problemas del mundo real en lenguaje matemático. Tal transformación involucraría una focalización en la búsqueda de soluciones innovadoras y eficientes, en la formulación de patrones de resolución lo más simples y efectivos que se pudiera y en la manipulación exploratoria de los datos que se consiguieran, a fin de dar con una solución óptima en lo que haría a los recursos disponibles y a las limitaciones implícitas. En este sentido, la perspectiva del ingeniero hacia la matemática diferiría en aspectos claves en su comprensión de los procesos y los objetivos involucrados. En efecto, la matemática para el ingeniero sería útil en el diseño y desarrollo de sistemas (Moussavi, 1998) y como medio de representación del conocimiento y en el desarrollo de las habilidades para razonar (Underwood, 1997). La caracte-

rística diferencial del ingeniero consistiría en su trabajo con problemas *in situ*, es decir problemas generados en su lugar de trabajo, sea éste cualquier aspecto de la vida real que se enfrente a una situación en conflicto y que requiere una solución eficiente recurriendo para ello a todo el arsenal conocido. Los problemas *in situ* suelen responder a las siguientes características: son dilemas deficientemente estructurados; son complejos; presentan metas conflictivas; requieren de múltiples métodos de solución; son no anticipables; contienen conocimiento distribuido y múltiples formas de representación del problema (Jonassen, Strobel & Lee, 2006). Pero especialmente en lo que respecta al planteo aquí realizado, los problemas *in situ* no crean los instrumentos matemáticos que utilizan, sino que éstos se seleccionan. En cambio, la creatividad de los mismos se enfoca mayormente en la manipulación y no adaptación de los modelos matemáticos para tal o cual fin. El sentido de creatividad aquí aplicado ocupa un lugar por encima de aquel que estilan aplicar los matemáticos.

En función de lo precedente, podemos comparar dos estilos diferentes de abordaje de los problemas matemáticos en los procesos de solución de los mismos: (1) la búsqueda de expresiones visuales elegantes *versus* (2) la búsqueda exploratoria de manipulaciones estratégicas eficientes. Aunque ambos elementos son compartidos por los matemáticos y los ingenieros, se discutirá en este trabajo la predilección por el primer tipo en los matemáticos frente a la preferencia por los segundos en los ingenieros, aunque no de manera exclusiva. El trabajo apunta a caracterizar ambos tipos de búsqueda de soluciones a un problema, más allá de las profesiones por las que fueron impulsadas, con el objetivo de especificar dos metodologías de resolución de problemas que influyen incluso en distintos momentos de trabajo y en diferentes tipos de problemas en ambos ámbitos profesionales. La distinción ofrecida entre visualizaciones elegantes y manipulaciones operativas tiende a confrontar dos tipos de actividad creativa que participen tanto en el trabajo del ingeniero como en el del matemático, pero con distinto énfasis y en diferentes situaciones. Se busca caracterizar dos estilos de resolución de problemas y no tanto a dos profesiones.

Más precisamente, el trabajo se ocupa de defender la hipótesis que es posible ofrecer un modelo de resolución de problemas donde la eficiencia se ponga a la par de la elegancia y simplicidad. Si bien las

descripciones de sendas actividades, matemática e ingeniería, suelen ser consideradas como opuestas, es posible hallar un estilo de trabajo mancomunado, en lo que a resolución de problemas se refiere. En lo que sigue, se lleva a cabo una comparación entre dos estilos de abordajes diferentes, el de un matemático y el de un ingeniero, respecto de la resolución de un problema matemático, preferentemente como reflejo de los casos más avanzados.

2. Antecedentes históricos de la ingeniería

La historia de la ingeniería, entendida ésta de una manera no reducida a mera técnica o tecnología -lo que la remontaría indebidamente a los comienzos de la humanidad junto con sus necesidades de supervivencia y manipulación de su realidad-, se inicia en Francia como parte de una actividad bélica. En efecto, cuando Luis XIV (1638-1715) asume su reinado en 1661 -heredado desde su más tierna infancia-, entre otras medidas tendientes a consolidarse como un monarca absolutista, diseña una política exterior que encomienda a su leal colaborador Michel Le Tellier, al que le sucedería su hijo François Michel Le Tellier, Marqués de Louvois, desde 1677 como Secretario de Estado para asuntos militares. Este último siguió un programa preestablecido con el fin de recuperar para Francia lo que Luis XIV consideraba sus fronteras naturales, es decir la antigua Galia, pretendiendo extender el reino a lo largo de todo el cauce del Rin por el este, y hasta las costas flamencas por el norte. Más allá y a pesar de su despotismo centralista monárquico, Luis XIV, bajo su influencia contribuyó al desarrollo de un nuevo tipo de profesión, cuando Le Tellier creó el "*corps du génie*" (1676), el cuerpo de "ingenieros", destinados a eliminar los esquemas feudales militares anteriores y constituir el instrumento imprescindible para plasmar sus pretensiones de hegemonía, mejorando con ello el armamento de infantería y caballería, y el aprovisionamiento de artillería en sus fortalezas. Le Tellier, y posteriormente otros, administraron las reformas que hicieron del ejército francés uno de los más poderosos de Europa. De esta manera, bajo el término de "*génie*", es la primera vez que se emplea el rótulo de "ingeniero" para alguna actividad de este tipo, que luego, en países vecinos ya adopta la expresión específi-

ca como la usamos actualmente. Parte del logro de la estrategia de Le Tellier se debía al nivel de organización impuesto, que marcó un estilo de profesionales al modo de una organización de maestros y aprendices, sin una currícula preestablecida sino hasta 1770, convirtiéndose desde ese entonces, por un período de veinte años, en un verdadero centro de investigación en ingeniería que entrenaba a sus miembros para convertirlos en “*officieurs de génie*”, conquistando grandes logros en la construcción militar:

Los ingenieros en el servicio real, a mediados del siglo XVII, fueron autenticados como tales mediante un certificado por parte del gobierno, pero no tenían ninguna estructura institucional que reflejara la práctica y la profesión de la ingeniería. Esto se debía en parte a la naturaleza de su trabajo: en tiempos de guerra, éstos sirvieron en su mayoría en el ejército; en tiempos de paz, estuvieron involucrados en otros proyectos. Las bases institucionales para la ingeniería militar francesa asumieron su forma básica durante el reinado de Luis XIV. Louvois creó una comisión especial oficial de la reserva en el ejército de ingenieros que les dio un estatus especial como ingenieros y protegió sus carreras militares. Cuando no se emplearon en el ejército, la mayoría de los ingenieros trabajaron en varios proyectos de fortificación. En 1690, Luis XIV consolidó varias secciones del Servicio de Fortificaciones en una administración. Estos dos cambios institucionales, en conjunto tenían el efecto de crear una estructura profesional para los ingenieros a través del cual podrían avanzar en sus carreras y perfeccionar sus habilidades. (Stewart, 1984: 10)

Además de la labor realizada entre finales del siglo XVII y la primera mitad del XVIII, creando cuerpos de ingenieros (*Corps Royal du Génie*), así como el “*Département des Fortifications*” (1691), también fueron numerosas las academias para la formación de ingenieros, por caso, la *École du Génie de Mézières* (1748), trasladada a Metz en 1794. La *École Polytechnique*, que comenzó como *École des Travaux Publics*, ofrecía una preparación en varias áreas de la ingeniería, de incumbencia naval, militar o civil. Los primeros tres años eran comunes a las diversas ramas, con un contenido fuerte en matemática, física y fundamentos de

química. La especialización se llevaba a cabo el cuarto año, ingresando así en una de las siguientes escuelas: artillería, ingeniería militar, minas, puentes y rutas, cartógrafos (ingenieros geográficos), o ingenieros navales (Davis, 1995: 39). Para una ampliación temática, confrontar (Blanchard, 1979) y (Blanchard, 1981). Otros textos alusivos a la creación de los cuerpos de ingeniería son: (Taton, 1964), (Belhoste, Picon & Sakarovich, 1990), (Hamelin, 1996) y (Pernot, 1999), entre otros.

Es así que, en su primera acepción, de origen francesa, un ingeniero era un militar, *“nobles, hombres a caballo, que aprendieron el arte de la guerra de sus padres o en el campo de batalla, o incluso murieron en el intento”* (Davis, 1995: 37). Una vez disuelta la armada, volvían a sus tierras y continuaban sus antiguas labores como carpinteros o cualquier otro tipo de actividad artesanal que antes realizaban.

3. Caracterización metafórica

Resulta complicado hallar una caracterización del ingeniero típico, que se adecue a su papel actual. Su historia muestra lazos tanto con la tecnología, como con la arquitectura, la matemática y el arte de la guerra. Claramente, su formación trae consigo un desarrollo importante de actividades matemáticas. Y su labor profesional está vinculada a la resolución de problemas. Es por esto último que, en este trabajo interesa diferenciar el papel que desempeña el ingeniero en la resolución de problemas matemáticos, respecto del que ocupa un matemático investigador.

Un modo de abordar, en primer lugar la descripción de los dos estilos de resolución de problemas matemáticos arriba planteados, lo aporta la siguiente metáfora, extraída de (Christakos, 2011), aplicada en su caso para otros fines, pero que en este contexto resulta muy pertinente:

Los lectores pueden imaginar a un ictiólogo explorando la vida del océano. El ictiólogo echa una red en el agua y al recogerla, trae consigo una gran variedad de pescados. Inspeccionando la pesca, el ictiólogo procede de modo similar al de un científico para lograr sistematizar lo que la pesca revela y llega a dos ge-

neralizaciones: ninguna criatura marina tiene un tamaño inferior a las dos pulgadas de largo, y todas las criaturas marinas tienen branquias. Estas son dos verdades de esta pesca, por lo que el ictiólogo asume tentativamente que se va a repetir la verdad mientras uno repita la pesca con dicha red. En la aplicación de esta metáfora, la pesca representa el conjunto de conocimientos que constituyen la ciencia física, y la red [representa] al equipo sensorial e intelectual que son empleados para obtenerlos. La elección de la red se corresponde a la observación. (Christakos, 2011:137)

El planteo del ictiólogo llevaría a advertir la siguiente distinción: un ingeniero podría considerarse como un ictiólogo que elige el instrumento de pesca, la red, a fin de capturar con ella el tipo de pescados que ésta permita, dada su forma reticular, la separación de las celdas, el grosor de las sogas que la conforman y demás características que implican el lanzamiento de ella al agua, y los métodos específicos de selección de la zona marítima de pesca, entre otros elementos. Tal metodología conlleva una práctica o arte que se aprende realizando aproximaciones cada vez más favorables. Es más, en función de la meta, se busca la red adecuada. Se diseña la red, en primer lugar, y una vez que ésta ya obtiene los valores considerados adecuados, se la aplica. Como el ictiólogo, el ingeniero se preocupa del diseño de este instrumento, y luego va en busca de la pesca que este dispositivo permite obtener.

En cambio, un matemático asume otras de las tareas del ictiólogo en cuestión. Por un lado, el matemático no cuestiona la red. En cambio, su preocupación está concentrada en la pesca que pudiera eventualmente obtener, en sus características inherentes al tipo de mar en el que se pesca, a las propiedades de la variedad de pescado que existe en tal zona y sus funciones. Como expresa Christakos, la pesca representa el conjunto de conocimientos que constituye la matemática y la elección de la red hace a la tarea del ingeniero. El matemático busca y capta los patrones, Generaliza, busca el “tipo” de conocimiento, tipifica. En general no se cuestiona el tipo de red, pero sí alcanza un conocimiento elevado del tipo de pesca obtenido. En cambio, el ingeniero selecciona instrumentos, los métodos operativos. Realiza aproximaciones. En función de la meta, busca la red adecuada. No está pensando en el conocimiento que obtendrá a partir de la red elegida. La metá-

fora presentada nos permite ahora analizar la repercusión de ella en la caracterización del matemático y del ingeniero como resolutores de problemas matemáticos

4. Rasgos característicos

Según Michael Davis (1996) cualquier definición del término “ingeniería” que se precie de tal debería incluir las siguientes tres características, aun cuando éstas no sean suficientes para una completa descripción:

(1) Debe considerar tanto a la matemática como a las ciencias naturales como centrales para lo que los ingenieros hacen.

(2) Debe privilegiar el estudio de los objetos físicos o de los sistemas físicos:

Lo que sea que es la ingeniería, su preocupación principal es el mundo físico en vez de reglas (como en el derecho), dinero (como en cuestiones de administración comercial) o incluso personas (como en materia de gestión). (Davis, 1996: 98)

(3) Debe ocuparse de rehacer el mundo antes que entenderlo. Ello no implica que no produzca conocimiento sino que éste ha de ser un medio para algo útil, más que un fin en sí mismo.

En relación con la primera característica, una de las razones por las cuales la matemática ejerce una función principal en el perfil del ingeniero tiene que ver no sólo con habilitarlo a manipular una serie de herramientas formales que le permitirán operar con precisión y exactitud, sino también por su papel formador:

La matemática ayuda a los ingenieros en la formación, el análisis y la optimización de la funcionalidad de los fenómenos, con el fin de diseñar y desarrollar un sistema. La matemática mejora la capacidad para participar en el pensamiento abstracto y también despierta su imaginación. Un ingeniero innovador es el que es creativo; y la creatividad viene de la buena imaginación y el pensamiento abstracto. Por tanto, un exitoso ingeniero innovador es

el que más probablemente se equipa a sí mismo con un conocimiento sustancial de matemática. (Moussavi, 1998: 2)

En este sentido, el ingeniero adquirió un perfil de tono científico durante los comienzos del siglo XX, y especialmente luego de la Segunda Guerra Mundial:

Los cursos de ingeniería tendían cada vez más a enfatizar los principios generales [...] El estereotipo de la ingeniería como la solución lógica o mecánica de problemas prácticos por deducción de principios científicos no incluía el costado creativo [...] Hoy en día, la filosofía de la ingeniería está donde estuvo la filosofía de la ciencia cien años atrás. Estamos recién comenzando a entender que hay allí [en la ingeniería] una cuestión a resolver. (Davis, 1992: 18-19)

Davis (1992) considera que las escuelas de ingeniería en la actualidad comienzan a pensar su profesión de una manera más inventiva, en lo que concierne a su tarea diseñadora. Pero cabe advertir que un ingeniero, si bien se ocupa de proyectos de diseño, se diferencia también del arquitecto en esta tarea. En efecto, un ingeniero requiere de rutinas distintivas, que permiten garantizar cierta estabilidad en aspectos tales como seguridad, economía, confiabilidad, durabilidad y manufacturabilidad, entre otros. Es interesante la metáfora que este autor aplica a la ingeniería para describir la habitualidad matemática detrás de su profesión: las rutinas son tan fundamentales para el ingeniero como lo es el ritmo y la métrica en la producción musical de los sonetos (Davis, 1992: 19).

Este mismo pensador, en otro texto (1995), aporta tres características que diferencian a un ingeniero de un arquitecto:

(1) La formación matemática de un ingeniero suele ser superior a la de un arquitecto, dado que este último, o bien ignora este tipo de destrezas o bien las aplica intuitivamente.

(2) Dado que la historia de la formación ingenieril deriva de su aplicación a cuestiones de la guerra, estos profesionales han tendido a preocuparse especialmente en cuestiones de confiabilidad, certeza y rigurosidad de sus resultados. En cambio, un arquitecto, en este aspec-

to, presta más atención a la forma que al contenido.

(3) Además de la labor de planificación previa, el ingeniero suele caracterizarse por asumir una gran disciplina en aspectos de la ejecución de la obra, siendo diestros en la dirección de los proyectos. Este tipo de gestión, según Davis, es mejor llevada a cabo en grandes proyectos, por parte de los ingenieros que de los arquitectos, quienes, según su perspectiva se comportan mejor en cuestiones más acotadas o reducidas (Davis, 1995: 100).

Cabe observar que las características segunda y tercera que (Davis, 1995) asocia a un arquitecto bien podrían aplicarse al estilo de resolución de problemas con que opera un matemático, como se ha estado planteando aquí. En el apartado siguiente, se describe un estudio de caso matemático que especifica esta cuestión.

5. Estudio de caso: prueba visual

El caso a considerar consiste en una serie convergente, cuyos sumandos son $1/3$, $1/9$, $1/27$, $1/81$, y así sucesivamente. Claramente, el primer término de esta serie es $1/3$ y cada término subsiguiente de la misma se obtiene del anterior multiplicándolo por $1/3$. La suma infinita de todos estos términos resulta en el valor $1/2$ (Figura 1). En lo que sigue, se ofrece una resolución “visual” de dicho problema, lo que implica que no se dará una demostración formal de este resultado, sino que la suma de la serie se obtendrá por medio de un procedimiento gráfico, que, aunque no sea un método validado formalmente, permite “mostrar” el cálculo buscado en vez de demostrarlo. El objetivo de introducir una “prueba visual” consiste en comparar dos estilos de resolución de problemas matemáticos en el paso final de este procedimiento, uno que se asociará a la manera típica con que opera un matemático, y otro que reflejará el modo de planteo característico de un ingeniero standard.

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{9} + \frac{1}{27} + \frac{1}{81} + \dots = \frac{1}{2}$$

Figura 1

Primer paso: se comienza el procedimiento visual dibujando un cuadrado blanco. Al cuadrado se lo divide horizontalmente en tres rectángulos iguales. Luego se toma el rectángulo inferior resultante y se lo rellena con líneas oblicuas paralelas entre sí. Lo relleno con líneas oblicuas, en el segundo cuadrado de este paso, representa la suma parcial de la serie hasta el primer término de ésta: $1/3$. A su vez, el rectángulo superior construido es relleno con puntos, con el objeto de diferenciarlo de los restantes (Figura 2).

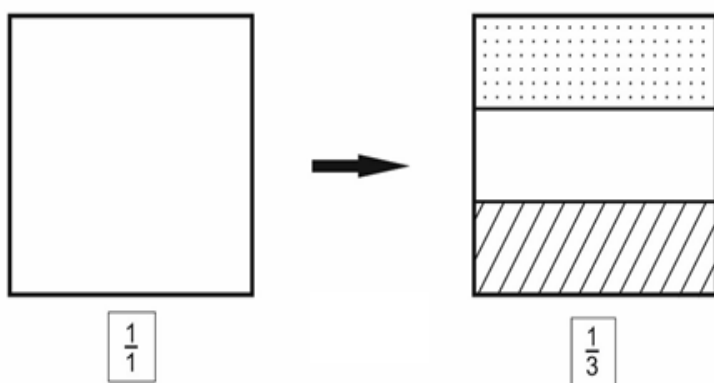


Figura 2

Segundo paso: dado el segundo cuadrado dividido en tres partes rectangulares, se toma el rectángulo blanco del medio y se lo divide en tres cuadrados iguales de manera vertical. De estos tres cuadrados en la franja media, se rellena de líneas oblicuas paralelas entre sí al cuadrado izquierdo. Lo así relleno en el segundo cuadrado de este paso, representa la suma parcial de la serie hasta el segundo término: $1/3 + 1/9$, un tercio del rectángulo rayado más un cuadrado rayado, tercera parte de tal rectángulo: $1/3 \times 1/3 = 1/9$. Conviene observar que también la figura punteada mide lo mismo, en la medida que el procedimiento es simétrico (Figura 3).

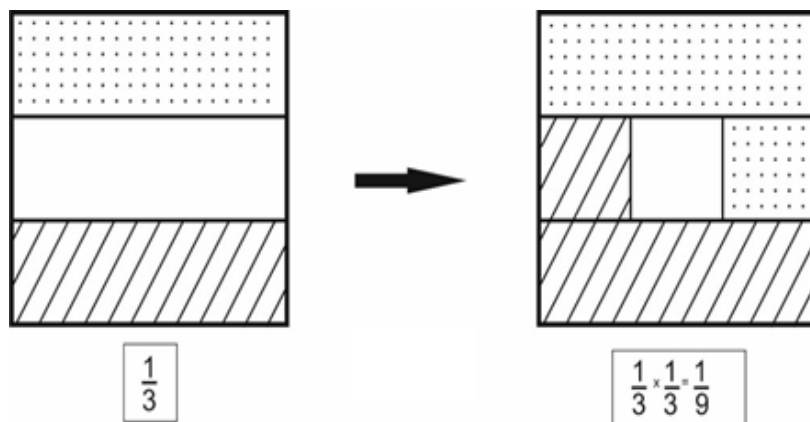


Figura 3

Tercer paso: dado el tercer cuadrado, cuya franja horizontal central ha sido dividida en tres partes cuadradas, se toma el cuadrado blanco del medio y se lo divide en tres rectángulos iguales de manera horizontal. De estos tres rectángulos en el cuadrado del medio, se rellena de líneas oblicuas paralelas entre sí al rectángulo inferior. Ahora, si se suman las áreas de todas las figuras rayadas oblicuas del último cuadrado, se obtiene la suma parcial de la serie con tres términos: $1/3 + 1/9 + 1/27$ (Figura 4).

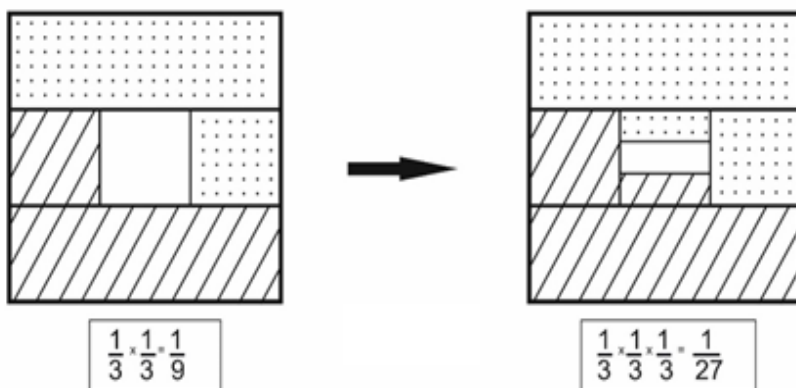


Figura 4

Los pasos subsiguientes alternan la división en tres partes, ya sea de un cuadrado central en tres rectángulos, o una franja rectangular ubicada en el medio, en tres cuadrados. Esto va configurando una región de rayas oblicuas cada vez de mayor extensión, pero caracterizándose por no superar la mitad del cuadrado original en blanco. Es esperable suponer que, en una cantidad infinita de pasos, se cubriría exactamente la mitad del cuadrado rayado, y este valor se correspondería con la suma total de la serie. Así, si el procedimiento se sigue indefinidamente, la serie infinita que se obtiene es:

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{9} + \frac{1}{27} + \frac{1}{81} + \frac{1}{243} + \dots = \frac{1}{2}$$

Figura 5

¿Cómo llegamos “visualmente” al cálculo de $1/2$? Agregando en cada paso, o bien un rectángulo o bien un cuadrado, cada uno de los cuales mide la tercera parte del anterior. Si se trazara una diagonal principal sobre cualesquiera de estos cuadrados, se observaría más fácilmente que es posible compensar el triángulo superior punteado con el inferior rayado, logrando así imaginar que este procedimiento podría hacerse en cada triángulo que se va formando debido al trazado de tal diagonal, con lo cual la compensación llevada a cabo permite inferir un resultado plausible: el triángulo final resultante de un proceso infinito -que gráficamente es imposible de hacer-, terminará plausiblemente totalmente rayado (Figura 6).

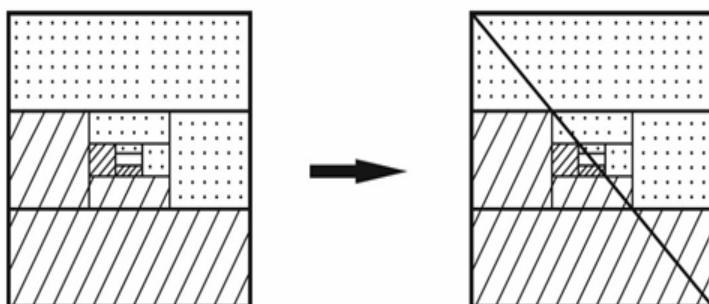


Figura 6

Una pregunta que uno puede hacerse ahora es: ¿cabe imaginar actitudes diferentes de resolución de este problema, entre un matemático típico y un ingeniero standard, una vez que se hubo trazado la diagonal principal sobre todos estos cuadrados? Es común pensar que un matemático comienza a generalizar y observa que se forma un triángulo. Es dable imaginar que este tipo de científico especula con una respuesta de tipo general. En cambio, un ingeniero típico tendería a aproximar, observando que nunca se llegaría a formar una figura triangular, ya que le faltaría el trapecio en blanco.

El matemático vería el proceso infinito, iría al contenido del problema. Idealizaría la situación y visualizaría el triángulo aunque éste no esté allí. Generaría hipótesis optimistas. Vería la estructura teórica. Aportaría una sistematización, una armonía teórica. Prevalecerían las especulaciones ideales. El ingeniero, a su vez, visualizaría una aproximación a algo que no se completaría, en un proceso finito. Iría al método. Generaría hipótesis pesimistas. Se concentraría en la estructura metodológica, una organización estratégica, un camino de ingenio. Prevalecería la disciplina y la forma.

El matemático visualizaría patrones. El ingeniero vería herramientas y las manipularía. El matemático no se cuestionaría sus fundamentos o axiomas. Buscaría generalizaciones que constituirían invariantes. Resolvería el problema en función de su comprensión del mismo, basándose en conocimientos adquiridos. El matemático ofrecería al ingeniero el valor de las generalizaciones. El ingeniero podría, en cambio, proveer al matemático de nuevas pautas metodológicas, nuevas es-

trategias prácticas que cuestionarían las viejas prácticas. Resolvería el problema en función de la disponibilidad de herramientas.

6. A modo de conclusión: dos tipos de abordajes en la resolución de problemas matemáticos.

El estilo de abordaje de la matemática por un ingeniero difiere de aquel del matemático profesional en aspectos relevantes tales que permiten mantener una distinción de posiciones respecto del papel que ocupa la misma en nuestra cultura, ya sea que se ocupe de cuestiones prácticas de eficiencia o bien que plantee perfecciones teóricas de elegancia y simplicidad matemática. Claro está que ambos elementos pueden convivir en un mismo estilo de trabajo. Pero, ¿cuáles son las condiciones para que esto ocurra? Porque parece ser que, en cuanto conseguimos plasmar un estilo, el otro se va perdiendo. ¿Por qué pasaría esto y cómo evitarlo? ¿Cómo conseguir ambas virtudes en un mismo estilo de abordaje matemático? Si se lograra dar con un procedimiento para unir ambas virtudes, se habría permitido que conviviera el matemático con el ingeniero. Es decir, la perspectiva más elegante y clara del matemático con la eficiencia del ingeniero como arma de trabajo.

En función de lo precedente, se observan dos estilos distintos de abordaje a los problemas matemáticos en los procesos de resolución de los mismos. Primero, la búsqueda de expresiones visuales claras y segundo, la búsqueda exploratoria de manipulaciones estratégicas eficientes. Aunque ambos elementos son compartidos por los matemáticos y los ingenieros, queda a la vista una predilección por el primer tipo en los matemáticos frente a la preferencia por el segundo en los ingenieros, aunque no de manera exclusiva. Los tipos puros son ideales. A pesar de estas predilecciones, podemos decir, en referencia al estudio de caso arriba analizado, que importa tanto que exista una aproximación, como que al final de la misma haya algo concreto como resultado. Esto hace presumir que la unión de los dos estilos, la aproximación como la idealización en la resolución de problemas, dan por resultado una visión integral del mismo, pudiendo ser así éste un nuevo tipo de abordaje a los problemas matemáticos en los tiempos que se vienen.

Referencias

Belhoste, Bruno, Picon, Antoine & Joël Sakarovich (1990) "Les exercices dans les écoles d'ingénieurs sous l'Ancien Régime et la Révolution", *Histoire de l'Éducation*, Paris, N° 46, pp. 53-109.

Blanchard, Anne (1979) *Les ingénieurs du «Roy» de Louis XIV à Louis XVI. Etude du Corps des Fortification*, Montpellier: Université Paul Valéry.

Blanchard, Anne (1981) *Dictionnaire des ingénieurs militaires (1691-1791)*, Montpellier: Université Paul Valéry.

Christakos, George (2011) *Integrative Problem-Solving in a time of Decadence*, Dordrecht: Springer.

Davis, Michael (1992) *Reflections on the History of Engineering in the United States: A preface to Engineering Ethics. GTE Lecture. Center for Academics Ethics & College of Engineering*, Detroit, Michigan: Wayne State University.

Davis, Michael (1995) "An Historical Preface to Engineering Ethics", *Science and Engineering Ethics*, Volume 1, Issue 1, pp. 33-48.

Davis, Michael (1996) "Defining 'Engineer'. How To Do It and Why It Matters", *Journal of Engineering Education*, Volume 85, Issue 2, pp. 97-101.

Hamelin, Fabrice (1996): "L'École d'application de l'artillerie et du Génie de Metz ou l'organisation d'un compromis". En *L'École d'application de l'artillerie et du génie de Metz (1802-1870). Enseignement et recherches. Actes de la journée d'étude du 2 novembre 1995*, Bruno Belhoste & Al Picon (Eds.). Paris: Ministère de la Culture Direction du Patrimoine Musée des Plans-Reliefs. Pp. 11-17.

Jonassen, David, Strobel, Johannes & Chwee Beng Lee (2006) "Everyday problem solving in engineering: Lessons for engineering

educators”, *Journal of Engineering Education*, Volume 95, Issue 2, pp. 139-151.

Moussavi, Massoud (1998) “Mathematical Modeling in Engineering Education”, *Proceedings of the 1998 Frontiers in Education Conference*, Tempe, AZ, paper F4H-3.

Pernot, Jean-François (1999) “Conditions et enjeux de la création de l’École du Génie de Mézières (1748-1749)”, *Cahiers du Centre d’études d’histoire de la Défense*, Vincenne, N° 11, Des armes savantes à l’ingénierie militaire, Actes du colloque organisé à l’occasion du 250e anniversaire de l’École du Génie de Mézières. Hôtel National des Invalides 22 janvier 1999, pp. 11-17.

Schoenfeld, Alan (1992) “Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition and Sense-Making in Mathematics”, Grouws David (Ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning*, New York: MacMillan, pp. 334-370.

Stewart, Saunders (1984) "Louis XIV: Patron of Science and Technology", *Libraries Research Publications*, Paper 46, pp. 1-14.

Taton, René (1964) "L’Ecole royale du génie de Mézières”, *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle*, Paris: Hermann, pp. 559-615.

Underwood, Dudley (1997) “Is Mathematics Necessary?” *The College Mathematics Journal*, Volume 28, Issue 5, pp. 360-364.

Gregorio José Vergara Laucirica
grego005@gmail.com

Gregorio José Vergara Laucirica se formó en la Universidad Nacional de Córdoba y la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, en Ingeniería Electrónica con orientación en sistemas embebidos. Además se perfeccionó en Networking Management orientado a proyectos con aplicación directa en IoT (Internet of Things). Actual-

mente se dedica a la investigación en áreas de la ingeniería asociadas a la filosofía de la matemática y sus aplicaciones.