

ANOTACIONES SOBRE USOS DE LAS MATEMATICAS

CARLOS E. MEJÍA Y MARGARITA M. TORO
Universidad Nacional de Colombia
Departamento de Matemáticas
Medellín

RESUMEN. En este trabajo consideramos aspectos de la interacción entre matemáticas, ingeniería e industria a partir de reflexiones personales, de artículos sobre el tema y de reportes de experiencias exitosas y no exitosas. Desde nuestra perspectiva de docentes de matemáticas, pretendemos suscitar discusiones y deseos de conocer más acerca del tema tanto en el medio universitario como en el medio empresarial.

ABSTRACT. In this paper we consider aspects of the interaction between Mathematics, Engineering and Industry based on personal thoughts, papers on the subject and reports on successful and unsuccessful experiences. From our perspective as professors of Mathematics, we look forward for discussions and eagerness to know more about the subject at both Universities and Industries.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo se dirige fundamentalmente a los miembros de la comunidad académica ampliada en la que se desarrollan las labores de toda Universidad, es decir, profesores, estudiantes y egresados. Los autores somos docentes de matemáticas de la Universidad Nacional pero queremos abarcar universidades distintas no necesariamente colombianas cuando utilizamos el término Universidad. También queremos ser amplios cuando utilizamos el término matemáticos. Con él nos referimos a quienes trabajan en matemáticas, sin importar la formación profesional que tengan.

Partimos de una hipótesis:

La matemática es necesaria para el desarrollo de la industria y gracias sobre todo a los avances vertiginosos en materia de computación y software, esa necesidad va en aumento.

Los protagonistas del desarrollo industrial son en su mayoría ingenieros. Una pregunta natural es: ¿Están preparados para la tarea? Este cuestionamiento no lo hacemos solamente aquí. En el mundo desarrollado se plantea como preocupación, no solo la formación matemática de los ingenieros, sino también la de los matemáticos en temas de física e ingeniería que los capaciten para ser ellos mismos empleados en industria.

El componente técnico de las ingenierías ha cambiado rápidamente con el establecimiento de los computadores como herramientas. Lo que antes requería de destreza en el manejo de la regla de cálculo, ahora se hace conociendo comandos de la aplicación matemática preferida. Muchos experimentos ya no tienen que realizarse, han cedido su lugar a simulaciones en computador. La cantidad de operaciones de álgebra, cálculo y ecuaciones diferenciales de nivel elemental, que antes debían ejecutar los ingenieros con herramientas rudimentarias, ahora se hacen automáticamente en medio de la sofisticación de MATHEMATICA, MATLAB, ANSYS, etc. Nos preguntamos: ¿Han cambiado de acuerdo con esto las universidades? Más precisamente: ¿Se refleja este cambio en los cursos de matemáticas que impartimos en ellas?

Con preocupación anotamos que a estas preguntas la respuesta es en todas partes la misma: Es insuficiente el cambio que se ha dado. Basta observar los libros de texto que seguimos utilizando, que repasan contenidos bien establecidos desde hace más de un siglo pero ignoran avances recientes. En general seguimos ofreciendo las matemáticas de antes del computador a nuestros estudiantes: sustituciones truculentas para integración en lugar de cuadraturas adaptativas, soluciones exactas a ecuaciones diferenciales escalares y no teoría cualitativa para

sistemas dinámicos, seguimos evitando los problemas no lineales en nuestra docencia pero éstos aparecen cada vez con más insistencia en las aplicaciones, descuidamos el rigor lógico obligatorio para programar un computador y nos ilusionamos con gráficas obtenidas por métodos que no conocemos, en fin, desconocemos que las matemáticas para enseñar hoy deben destacar la abstracción y la lógica y poner en segundo plano la parte operativa.

En este artículo presentamos casos concretos de interacción entre matemáticas e industria en diferentes partes del mundo. Todos estos casos demuestran la conveniencia u obligatoriedad de la presencia de especialistas en temas de ingeniería con formación matemática y viceversa. También sirven estos casos para sugerirnos alternativas de cambio en la Universidad que nos ayuden a aumentar la calidad y cantidad del recurso humano que se destaca en la pareja ingenierías-matemáticas. Es claro que los niveles de calidad a los que debemos aspirar en investigación y desarrollo están dictados por la comunidad internacional. Por eso creemos que los casos presentados son relevantes.

La próxima sección la dedicamos a la Sociedad para la Matemática Industrial y Aplicada, SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics). En particular, comentamos el documento "The SIAM Report on Mathematics in Industry" (ver [S1]) que en cierta medida tiene alcance global a pesar de ser una investigación realizada solamente en empresas de Estados Unidos.

La sección 3 presenta otros casos interesantes en distintas partes del mundo. En la sección cuarta y última, proponemos temas de reflexión que ojalá nos lleven a mejorar el nexo de la Universidad con la industria con base en el esfuerzo común de docentes, estudiantes y egresados.

2. SOCIEDAD PARA LA MATEMÁTICA INDUSTRIAL Y APLICADA

Esta sociedad, a la que por brevedad nos referimos por la sigla SIAM que la identifica universalmente, fue iniciada en 1952 y tiene su centro de operaciones en Philadelphia, Estados Unidos, pero su alcance es mundial. Últimamente se formaron secciones en México y en el este de Asia y es factible que se continúe con la formación de otras secciones en el futuro inmediato. Su actual presidente, el profesor Gilbert Strang de MIT, es un reconocido matemático, autor de importantes artículos investigativos e innovadores libros de texto.

Los pilares fundamentales de SIAM son las revistas y los libros que edita y las conferencias que organiza. Desde sus inicios, se propuso:

- Avanzar en la aplicación de la matemática en ciencia e industria.
- Promover investigación en matemáticas que conduzca a métodos y técnicas eficientes para resolver problemas en ciencia e industria.
- Proporcionar un ambiente propicio para el intercambio de ideas e información entre matemáticos, ingenieros y científicos.

Para más información, recomendamos una visita vía internet a <http://www.siam.org>

En enero de 1998, SIAM publicó "El Reporte de SIAM sobre Matemáticas en Industria". (Ver [S1]). Con gran sensatez, los autores advierten que "el mundo de los negocios, la industria y el gobierno proporcionan no solo un dominio fértil para las aplicaciones de la matemática avanzada sino también una importante fuente de empleo para científicos con entrenamiento en matemática superior". De manera que emprenden un trabajo de consulta sobre el papel de los matemáticos fuera de la academia y sobre las destrezas más necesarias en tal ambiente.

En términos generales no se advierten sorpresas, aunque debemos advertir que la mayoría de las carencias que se encuentran en el sondeo para empresas norteamericanas son mucho más agudas entre nosotros. De todas formas un reporte como éste puede ayudarnos a pensar en nosotros mismos y por tanto pasamos a reseñar unas cuantas consideraciones presentes en [S1]:

- La matemática fuera de la academia es eminentemente interdisciplinaria.
- Conocimientos y experiencia en computación son esenciales para la práctica de la matemática fuera de la academia.
- Las destrezas de comunicación y la capacidad de trabajar en grupo, son a menudo más importantes que conocimientos específicos en una determinada área.
- La habilidad cultivada para la abstracción y el razonamiento lógico son frecuentemente activos importantes de los matemáticos trabajando fuera de la academia.
- Las Universidades deben buscar que los estudiantes de matemáticas se familiaricen con aplicaciones y que estén en capacidad de resolver problemas de carácter interdisciplinario.
- Hay todavía mucho camino por recorrer en puntos que son cruciales para el buen desempeño en industria como la habilidad para trabajar en grupo, el conocimiento amplio sobre

temas científicos y la efectividad usando computadores.

- En los programas de estudio de matemáticas, buscando la familiaridad de los estudiantes con las aplicaciones, se podrían tener cursos en cooperación con otros departamentos y con matemáticos no dedicados a la academia.

3. OTROS CASOS ILUSTRATIVOS

En esta sección presentamos breves reseñas sobre esfuerzos que se hacen en distintas partes para fortalecer la interacción entre matemáticas e industria. La primera reseña es sobre el trabajo del profesor Avner Friedman en particular y del Instituto para la Matemática y sus Aplicaciones (IMA) adscrito a la Universidad de Minnesota, en general. (Ver [F1], [F2] y [F3]). La segunda es sobre una crónica escrita por el propio Friedman sobre un Instituto de Matemática Industrial en Israel. Después viene una reseña sobre el Instituto de Investigación de la empresa multinacional japonesa NEC y finalizamos comentando sobre un intento fallido de participación de la academia en la reforma de un banco en Australia.

- El profesor Friedman es una de las personas que a nivel mundial es reconocido como pionero del fortalecimiento de nexos entre industria y academia en materia de matemáticas. En [F1], Friedman y Lavery exponen sus ideas, sus experiencia y sus recomendaciones para facilitar la implantación de programas a nivel de maestría en matemática industrial. Después de una introducción en la que explican lo que para ellos es matemática industrial y en la que precisan las destrezas a desarrollar en un tal programa, pasan a detalles concretos como los cursos que recomiendan y la forma como creen que debe hacerse el acercamiento con la industria. En [F2] y [F3], Friedman ofrece gran variedad de problemas industriales con su correspondiente modelamiento matemático. La serie *Mathematics in Industrial Problems* de Friedman es sin duda una de las recopilaciones más valiosas existentes en el momento sobre aplicaciones concretas de la matemática.
- En 1993, se estableció en Beer Sheva, Israel, el Instituto de Matemática Industrial con dieciocho matemáticos, casi todos venidos de la antigua Unión Soviética. Su crecimiento ha sido estable desde sus inicios y ha sido bien recibido por la comunidad industrial israelita. En 1998, sus ingresos provenientes de proyectos para la industria superaron en un 60% al

presupuesto del Instituto, lo que da una idea del éxito que ha tenido. Dos proyectos terminados recientemente en el Instituto, son: El diseño de una estructura de anillo para mejorar la confiabilidad en redes telefónicas basadas en cables ópticos y el desarrollo de una estrategia de programación horaria de quirófanos de un hospital grande para su utilización óptima con pacientes ambulatorios. Para información adicional sobre este Instituto recomendamos [F4] y la dirección Internet del Instituto <http://www.cs.bgu.ac.il/~iim>

- El Instituto de Investigación de la corporación japonesa NEC fue establecido en 1989 en la ciudad de Princeton, New Jersey, Estados Unidos. Su misión es: Proporcionar investigación en asuntos fundamentales a su empresa madre, la gigante multinacional NEC, que tiene sus principales campos de acción en las comunicaciones y los computadores. Uno de los matemáticos fundadores del Instituto es su actual presidente, el profesor C. William Gear, quien es una de las autoridades mundiales en la solución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias y el autor de DIFSUB, reconocido en la comunidad científica como el programa de computador más importante que se ha escrito sobre el tema hasta la fecha. El compromiso de NEC es financiar investigación básica y este Instituto es el medio más importante del que disponen para hacerlo. Actualmente trabajan en el Instituto cuarenta científicos principales, repartidos entre las ciencias físicas, las matemáticas y la informática. Más información se puede obtener en la dirección especializada en investigación que tiene NEC en Internet: <http://neci.nj.nec.com>.
- La última reseña tiene que ver con la brecha en la comunicación que puede presentarse entre los académicos y los trabajadores de un empresa cuando no hay verdadera interacción entre ellos. Corresponde al recuento publicado recientemente en [G] de la debacle costosa que tuvo la Westpac Banking Corporation de Australia cuando a fines de los ochenta decidió que debía modernizar sus sistemas. La corporación decidió contratar un equipo externo de académicos con escasa preparación en materia de banca o industria. Resultó además que su comunicación con los directos responsables de la administración de sistemas era defectuosa o inexistente. Sin entrar a juzgar si el equipo externo estaba capacitado o no para el trabajo o si hubo o no deshonestidad de su parte, lo que

si es claro es que no fueron capaces de modernizar las aplicaciones comerciales del banco. Su nulo conocimiento de la práctica bancaria los debió obligar a trabajar en equipo con quienes si la conocieran y no lo hicieron. El escaso código de software que alcanzaron a producir a un alto costo nunca pudo utilizarse. El autor de [G] se había referido en una columna anterior a este hecho. En esa oportunidad finalizó su columna con un llamado que podríamos catalogar de dramático. Decía: "Me gustaría creer que esta columna, que aparece como un ataque a la academia, es en realidad el comienzo del final de dichos ataques...Espero estar ayudando a tender el puente necesario que se necesita para cerrar esta brecha". La columna que nos ocupa termina con una súplica: "¿ Me ayuda a cerrar esta brecha, por favor?"

4. REFLEXIONES

Para estas notas finales tendremos en cuenta primordialmente universidades y estudiantes en Colombia. Llegar a contar con grupos interdisciplinarios capacitados en aspectos de la interacción entre industria y matemáticas es un objetivo deseable. En la conformación de tales grupos debe estar presente y activa la Universidad.

A nivel de pregrado, es mucho lo que hay por hacer a este respecto. Proponemos solamente los siguientes puntos para reflexionar:

- Algunas universidades colombianas tienen establecido un semestre de práctica para sus estudiantes de ingeniería. ¿ Servirá esta práctica para el reforzamiento de la interacción entre matemáticas e industria?
- La matemática necesaria para modelar problemas industriales es mucho más avanzada que la matemática básica de pregrado en ingeniería. ¿ Cómo tender un puente para cerrar esta brecha? Será con intensificación de cursos de pregrado? ¿ Será con incentivos a recién graduados de ingeniería para que estudien posgrados que los preparen en matemáticas al nivel requerido?
- Recíprocamente, muy frecuentemente los matemáticos tienen una formación deficitaria en

materia de problemas de aplicación. ¿Cómo llenar este vacío?

- Ultimamente se advierte debilidad en materia de programación de computadores entre los recién egresados de la mayoría de las carreras universitarias en Colombia. Paradójicamente, muy a menudo es con base en las destrezas en programación que dichos egresados logran acomodarse en equipos interdisciplinarios de trabajo investigativo. ¿ Cómo generar de nuevo interés por la programación? Nosotros estamos seguros que tal destreza debe hacer parte de las básicas que todo profesional de matemáticas o ingeniería debe adquirir en la Universidad.
- Para poder establecer relaciones fructíferas de trabajo entre empresas y universidades se necesita una ardua labor de acercamiento y de identificación de los puntos en los que la unión puede ser benéfica. ¿ Qué están haciendo nuestras universidades y nuestras empresas para generar más trabajo conjunto?
- Finalmente, ¿ qué estamos haciendo los profesores universitarios para formar estudiantes capaces de enfrentarse a los retos de una interacción fructífera entre matemáticas e industria?

5. REFERENCIAS

- [S1] SIAM, The SIAM Report on Mathematics in Industry, www.siam.org, 1998.
- [F1] Friedman, A. y J. Lavery, How to Start an Industrial Mathematics Program in the University, SIAM, Philadelphia, 1993.
- [F2] Friedman, A., Mathematics in Industrial Problems, Vol. 8, Springer-Verlag, 1997.
- [F3] Friedman, A., Mathematics in Industrial Problems, Vol. 9, Springer-Verlag, 1997.
- [F4] Friedman, A., Innovative Math Modeling Opens Industry Doors for Israeli Institute, SIAM News, Vol 31, No. 10, 1998, p. 20.
- [S2], SIAM, NEC Research Institute: An Industrial Lab with a Basic Mission, SIAM News, Vol 31, No. 10, 1998, pp. 1-3.
- [G], Glass, R. L., Buzzwordism and the Epic \$150 Million Software Debacle, Communications of the ACM, Vol. 42, No. 8, 1999, pp. 17-19.