

## EDITORIAL

### **Sistemas de ingeniería: problemas, modelos y algoritmos de solución para la ayuda en la toma de decisiones**

El desarrollo científico-tecnológico ha llevado tanto a un incremento en la complejidad de los Sistemas de Ingeniería como a la definición de nuevos problemas asociados a esta área. Lo anterior ha conducido a enfrentar problemas científicos ligados a la toma de decisiones, muy difíciles de resolver, motivando la generación de metodologías sofisticadas y efectivas para abordar estos problemas.

Algunas áreas de problemas tradicionales en Sistemas de Ingeniería son Logística y Transporte, Generación y Distribución de Energía Eléctrica y Localización de Servicios (Salud, Educación, Logística, etc.). Nuevas problemáticas han aparecido en estas áreas como también en áreas nuevas como Bioinformática y Redes de Comunicación. Tanto las áreas nuevas como las tradicionales comparten la propiedad de enfrentar modelos de toma de decisiones cada vez más complejos dado el desarrollo y crecimiento económico, el avance científico-tecnológico y la inestabilidad económica y política mundial.

Problemas difíciles aparecen en varios de los componentes de Sistemas de Ingeniería. Un componente tradicional asociado a la dificultad de estos problemas es su complejidad computacional. Por ejemplo, en un problema de localización de plantas, que es una fuente inagotable de problemas complicados, muchas veces resulta que no se conocen algoritmos de tiempo polinomial para resolver el problema (y no se espera que tales algoritmos existan). Por lo tanto, el diseño de algoritmos aproximados o heurísticos que puedan entregar buenas soluciones en tiempos razonables es crucial cuando el problema a resolver es complicado.

Otra fuente de dificultad aparece por el lado de la incertidumbre asociada a un sistema. Aun cuando existen sistemas simples que no tienen incertidumbre en sus diferentes componentes, sistemas del mundo real son siempre afectados por la incertidumbre y ella está presente en la mayoría o todos sus elementos. En algunos casos la incertidumbre se puede modelar mediante probabilidades; *Programación Estocástica* es el área que provee de teoría y técnicas para abordar problemas de este tipo. Otra alternativa es la llamada *Optimización Difusa* en donde la incertidumbre se modela usando los conceptos de conjuntos difusos y una alternativa más reciente es la *Optimización Robusta* donde el objetivo es normalmente optimizar una función objetivo del peor caso. Cualquiera sea la modelación matemática usada, el modelo resultante conteniendo incertidumbre es más complejo que el modelo clásico correspondiente.

Comentamos una última fuente de dificultad. Se trata de problemas de optimización que naturalmente consideran dos o más funciones objetivos a optimizar. Por ejemplo, queremos minimizar los costos de construir un cierto número de plantas de una industria en expansión y también queremos minimizar el impacto ambiental producido por la construcción y operación de estas plantas. Los modelos matemáticos de *Optimización Multicriterio* y *Optimización Multiobjetivo* se han desarrollado para intentar resolver estos desafiantes problemas.

Respecto a las metodologías de resolución de problemas asociados a Sistemas de Ingeniería, existe un importante grupo de técnicas, algoritmos y programas disponibles. En particular, el modelo de *Programación Lineal* y el algoritmo *simplex* y algoritmos de *punto interior*, el modelo de *Programación Lineal Entera* y los algoritmos *Branch and Bound* y *Branch and Cut*; estos modelos y algoritmos han resuelto, por más de 50 años, importantes problemas de optimización del mundo real. Sin

embargo, la complejidad creciente de problemas provenientes de Sistemas de Ingeniería junto a la complejidad intrínseca de los problemas ha llevado a desarrollar una nueva clase de algoritmos llamados *Metaheurísticas*.

Las *Metaheurísticas* son algoritmos que se comportan como heurísticas, esto es, ellas no garantizan la obtención de una solución óptima para un problema dado, solamente implica resolver un problema en forma aproximada y en un tiempo razonable para la gran mayoría de las aplicaciones reales. La gran distinción de las metaheurísticas respecto de las conocidas heurísticas es que las primeras son algoritmos generales de modo que se puedan adaptar a la gran mayoría de problemas de optimización discreta y combinatorial. A partir de los años 80 ha habido un desarrollo impresionante de investigación en torno a las metaheurísticas. Nuevas ideas conducen a variantes de ellas o definitivamente a nuevas metaheurísticas. Algunas de ellas son Algoritmos Genéticos, Colonia de Hormigas, GRASP, Simulated Annealing y Búsqueda Tabú. Existe una gran experiencia en el uso de estos algoritmos para la resolución de problemas complejos en variadas áreas de la Ingeniería y el desarrollo de nuevos esquemas de solución más eficientes requiere de gran atención.

**Alfredo Candia-Véjar**

Departamento de Modelación y Gestión Industrial

Universidad de Talca

Km 1, Camino a Los Niches

Curicó, Chile

E-mail: [acandia@utalca.cl](mailto:acandia@utalca.cl); [mgonzalez@utalca.cl](mailto:mgonzalez@utalca.cl)

**Marcela González**