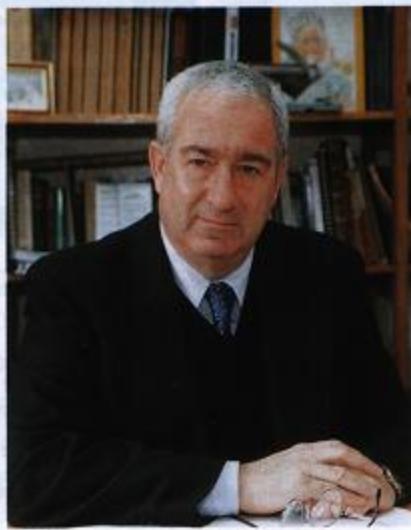


Sabiduría: Vehículo de lo Complejo a lo Simple

Hardy Cross, en el libro «Ingenieros y las Torres de Marfil», se refiere a la simpleza y flexibilidad de los procedimientos analíticos en la mecánica, cualidades necesarias para proporcionar, en forma rápida, un método de reflexión cuantitativo o cualitativo. Sostiene que estos métodos deben mostrar una figura de la estructura en acción y que, de hecho, los grandes constructores han tenido la necesidad de formarse en la mente tales figuras. Goodpasture, editor del libro, aporta algo no menos interesante: los romanos, que fueron grandes ingenieros, aun más que los griegos y que los egipcios, con seguridad no intentaron multiplicar CDXLIV por XCIX...

En Chile tenemos la fortuna de contar con un elevado número de destacados profesionales y académicos que, por la vía del conocimiento, la experiencia y los trabajos de investigación, gravitan de manera importante en la formación de las nuevas generaciones. Como no es posible referirme a cada uno de ellos en forma individual, creo no herir susceptibilidades si sólo me remito a los aportes entregados por los distinguidos ingenieros y profesores señores Rodrigo Flores, Elías Arze, Arturo Arias y Santiago Arias, referentes indiscutidos del arte de proyectar y enseñar, quienes han hecho de la sabiduría un vehículo de lo complejo a lo simple.

Rodrigo Flores, brillante y multifacético, agrega a sus sólidos conocimientos de ingeniería estructural y sísmica, similar dominio de la astronomía y del ajedrez, entre muchas otras materias. Sus observaciones verbales tienen siempre un muy delicado sentido del humor, el que además condimenta con una breve meditación antes de pronunciarse. Esta era bastante más prolongada años atrás, cuando acostumbraba a fumar pipa y seguía con rigor el minucioso rito de limpiarla, cargarla, encenderla y dar las primeras bocanadas del aromático «*Ampboras*». Recuerdo que solía decir «*las estructuras son mucho más inteligentes que los ingenieros, pues si las solicitamos para que fallen,*



Tomás Guendelman Bedrack¹



En Chile tenemos la fortuna de contar con un elevado número de destacados profesionales y académicos que gravitan de manera importante en la formación de las nuevas generaciones de ingenieros»

siempre se las arreglan para transferir el exceso a los miembros más aliviados. Llamaba también a este fenómeno «democracia estructural». Luego, poniéndose más formal, se refería a la hiperestaticidad y particularmente a la redundancia y a la ductilidad, pero el concepto quedaba mucho mejor asimilado con su metáfora humanizante.

Elías Arze es el paradigma del pensamiento estructurado y eficiente. Sus juicios, precisos y simples, se apoyan en la vasta experiencia que fue acumulando desde los inicios mismos de su carrera, a mediados de los '40, y que ahora se ven plasmados en la Norma de Estructuras Industriales, próxima a oficializarse, en cuyo origen y desarrollo le ha correspondido un rol fundamental. Esta norma será la primera en el mundo que contenga la metodología y las prescripciones para el diseño de la más variada gama de estructuras, edificios y equipos que se emplean en el área productiva. En ella refleja su profunda comprensión del problema sísmico, cuyos costos directos e indirectos exceden los límites de la ingeniería, constituyendo un problema de toda la comunidad.

Curiosamente, sus preferencias fueron siempre de corte humanista, resaltando las literarias y las deportivas. Sin embargo, tras un brusco viraje, se decidió por ingeniería civil eléctrica, pero paralelamente, como presintiendo el futuro, agregó una segunda especialidad: estructuras. Intentó dedicarse a la primera, pero terminó en la segunda, como consecuencia de la oportunidad que se le presentó de trabajar en el diseño de las estructuras de la Planta de Acero de la CAP en Huachipato.

En sus clases de Proyectos de Estructuras Metálicas, que desarrolló tanto en la Universidad de Chile como en la Universidad Católica, repartía completísimos ejemplos de diseño de galpones de acero, en « » de los originales, escritos de su puño y letra en hojas de cálculo transparentes, conforme a la tecnología disponible a principio de los '60. No obstante que con ellos sólo pretendía entregar una

guía didáctica, la mayoría de sus ex alumnos, entre los que me incluyo, los preservan como manuales de diseño. Escritos con esmero, excelente caligrafía, ausencia de borrones o manchas, contenían un espacio a la derecha de la hoja de cálculo, de unos cinco centímetros de ancho por todo su alto, para borrador, detalle de operaciones intermedias, recordatorios varios y otros elementos, útiles para fines de revisión. El orden, la presentación, y por sobre todo, la revisión, eran para él vitales. Se puede apreciar la vigencia que vuelven a tener estos simples aspectos, cuarenta años más tarde.

Hace algunos días me llamó Lola Vicuña de Arias, viuda del recordado maestro **Arturo Arias**, para hacerme entrega de algunos de sus libros, cumpliendo el deseo que él habría expresado en vida. Me sentí muy emocionado y recibí de obsequio algunas joyas de la literatura técnica y científica relacionada con la Ingeniería Sísmica. Al llegar a casa, me introduje literalmente en sus páginas, las que no ocultaban las horas de prolongada lectura y meditación que en ellas había consumido el maestro. Rayas verticales al costado, enfatizadas a veces con doble trazado, signos de interrogación o de exclamación, párrafos destacados, deducciones alternativas adheridas con clips en los lugares seleccionados, escritas en trozos de papel o en boletas de compraventa, marcas numeradas jerárquicamente en la lista de referencias bibliográficas al final de cada capítulo, lo que testimoniaba la pirámide infinita de lecturas y análisis complementarios realizados. Nada quedaba al azar y todo era sopesado en profundidad, lo que tarde o temprano, se traduciría en alguna frase

**«Rodrigo Flores,
Elías Arze, Arturo
Arias y Santiago
Arias, referentes
indiscutidos del
arte de proyectar y
enseñar, son
casos notables de
sabiduría**



simple, una idea genial, un consejo, o una crítica. Estos libros son un símbolo de su grandeza y hoy se instalan en mi biblioteca, a un costado de los apuntes de sus clases, que guardo con celo y que consulto habitualmente.

En una ocasión fui testigo presencial de una conversación que sostuvo con Armando Cisternas, en la que queda nítidamente reflejada su extraordinaria genialidad:

«Arturo, -dijo Armando-tengo un problema matemático complicado. Estoy estudiando la propagación de ondas en un medio semi-infinito, de borde superior horizontal que remata en un talud inclinado. Si planteo las ecuaciones en el sistema coordenado horizontal-vertical, éstas son simples, pero no las condiciones de borde. Si las escribo en un sistema oblicuo, según el plano del talud y su normal, las ecuaciones son complicadas, pero se simplifican las condiciones de borde. ¿Se te ocurre que hacer?»

Arturo Arias reaccionó instantáneamente y dijo:

«Si escribes las ecuaciones en un sistema coordenado asociado a la tangente y a la normal a una curva de segundo grado, lo que es simple, también lo serán las condiciones de borde. Posteriormente, ajustas esta ecuación de modo que represente una hipérbola, la llevas al límite, para que tienda a sus asíntotas, las que haces coincidir con los bordes horizontal e inclinado del medio de propagación».

Santiago Arias, a quien frecuentemente lo identifican como hermano de Arturo, no sólo por el apellido paterno, sino también por la inicial de ambos apellidos maternos - Suárez, el de Arturo, y Soto, el de Santiago- es otro caso notable de sabiduría y simpleza. Es un ingeniero extraordinariamente creativo y práctico, cuya experiencia se ha forjado tanto con el diseño de las más complejas obras de ingeniería del país, como también con la destinación de muchas horas de estudio en su excelente biblioteca profesional, de cerca de 5.000 volúmenes, probablemente una de las más completas del país, incluyendo las universitarias.

Santiago, al igual que Arturo, tiene gran habilidad para realizar desarrollos formales de los problemas que

enfrenta. Sin embargo, como hombre de campo, usa un lenguaje con «sabor a tierra, empanadas y vino tinto», lleno de humor criollo y fuertemente centrado en la observación y comprensión de la naturaleza. En cierta ocasión, y no es irrelevante decir que de ello han pasado más de treinta años, me dijo: «En la edificación en altura deberíamos copiar al álamo y agregar, en cada piso, una pieza llena de 'colgajos', que choquen a su antojo, disipando energía. Yo paso horas en mi tierra, La Unión, observando cómo se comporta el álamo con el viento. Si la brisa es suave, sólo se mueve el tronco, con un ritmo fijo que, por decir algo, tiene un periodo natural de un segundo. A media tarde, cuando la brisa es fuerte, se mueven también las ramas, con un periodo bastante más bajo, por ejemplo de medio segundo, pero el tronco 'como si lloviera'. Nada ni nadie le cambia su 'segundo'. Ya hacia la 'fresca', cuando las brisas se transforman en ventarrones y es difícil mantenerse en pie, se agregan las hojas, que vibran a un cuarto de segundo, las ramas siguen a medio segundo y el tronco, inmutable, a un segundo».

Esta notable descripción de un fenómeno de la naturaleza se expresa actualmente en forma de aisladores de goma en la base de los edificios y amortiguadores viscosos de entresijos. Pese a que los fundamentos teóricos que rigen el mecanismo de disipación de energía tienen una larga data, sólo en los últimos años se han estado incorporando en nuestros edificios.

Estimo conveniente concluir esta columna dejando claro que la simpleza, «per se», no garantiza resultados correctos. Para ello es necesario el conocimiento que, en su grado superlativo, podemos denominar «sabiduría». Cito al Dr. Luis Vargas, Premio Nacional de Ciencias en 1985, quien en cierta ocasión señaló: «¡Cuidado! Obren con simpleza, pero apoyados en la sabiduría, pues en un laboratorio científico, hoy por hoy, es cada vez más difícil distinguir entre una zanahoria y el conejo que se la está comiendo».

1 Profesor Titular de la Universidad de Chile y de la Universidad de Santiago de Chile
Past President de la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica (ACHISINA)
Presidente de I.E.C. Ingeniería S.A.