

Pensamiento sistémico: brújula y timón para entender y navegar la complejidad

Discurso pronunciado por D. Alberto Sols Rodríguez-Candela con motivo de su ingreso como Académico de Número en la Academia de las Ciencias y las Artes Militares el día 11 de mayo de 2023.

Excelentísimo Sr. Presidente de la Academia de las Ciencias y las Artes Militares.

Excelentísimos e Ilustrísimos miembros de la mesa presidencial.

Excelentísimos e Ilustrísimos Académicos.

Querida Mercedes, querido Alberto, querido Rafael, querida Martina.

Señoras y señores.

Amigos todos.

Muchísimas gracias por acompañarme en tan emotivo acto.

Hay una primera vez para todo, que dicen en algunas culturas orientales. En casi cuatro décadas he tenido muchísimas ocasiones de hablar en público, tanto en el ámbito industrial como en el académico. En muy contadas ocasiones lo he hecho tras un atril y nunca leyendo algo escrito. Hoy haré ambas cosas.

Muchas gracias a quienes me han avalado para ser, primero, académico correspondiente y ahora, para ser nombrado académico de número con la medalla número 40. Un agradecimiento muy especial al general de división Ingeniero Manfredo Monforte, auténtico ingeniero de sistemas, por su valioso apoyo; es un honor que sea él quien dé respuesta a este discurso. Este nombramiento es para mí un grandísimo orgullo. Tras terminar mis estudios de Ingeniero Naval hice el servicio militar en la Escala de Complemento de la

Armada. Pasé cuatro meses inolvidables en la Escuela Naval Militar y después estuve destinado primero en el Arsenal de La Carraca y luego en la delegación central de la Inspección de Construcciones y Obras. Quince meses muy entrañables culminados como alférez de navío Ingeniero, a los que siguieron mi desempeño en el ámbito industrial en diversas empresas del sector defensa y en las que tuve el privilegio de trabajar de importantes programas del Ejército de Tierra (Leopardo 2E), de la Armada (Fragatas F-100) y del Ejército del Aire (Eurofighter); trece de los veinticinco años que pasé en la industria trabajé en ISDEFE, empresa de ingeniería de sistemas del Ministerio de Defensa, y de la que siempre me seguiré sintiendo parte. Compaginé el trabajo en la industria con la docencia universitaria a tiempo parcial hasta que, tras veinticinco años trabajando, decidí dedicarme a la docencia y a la gestión académica a tiempo completo.

La licenciatura y el posterior doctorado en ingeniería de sistemas, que durante mis años en la industria tuve el privilegio de realizar en dos prestigiosas universidades norteamericanas, me reforzaron, entre otras muchas cosas, el pensamiento sistémico y la visión de conjunto que tan esenciales son para poder abordar retos y problemas complejos.

Siento mucho que no pueda acompañarnos en este solemne acto mi padre, Alberto Sols García, fallecido en 1989. A él, que fue un gran científico, le debo en gran medida las ganas de saber y entender; siempre fue en lo profesional un gran ejemplo para mí.

Honrado y agradecido, presento mi discurso de entrada en esta honorable institución, la Academia de las Ciencias y las Artes Militares, como académico de número con la medalla 40, que llevaré con enorme orgullo y profunda satisfacción. El discurso lleva por título *Pensamiento sistémico: brújula y timón para entender y navegar la complejidad*. Lo que más me ha ayudado en mi vida profesional es cultivar, como ingeniero de sistemas, una visión holística o de conjunto, primero para tratar de comprender, y después para contribuir a resolver problemas u oportunidades detectadas.

Benjamin Franklin solía referirse al ser humano como el *homo faber*, porque somos con diferencia la especie animal que más cosas, y más sofisticadas, concibe y fabrica. Cosas con las que en principio mejoramos nuestra calidad de vida, aunque a veces alteramos inadecuadamente nuestro entorno. Hemos pasado de las primitivas hachas de piedra de nuestros antepasados, a explorar parte del universo con sondas espaciales, como los *rover* que transitan por Marte, desentrañando los misterios del planeta rojo.

El universo en que vivimos es de una complejidad extraordinaria. Seguimos sin comprender del todo muchos fenómenos naturales del universo, del que se cree que la mayor parte es una materia oscura y una energía oscura de las que apenas se sabe nada. Y en este universo los seres humanos hemos fabricado instrumentos y artefactos cada vez más sofisticados, para mejorar nuestra calidad de vida y comprender mejor el universo que habitamos.

Complejo y complicado no es lo mismo. Complicado es lo compuesto o integrado por un gran número de componentes, o lo que es de difícil diseño. Lo concebido por el ser humano puede ser complicado, pero por haber sido diseñado su comportamiento es en principio conocido y predecible. Asociamos complejidad a la dificultad de explicar y, por tanto, de predecir el comportamiento. Si algo es complejo no entendemos lo bastante sus mecanismos como para poder hacer predicciones fiables. Muchos de los sistemas naturales nos resultan aun extraordinariamente complejos, e incluso algunos sistemas concebidos por el ser humano presentan retos en cuanto a esa capacidad de predicción. Pensemos, por ejemplo, en sistemas autónomos de alta capacidad de aprendizaje automático, cuyo comportamiento no dependerá de reglas programadas por seres humanos, sino por el propio aprendizaje realizado por el sistema; o pensemos en sistemas que pertenecen a sistemas de sistemas y que, por esa inter-dependencia con otros miembros de esa familia, hacen difícil predecir en ocasiones su disponibilidad u otras métricas de efectividad, por ejemplo.

Desde nuestros antepasados los cazadores-recolectores, la humanidad se enfrenta a retos de complejidad creciente. La especialización que caracteriza la sociedad moderna hace que con frecuencia se pierda la visión de conjunto. El dominio en algunos aspectos de una disciplina se logra, con frecuencia, en detrimento de la visión global que tan necesaria es para tratar de entender la complejidad.

Hemos pasado en unos siglos de un mundo poco conocido (el famoso mapa Hunt-Lenox de principios del siglo XVI incluía en lo que es hoy el sureste asiático, zona del mundo entonces apenas explorada, la célebre inscripción *Hic Sunt Dracones*), a un mundo tremendamente explorado, cartografiado e interconectado. Hay grandes dependencias de casi todas las naciones respecto a otras en aspectos como el suministro de energía, las materias primas, los productos semi-elaborados, o incluso mano de obra cualificada, que llevó a Thomas Friedmann a publicar en 2005 su magnífico ensayo *La Tierra es plana: una breve historia del siglo XXI*. Friedmann analizaba la globalización y establecía que los competidores tenían igualdad de oportunidades, ya que las divisiones históricas y geográficas eran, cada vez, menos relevantes. Se hablaba de la muerte de las distancias en las cadenas de suministro. Sin embargo, hemos

pasado recientemente de una creciente globalización, tras el final de la *guerra fría*, a una cierta involución en cuanto a repatriación de capacidades industriales para reducir dependencias en aspectos críticos, cuando la situación geopolítica mundial se ha tensionado. Ahí tenemos casos como el Brexit, del que estamos viendo consecuencias difícilmente predecibles hace sólo unos años, con la escasez de personal de media y alta cualificación en muchos sectores profesionales en Reino Unido. O el de las medidas que parte de la comunidad internacional ha tomado o ha tratado de adoptar contra Rusia por la invasión de Ucrania, pero que no son tan sencillas de implementar por las fuertes dependencias existentes de ciertos recursos rusos, especialmente el gas y el petróleo. O los problemas con las cadenas de suministro de microchips y otros productos similares, esenciales en todos los ámbitos industriales, cuya fabricación está concentrada en muy pocas fuentes en el mundo (la compañía taiwanesa TSMC fabricó en 2020 la cuarta parte de los microchips del mundo). La creciente tensión entre China y Taiwán supone, por muchas razones, una enorme preocupación. Las inter-dependencias y las relaciones causa-efecto, con sus dimensiones temporal y espacial, configuran un mundo muy poco predecible y, por tanto, extraordinariamente complejo. La visión de conjunto es más necesaria que nunca.

Para poder resolver, primero hay entender: para que un remedio sea verdaderamente efectivo, primero tiene que haber un diagnóstico certero. Einstein solía decirles a sus estudiantes que, si tuviera una hora para resolver un problema complejo, dedicaría los primeros cincuenta y cinco minutos para entenderlo y los últimos cinco para encontrar una solución. Sin embargo, en muchos ámbitos vemos como se toman decisiones precipitadas o no adecuadamente precedidas por un riguroso análisis que permita entender suficientemente bien el reto en cuestión.

A mediados de la década de los 50, General Electric trataba de entender la aparentemente errática evolución de su plantilla en la fábrica de electrodomésticos de Kentucky, así como los malos resultados empresariales en un mercado prácticamente cautivo. Los responsables de esa planta solicitaron ayuda a Jay Forrester, profesor del Massachusetts Institute of Technology. Para poder sugerir algo, Forrester dijo que primero necesitaba entender. Para comprender el comportamiento complejo y no lineal de la organización concibió un modelo de simulación basado en flujos y niveles, que permitía explicitar las relaciones causales entre las diferentes variables. El modelo que creó, llamado *dinámica industrial*, le permitió diagnosticar el problema de la organización: los desajustes y falta de sincronización en los flujos de materiales y de información. La metodología de análisis causales llamada *dinámica industrial* fue rápidamente adoptada en muchos entornos profesionales para estudiar y resolver problemas

de gestión. Cuando un antiguo alcalde de Boston, John Collins, fue profesor visitante en el Massachusetts Institute of Technology, se analizó la posibilidad de emplear esa metodología para el estudio de desarrollos urbanos, y se la denominó *dinámica urbana*. En 1970 Forrester fue invitado a una reunión del Club de Roma, organización dedicada a estudiar los problemas de la humanidad. Se planteó el uso de esa metodología para abordar el problema del crecimiento de población en la Tierra y el resultado fue el célebre informe *Los límites del crecimiento*. Se modelizó como sistema la Tierra y la evolución y comportamiento de la humanidad, con cinco variables principales: la población, la generación de alimentos, la generación de contaminación y residuos, la industrialización, y el consumo de recursos naturales no renovables. La conclusión de las simulaciones realizadas fue que el ritmo de crecimiento de la población, del consumo de recursos naturales, de la desaparición de tierras arables y de la generación de residuos, era insostenible. La metodología pasó a llamarse *dinámica de sistemas* y se acuñó el término *desarrollo sostenible*, que es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.

La dinámica de sistemas permite entender el funcionamiento de sistemas complejos, con cadenas de relaciones causales cuyos efectos no son cercanos ni en el tiempo ni en el espacio.

Es interesante que, en paralelo, un grupo de científicos y economistas preocupados por las dificultades de comunicación y de trabajo en equipo que el exceso de especialización conlleva, trabajaran en el desarrollo de una metodología que permitiera facilitar esa comunicación y hacer más extrapolables a otros ámbitos los desarrollos alcanzados. La Sociedad para el Progreso de la Teoría General de los Sistemas fue constituida en 1954 por el biólogo von Bertalanffy, los economistas Kenneth Boulding y Ralph Gerard, y el matemático Anatol Rapoport. Fue denominada Sociedad para la Investigación General de Sistemas en 1955 y en 1988 renombrada como Sociedad Internacional para la Ciencia de los Sistemas. Su propósito era promover el desarrollo de marco conceptuales basados en la teoría general de los sistemas, así como su aplicación práctica, así como estimular la investigación y facilitar la comunicación entre científicos y profesionales de todas las disciplinas y ámbitos.

Para abordar retos complejos es imprescindible generar primero buenos modelos mentales de la parte del mundo objeto de interés. Como dijo el físico Fritjof Capra, «cuanto más estudiamos los principales problemas de nuestro tiempo, más cuenta nos damos que de que no pueden entenderse de manera aislada. Son problemas sistémicos, lo que significa que están inter-conectados y que son inter-dependientes». Muy apropiada la reflexión de C. West Churchman,

en 1968, cuando dijo «el enfoque sistémico comienza cuando empiezas a ver el mundo a través de los ojos de otro».

El pensamiento sistémico (*systems thinking*) es tratar de alinear mejor nuestra manera de pensar con cómo funciona realmente el mundo. La premisa básica es que sólo viendo las cosas en conjunto se puede gestionar la complejidad. Al hablar de pensamiento sistémico estamos estableciendo una conexión entre los sistemas y la manera de pensar sobre ellos; es decir, sobre cómo construimos modelos mentales. Ya dijo Einstein «en la medida en la que los modelos son ciertos, no representan la realidad y en la medida en la que representan la realidad, no son ciertos». En definitiva, el pensamiento sistémico trata de generar modelos mentales que sean lo suficientemente buenos como para abordar los retos de complejidad creciente a los que la sociedad se enfrenta.

Pero no se trata de sustituir el detalle por la visión global, sino de alcanzar el adecuado equilibrio entre ambos. Es importante tener la visión de conjunto y, al mismo tiempo, ser capaz de identificar aquellos aspectos que son los pocos relevantes, los verdaderamente importantes.

El ingeniero, economista, filósofo y sociólogo italiano Vilfredo Pareto estableció a finales del Siglo XIX su famoso principio 20/80. Estudiando la distribución de la riqueza en Italia llegó a la conclusión de que aproximadamente el 20% de la población atesoraba el 80% de la riqueza del país. Se refirió a ese grupo como el de los pocos relevantes y al otro como el de los muchos triviales. Esa ratio ha demostrado ser cierta, de manera conceptual o aproximada, en muchos entornos. Por ejemplo, es frecuente que en una empresa el 80% de los ingresos provengan del 20% de los clientes, o que el 80% de los problemas los generen el 20% de los suministradores o proveedores.

En el pensamiento sistémico tan importante es tener una visión de conjunto, en la que estén presentes todos los puntos de vista, como identificar aquellos aspectos o elementos especialmente relevantes. Hay que saber ver el bosque en su conjunto y, al mismo tiempo, saber identificar los árboles que por alguna razón destaquen. Por ejemplo, en 1945 el físico y premio Nobel Enrico Fermi estaba entre los científicos del proyecto Manhattan que se disponían a observar en la madrugada del 16 de Julio la detonación de Trinity, la primera bomba nuclear, en el desierto Jornada del Muerto, en Nuevo México. Se dispusieron centenares de sensores en la zona para tomar muchos datos que, días después y una vez procesados en los rudimentarios dispositivos de cálculo de la época, generaron una estimación de la potencia de la bomba. Fermi apenas tardó unos minutos en llegar a la misma cifra, en orden de magnitud. Sabía a qué distancia estaba del lugar de la detonación y midió el tiempo que tardó en llegar a su lugar

la onda expansiva, que hizo volar unos metros unos pedazos de papel que tenía en su mano. Viendo el espacio que habían recorrido los papeles al volarse de su mano, hizo sus cálculos y llegó a la cifra. Tenía visión de conjunto y además sabía cuáles eran los pocos parámetros relevantes. Esa capacidad de realizar estimaciones suficientemente buenas tomando sólo unos pocos parámetros muy relevantes fue bautizada como el *enfoque Fermi*.

El pensamiento sistémico es tan válido para los científicos y gestores, como para cualquier persona. Todos nos beneficiaremos, tanto a nivel individual como colectivamente, de la capacidad de entender la complejidad del mundo. Cada uno a nuestro nivel tomaremos mejores decisiones y seremos más capaces de entender cómo de adecuadas han sido las adoptadas por otros.

Entre las cualidades que se indican como esenciales en las búsquedas de profesionales en todos los sectores está la capacidad de pensar de manera crítica (*critical thinking*). En muchas instituciones académicas, desde colegios a universidades, es frecuente ver programas específicos para desarrollar la capacidad de pensamiento crítico, que en el fondo no es otra cosa que pensamiento sistémico.

En 2009, en un discurso centrado en política educativa, el presidente norteamericano Barack Obama pidió a los responsables educativos «desarrollar estándares y evaluaciones que no midan simplemente si los estudiantes pueden rellenar una burbuja en una prueba, sino si poseen habilidades del siglo XXI como resolución de problemas, pensamiento crítico, emprendimiento y creatividad». Puede decirse que la capacidad de pensar de manera crítica es vital para la subsistencia de la sociedad y, sin embargo, no mucha gente podría definir lo que se entiende por pensamiento crítico. Edward Glaser identificó ya en 1941 los tres componentes del pensamiento crítico: (1) la actitud de estar dispuesto a considerar de manera reflexiva y meditada los problemas y los sujetos que entran dentro del rango de las experiencias vividas; (2) el conocimiento de los métodos de investigación y razonamiento lógicos; y (3) cierta habilidad en la aplicación de esos métodos. En definitiva, pensamiento crítico es la capacidad de entender la relación entre el lenguaje y la lógica, con la capacidad de analizar, criticar y respaldar ideas, razonando de manera tanto inductiva como deductiva, y alcanzando conclusiones basadas en inferencias realizadas a partir de conocimiento o creencias.

Creemos que pensamos bien y que generamos buenos modelos mentales, y sin embargo todos podríamos hacerlo muchísimo mejor. Pensar no es algo binario, que se haga o no haga. En términos de lógica difusa, todos pertenecemos en cierta medida a la clase de personas que piensan bien, y todos podemos mejorar

nuestra capacidad de pensar correctamente. En *Thinking, Fast and Slow*, el psicólogo y premio Nobel en economía Daniel Kahneman habla de los dos modos en los que funciona el cerebro humano. Está el modo 1, también llamado automático, y el modo 2, o consciente. La mayor parte del tiempo nuestro cerebro trabaja en modo 1, aunque no seamos conscientes de ello. Tomamos decisiones y acciones basadas en nuestros modelos mentales. Son decisiones y acciones rápidas, de manera instintiva o subconsciente, y gracias a ellas hemos sobrevivido como especie. Por ejemplo, nadie que esté cruzando una calle y vea venir cerca un autobús se parará a calcular la posible velocidad del autobús, la distancia a la que se encuentra, y el tiempo que tardará en alcanzarle. Para cuando uno quisiera haber hecho esos cálculos el autobús ya lo habría atropellado. Nadie hace esos cálculos. Vemos venir el autobús y automáticamente retrocedemos o aceleramos el paso, cualquier cosa con tal de evitar el riesgo de atropello. Lo hacemos sin pensar; es una respuesta automática, una decisión tomada por el sistema 1. Menos evidente pero igual de cierto es, por ejemplo, cuando vemos a una persona de determinada raza o etnia, o de algún partido político, y automáticamente tenemos pensamientos sobre sus cualidades o posible conducta. El sistema automático ha actuado de nuevo, en base a los modelos mentales que tengamos construidos. O cuando a sabiendas de cómo deben escribirse los requisitos de *stakeholder* para un nuevo sistema y, sin embargo, incurrimos en errores conocidos; en este caso el sistema 1 ha tomado el control, mientras que, si hubiéramos actuado con plena conciencia y poniendo nuestro conocimiento en acción, el resultado habría sido probablemente bastante diferente. Eso explica por qué hay gente que posee formación teórica, pero luego con frecuencia no la aplica en la práctica; funcionan en modo 1. Se trata de aplicar de manera consciente e intencional lo sabido, hasta que ese hábito se convierte en rutina y ya puede aplicarse después de manera automática.

La reiterada actuación en sistema 2 o modo consciente programa el sistema 1 o automático. Este último consume poca energía y actúa muy rápido, mientras que el primero consume mucha energía y es lento; esa diferencia entre ambos es vital. No basta con aprender la teoría; es necesario convertirla en práctica y hacerlo de manera sistemática. Desde la época de Aristóteles se ha considerado que es la razón lo que diferencia a los humanos del resto de animales. Según esa creencia, el comportamiento irracional se atribuía o bien a las emociones, o bien a primitivos instintos animales. Sin embargo, los estudios de Kahneman y Tversky pusieron de manifiesto que el razonamiento de los seres humanos tiene fallos o imperfecciones significativas. La mente humana no aplica todo su poder de razonamiento en cada instante, por el consumo de energía que requiere el sistema 2, y trabaja casi siempre en sistema 1, que puede entenderse como un

conjunto reglas heurísticas que están basadas en la propia evolución de la especie y, sobre todo, en las experiencias que cada uno ha vivido.

Tenemos que programar mejor nuestro sistema 1 estimulando y practicando una verdadera visión holística con el sistema 2, para no sufrir secuestros intelectuales no detectados por los sesgos que se hayan implantado en nuestro sistema 1.

También ahora podemos seguir diciendo *Hic Sunt Dracones*. Pero ¿cuáles son los «dragones» que nos acechan? La respuesta es sencilla: todo aquello que nos impide o dificulta generar buenos modelos mentales del mundo, lo que a su vez nos impide tomar decisiones bien fundamentadas. Entre estos dragones se encuentran la formación casi inevitablemente limitada en alcance; la participación y presencia en el mismo tipo de grupos y entornos, con su tendencia a resultar endogámicos; la pos verdad; y las *fake news*.

A las dificultades habituales para generar buenos modelos mentales del mundo se suman la cultura de búsqueda rápida y poco rigurosa, con énfasis en la satisfacción inmediata. Hemos pasado en pocas décadas de cierta dificultad para acceder a fuentes diversas de información, a tener acceso cómodo y rápido prácticamente a todo, y de ahí a la era de la posverdad o de la mentira emotiva, con la distorsión deliberada de una realidad en la que priman las emociones y las creencias personales frente a los hechos objetivos, con el fin de crear y modelar la opinión pública e influir en las actitudes sociales. La cosa se complica aún más con noticias directamente creadas por aplicaciones de inteligencia artificial. Cada vez es más difícil determinar qué es real, y qué no lo es. ¿Cómo podemos aspirar a generar buenos modelos mentales del mundo, ante tanta desinformación y confusión intencionada, que agudiza la complejidad inherente del mundo? La respuesta es sencilla: con el pensamiento sistémico. Como gestores, y como referencia que somos para otros, tenemos el deber de ser ejemplares y ser los primeros en poner en práctica lo que predicamos. Esforcémonos sin descanso en mejorar nuestra visión sistémica, y abordemos retos y problemas con verdadero pensamiento sistémico. Además de lo que contribuyamos a resolver, estará el positivo impacto que causemos en los demás. En esta apasionante y trascendental singladura, ojalá tengamos todos buen viento y buena mar.