

Uno de los graves problemas que deben encararse hoy en la toma de decisiones está relacionado con la drástica evolución que está sufriendo la sociedad, y por ende nuestra profesión, en el tránsito de una cultura lineal o dicotómica a una cultura compleja o sistémica. En una cultura simple o lineal, es más o menos fácil enfocar un problema como un asunto de elección entre alternativas excluyentes, en las que una causa, y sólo una, precede a un efecto; sólo hay que identificar y relacionar la causa con el

efecto para actuar en consecuencia

El pensamiento complejo en la ingeniería

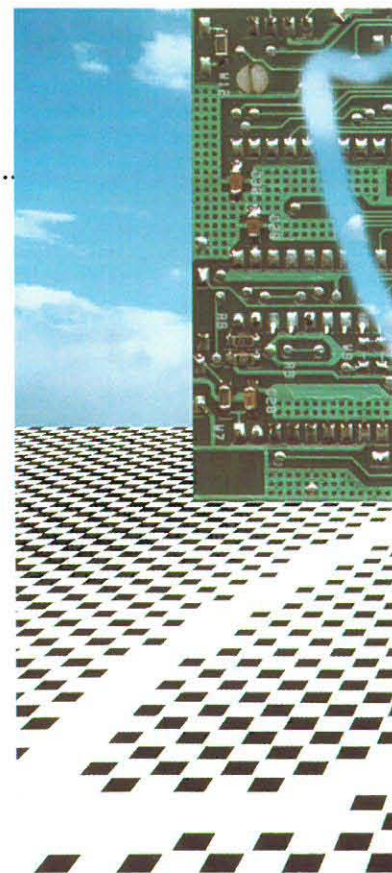
Si bien las precedentes culturas cazadora (paleolítica) o agrícola, eran complejas debido a que operaban con una naturaleza imprevisible, las creencias religiosas, tanto chamánicas como politeístas o monoteístas, las convertían en lineales al introducir el factor de intervención activa del hombre en las fuerzas de la naturaleza por su relación directa (oración) con los espíritus o divinidades que las controlaban o con los que las identificaban. La época industrial, implantó el triunfo de la linealidad. La máquina es controlable en sus efectos si se le aplica la causa

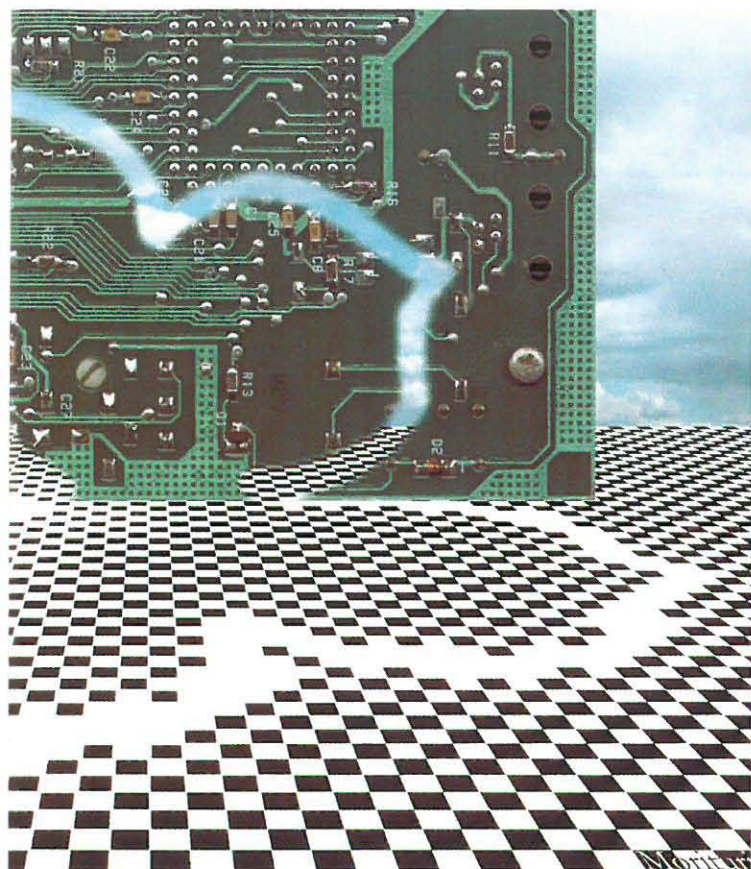
adecuada a su operatividad. Los paradigmas científicos reforzaron la idea de que el cosmos newtoniano y el hombre, junto con sus artefactos tecnológicos, no eran sino máquinas. La contestación de Laplace a Napoleón refleja este optimismo: "Dios es una hipótesis innecesaria (ante el comportamiento del sistema solar)". Es el triunfo de la Mecánica.

Pero en el siglo XX este paradigma ha continuado más de lo que Henry Poincaré, la mecánica cuántica o el principio de incertidumbre hubieran permitido, debido a la simplificación dicotómica que impera en la programación de ordenadores, y que ha transcendido a los árboles de decisión. El célebre rombo interrogante nos obliga a definir una pregunta cuya respuesta sólo admite dos opciones contrapuestas, dirigiendo el proceso por un camino en el caso afirmativo, y por otro en el

negativo. Al principio los resultados fueron óptimos, pero conforme ha ido aumentando la cantidad de elementos, se ha conducido al *software* a un callejón sin salida, habiendo sido ampliamente superado por el *hardware*. La *lógica borrosa* es el intento por revolucionar una tecnología en la que la mera dicotomía no es aceptable, pues la realidad responde a principios de complejidad, y no de simplicidad.

La complejidad fue analizada teóricamente a final de la década de los 60 por Ludwig VOTI Bertalanffy, estableciendo la *Teoría General de Sistemas*, e inmediatamente por Ashby, Weinberg, Whyte, Wilson y otros, de forma que en la década de los 70 ya existía un paradigma matemático de la complejidad que luchaba contra el tradicional, máxime cuando Ilya Prigogine fundamentó la Termodinámica de los Procesos Irreversibles,





• Aquilino Morcillo Crovetto*

Ingeniero de Telecomunicación



miento de que la mayoría de mis decisiones han tenido más que ver con sistemas que con máquinas. Crear empresas en el extranjero o implantar equipos de comunicaciones para las autopistas o empresas o celulares para diversos países - entre ellos el mío - tiene una vertiente sencilla que es la técnica pues para eso nos han preparado, pero otra vertiente realmente complicada, que es la de las interrelaciones personales en el seno de atlas sociedades complejas. Las mismas causas pueden provocar diferentes resultados, en función de las interacciones de las fuerzas implicadas, y el éxito en la complejidad lo determina la formación huma-

cumplido su función con eficacia: la independencia de las partes era imprescindible para colonizar y explotar los recursos de un mundo inexplorado, lo cual hubiera impedido la ingobernable burocracia de sistema centralizado. No es casual que la característica más destacada de este final de siglo en el que ya no hay territorios que explorar ni explotar exhaustivamente sin graves riesgos de aniquilación del medio (pues ya actúa la realimentación negativa del sistema), sea precisamente la globalización conjuntamente con el aumento de libertad. Europa se integra en la U.E. gracias a que los estados miembros se consideran más libres con esta unión. Delegan poder para aumentar su libertad en un mundo globalizado. Esta fortaleza se consigue simultáneamente con la centralización y la descentralización algo inimaginable con el anterior paradigma. En una empresa conforme se van implantando los descentralizadores sistemas informáticos la jerarquización comienza a ser sustituida por las relaciones horizontales pero simultáneamente la política de la misma se integra por encima de su ubicación en países diferentes. Ello implica fuertes tensiones en aquellos mandos ávidos de poder o temerosos del ignoto futuro pero ello se considera mero atavismo.

Es la hora de descentralizar pero considerando que tan propio del pasado es el deseo centralizador como el de secesión en reacciones propias de una sociedad agonizante que sólo mantienen los que desean permanecer con un paradigma obsoleto.



El efecto “mariposa” descrito por Lorenz acabó con el determinismo lineal

N. Lorenz había formulado su “efecto mariposa”, acabando con el determinismo lineal, y dando origen a la nueva disciplina del *Caos*. Aunque a nadie se le ocurrió enterarse del *caos* y de las tres ecuaciones de Lorenz en la página 130 del volumen 20 de *Journal of the Atmospheric Sciences*, un nuevo paradigma con claras aplicaciones a los procesos biológicos y sociales, acababa de nacer.

La gran ventaja de escribir para ingenieros, es que no me veo obligado a explicar qué es un *sistema* y su inherente complejidad como conjunto de elementos interrelacionados, ni qué son sus grados de libertad, y mucho menos las ecuaciones de Lorenz o de la termodinámica de las estructuras disipativas pues si no **formará una parte** de su bagaje teórico, esta intelectualmente preparado para comprenderlo con sólo leer el original. El objeto es enunciar los

fundamentos por los que el paradigma de la linealidad ha sido desbancado teóricamente para las estructuras complejas y las implicaciones que esta nueva realidad tiene en la toma de decisiones. Cuando como ingenieros tratamos con máquinas nada nos obliga a no considerarlas como simples sistemas lineales pues en caso contrario complicaríamos el problema con suposiciones innecesarias. En la nueva realidad, tratar a los sistemas como si fueran máquinas, garantiza el error. Si mi experiencia profesional de casi 35 años tiene algún valor éste es el convenci-

nística y el carácter al objeto de integrarse en el medio ampliando sus grados de libertad para conseguir con la mínima violencia el fin propuesto, si la obra se desea duradera.

Uno de los casos prácticos actuales puede ser el de la centralización y la descentralización de un sistema. En el paradigma anterior, estos eran términos dicotómicos: si se optaba por la centralización el mecanicismo del paradigma imperante nos obligaba a no consentir la descentralización de decisiones y viceversa. Podemos observar que hasta este siglo el paradigma ha