

LA MENTE CREATIVA Y SUS PROBLEMAS

por el Prof. GORDON E. GLEBB

La formación de todo ingeniero debe incluir el estudio de las matemáticas; de lo contrario, no podría calcular si sus proyectos explotarán, se caerán, incendiarán o hundirán. Uno de los aspectos felices del análisis matemático reside en que atraviesa las fronteras de todas las manufacturas. Del proyecto puede afirmarse lo opuesto, pues para llevar a cabo la tarea que se tiene entre manos hacen falta conocimientos especiales, basados en gran medida sobre la experiencia anterior de la industria de que se trate, pero de muy poca pertinencia en relación con cualquier otra rama de la ingeniería. Esto no rige para las matemáticas, cuyas leyes generales encuentran en todas partes aplicación general. Por ejemplo, las leyes matemáticas de la aceleración son independientes de aquello que es acelerado.

Para el ingeniero resultaría sumamente valioso que se pudiese desarrollar el mismo tipo de leyes generales para la técnica del proyecto, es decir leyes que no dependen de ningún tipo particular de proyecto, sino relacionadas con el "proyecto del proyecto". Tales leyes deberían estructurarse de manera tal que correspondieran con el método de pensar del ingeniero. En síntesis, para definir el "proyecto del proyecto" sería preciso considerar antes el proyecto del proyectista. El proyecto creativo constituye una realización esencialmente personal. No hay nada de automático en él. Si usted no entiende un idioma, puede buscar trabajosamente todos los significados en un diccionario. Lleva mucho tiempo, pero al final se obtiene un resultado. Pero, si como el proyectista usted se queda perplejo ante un problema, ninguna rutina lo sacará de ese punto. No siempre se puede encontrar la solución en los libros. Puede ser preciso buscarla por los propios medios. Los principios directivos no tienen por objeto ayudar al proyecto sino al proyectista.

Tenga el proyectista conciencia de ello o no, su mente comprende tres campos de actividad. Más adelante consideraré si es oportuno dividir el pensamiento en compartimientos, pero para los principios generales de clasificación esta división es útil. Para lograr tal propósito, consideraremos que la mente creativa puede subdividirse en la inventiva, la artística y la lógica o racional. Estos campos del pensamiento se tornarán más claros cuando consideremos en detalle algunos problemas de diseño. Por el momento, sólo es necesario definirlos brevemente.

La Mente Inventiva

Todos queremos ser inventores. Soñamos con inventar alguna máquina nueva y maravillosa que nos haga ricos para siempre. No hay ninguna razón por la cual este sueño no pueda convertirse en realidad, pero lo más probable es que el proceso suponga un trabajo bastante más duro que el contemplado en el sueño. Rara vez las invenciones caen como un rayo del cielo; es necesario conjurar su aparición desde el nivel consciente y desde el inconsciente. No se puede ordenar a la mente que invente algo, pero sí se puede estimular a que lo haga. La mejor manera de lograrlo consiste en saturar la mente con todos los elementos del problema. Estudiarlo en forma completa es posible, tratando así de obtener una sensación de la tarea en cuestión.

Cuando yo era niño, una vecina, nuestra, llamada Sra. de Roe, decía que su esposo siempre deseaba pasar sus vacaciones y feriados en la misma forma: sentado en lo alto de un acantilado, junto al mar, y observando el vuelo de las gaviotas. Las estudiaba continuamente un día tras otro. A todos nos parecía bastante excéntrico; sin embargo, era bastante razonable. Eso le permitió ser un precursor en el diseño aeronáutico. Se trataba de A. V. Roe, creador del avión Avro. El secreto de la inventiva reside en llenar la mente y la imaginación con un problema y sus contextos y a continuación descansar y pensar en algo distinto. Puede tratarse de leer un libro, practicar un juego o ascender a una montaña y liberar así la energía que el subconsciente utilizará para trabajar en el problema. Si usted tiene suerte, el subconsciente entregará a su nivel consciente, o sea a su imaginación, una imagen de la solución posible. Probablemente sobrevendrá bajo forma de destello, casi seguramente cuando no se la espera. Esto rige acerca de todo el pensamiento creativo, en el terreno de la ingeniería o en otro.

La historia nos dice que en un grupo de 15 artistas creadores, pertenecientes a distintos campos que iban de la música a las matemáticas, la inspiración decisiva sobrevino súbita e inesperadamente y nunca cuando estaban trabajando en la creación. En esos momentos, he aquí lo que hacían:

| | |
|-----------------------------|---|
| Adormecidos en la cama..... | 4 |
| Caminando o manejando..... | 3 |
| Viajando..... | 3 |
| En la iglesia..... | 2 |

En una comida.1

Sentados frente al fuego.2

La concentración y la distensión constituyen el estilo de pensamiento más común en la mayor parte de los creadores. Es igualmente importante comprender que nuestras mentes subconscientes formularán sus sugerencias bajo forma de símbolos o imágenes. El subconsciente carece de vocabulario. Para estimular la comunicación entre lo consciente y lo subconsciente debemos practicar su único idioma común, que consiste en imágenes tridimensionales. Tal es la causa por la cual todos los ingenieros deben aprender a efectuar bosquejos tridimensionales.

La Mente Artística

La siguiente subdivisión de la mentalidad del proyectista es la artística, por mucho la más difícil de definir de las tres. En ingeniería el sentido de lo artístico es de valor inestimable, pero no se presta a ser expresado formalmente. Una máquina puede parecer artística en el sentido formal de esta palabra, sin ser por ello una buena máquina. Un puente puede ser bello y desplomarse. Con frecuencia un eficiente aislador de alta tensión es también agradable por su aspecto ornamental, pero si fuera proyectado meramente en homenaje a la perfección de la forma podría no ser necesariamente un buen aislador. Hay excepciones desde luego, y a menudo lo bello es también bueno. Lo artístico de la ingeniería es una cuestión de estilo. La misma dificultad encontramos al hablar acerca del estilo en música, literatura o arte. La definición suele ser apreciada sólo después de que el estilo ha sido identificado. Refiriéndose al universo de la ciencia, Sir Arthur Addington observó: "A veces sustentamos convicciones que nos son caras, pero que no podemos justificar; somos influidos por cierto sentido innato de la manera en que las cosas se adecúan". Quizá este "sentido de la manera en que las cosas se adecúan" sea lo más aproximado que podamos obtener, también, de una definición de lo artístico en ingeniería. No cabe duda de que un cojinete de bolillas de autoalineamiento se recomienda por sí mismo por la bondad de su principio. ¿Y no hay simplicidad de estilo en el diseño de un motor de rotor en jaula de ardilla? A veces me pregunto si algo tan humilde como un paraguas no representa un notable ejemplo de ingeniería estructural. Pocas estructuras pueden ser erigidas o desmanteladas tan rápidamente.

Es preciso distinguir muy cuidadosamente entre un eficaz principio de trabajo y la eficacia que se emplea para aplicar un principio. Probablemente, la mayor parte de nosotros recuerde la primera vez en que con ayuda de un cortaplumas abrimos la tapa trasera de un reloj. Inmediatamente nos sentimos impresionados por la delicadeza y la precisión fascinantes de los componentes, de tamaño progresivamente menor, pero por sí mismo esto nada nos dijo sobre el estilo esencial del principio de trabajo. ¿Fuimos más allá de esa perfección de artesanía y apreciamos la economía de

estilo característica de este principio? La precisa degradación de energía que va de un resorte grande a uno más pequeño es una joya de ingeniería. Toda la energía que sólo podría sostener un trompo de niño en rotación durante menos de un minuto, no obstante la baja fricción de su punto de apoyo, es suficiente para mantener en marcha un reloj durante un día entero y ello, a total diferencia de lo que sucede con el trompo, a una velocidad angular extraordinariamente uniforme. Para transportar su propio peso sobre un terreno irregular, un aro de niño es artísticamente bueno, en tanto que una motocicleta con sidecar, por más que haya sido diseñada con alto grado de sofisticación, resulta en principio desgarbada. La distinción es importante, porque casi siempre sucede que una innovación importante en diseño de ingeniería parece menos sofisticada desde el punto de vista mecánico que el diseño tradicional y altamente desarrollado al que reemplaza. A la postre, el estilo siempre se impone.

La Mente Racional

El tercer dominio de la mente del proyectista es el racional, que representa el pensamiento disciplinado aplicado al campo entero del proyecto, desde el análisis teórico hasta las realidades económicas. Lo inventivo y lo artístico, lo inspirado y lo intuitivo, deben ser escrutados imparcialmente por igual. Lo racional debe reservarse el poder del veto sobre todo lo demás. La razón estriba en que todas las máquinas y estructuras son inherentemente racionales; siempre funcionan exactamente de acuerdo con la teoría. Obedecen con una exactitud del 100% a las circunstancias de su construcción y su ambiente. En cuanto a este punto una máquina nunca comete un error, puede aprobar cualquier examen acerca de su propio tema. La teoría es igual a la práctica. En consecuencia, y paradójicamente, cuando más pericia adquirimos en los análisis teóricos, más nos acercamos a lo que será el funcionamiento real de la máquina y, por tanto, más prácticos nos tornamos. Una máquina no formula conjeturas. En consecuencia debemos reducir al mínimo nuestra propia formulación de conjeturas y prohibirnos decisiones emocionales o ilógicas.

Por ejemplo, el estilo artístico propio de un cojinete de rodillos puede tentarnos a usarlo indiscriminadamente; empero, en ciertas circunstancias este tipo de cojinete es inútil. La lógica nos recuerda que cuanto mayor es la velocidad de rotación, mayor es la carga centrífuga que los cojinetes se imponen a sí mismos. De manera que, a fin de que el cojinete no se recargue de tensiones internas, es preciso construirlo de tamaño cada vez menor a medida que la velocidad aumenta. A una velocidad de 80.000 r.p.m., un cojinete de 6,2 mm. de diámetro debe consagrar casi totalmente su resistencia a impedir su propia fragmentación en pedazos que saldrían volando. Para evitar su propia destrucción a bastante más de 100.000 r.p.m., el cojinete debe ser tan pequeño que virtualmente deja de existir y, por consiguiente, deja de ser un componente útil. En un ejemplo como

éste, ni nuestro sentido del estilo ni nuestra inventiva bastarían por sí mismos para erigir las fronteras necesarias. La lógica es lo que vigila el diseño.

Pero por vital que sea, debemos cuidarnos de pasar al otro extremo y considerar todo diseño como un ejercicio estrictamente lógico. La lógica permite decidir entre posibilidades alternativas, pero no puede esperarse de ella que sea su punto de partida. No sustituye lo inventivo ni lo artístico.

Procuramos ahora sugerir leyes generales que nos orienten en cada una de estas tres categorías principales del pensamiento: la inventiva, la artística y la lógica. En el caso de la esfera inventiva, una de las principales debe rezar: "No ser influenciado por la tradición". Ello no significa que nunca se deba seguir conscientemente el diseño tradicional; significa que el proyectista debe cuidarse de seguirlo subconscientemente. El peligro reside en que el subconsciente del proyectista, en vez de proporcionar una imagen original, descuelgue una copia de la obra maestra de algún otro y ésta no sea identificada como tal. No es difícil encontrar ejemplos. Gran parte del diseño mecánico del pasado, e incluso parte del presente, hubiese sido no poco distinto y mucho mejor si sus autores no hubiesen visto nunca un caballo y carro o un tren. No pretendo, al decir esto, disminuir lo que se hizo en ambos casos. Más aún, el peligro proviene precisamente de la excelencia de esos diseños, que les otorgó un prestigio tradicional que podía aceptarse sin crítica alguna. No se menosprecie el diseño de una carreta o un carro tirado por caballos. El estilo artístico es bueno. "¡Hasta California o reventar!", era el grito de los primeros que se abrieron paso hacia el Oeste norteamericano, y al volar hoy sobre las montañas y desiertos que atrevaron se cobra conciencia de qué triunfo de la mecánica más elemental fue lo que les permitió llegar hasta el Pacífico.

El error consistió en que, al inventarse los automotores, la gente empezó a proyectar subconscientemente sus chasis como carros, pasando así por alto la elemental circunstancia de que en tanto que en los carros las ruedas empujaban al chasis, en el automóvil el chasis tira de las ruedas. Proyectaron un "carruaje sin caballos" olvidando que caballo no había.

Afirmar que el motor de un automóvil se instalaba tradicionalmente adelante porque también lo era el caballo probablemente constituya una supersimplificación. En los primeros tiempos del automóvil, bien puede que las rústicas carreteras de ese entonces hayan exigido, al parecer, amplias deflexiones de la suspensión, de manera que cuanto más lejos estuviese la transmisión del eje trasero menores serían los movimientos angulares impuestos a las juntas universales. También era útil esa manivela de arranque conectada directamente con el extremo del cigüeñal, sin el dudoso beneficio de los engranajes cónicos. Además, la tarea gimnástica asociada a la puesta en marcha del motor podía ser ejecutada más fácilmente desde el frente antes que desde el costado del automóvil, especialmente si el ga-

rage era angosto o el tránsito peligroso. Pero cuando consideramos el diseño del chasis y la suspensión la historia cambia bastante. Durante un cuarto de siglo el carro predominó tradicional y visiblemente. En un carro, donde las fuerzas son en gran medida de tracción o de empuje, el diseño de la estructura básica consiste principalmente en miembros rectos montados rígidamente en ángulos rectos. Los primeros proyectistas de automóviles, desdeñando la circunstancia de que el motor y los frenos del coche producen una molesta cantidad de torsión, llevaron adelante el complejo del carro. La longitud total de los miembros del bastidor de un chasis típico de aquellos días e incluso de comienzos de la década 1030-40 era de hasta 5 ó 6 veces la distancia entre ejes. En Gran Bretaña, el primer automóvil de producción en serie que rompió con esta tradición fue el Austin Seven.

Cuando estábamos en la escuela, mi hermano y yo compramos un modelo de este coche por 5 libras esterlinas. Al llevarlo a casa y tratando de descubrir cuál era su velocidad máxima, mi hermano dio un doble salto mortal con el coche. Esta singular maniobra fue ejecutada sin daño para él. No sucedió lo mismo con el automóvil. El resultado sugirió que ésta era la manera más rápida de separar la carrocería del chasis. Aquellos fragmentos de la carrocería que no quedaron desparramados sobre una amplia área de Wimbledon Common salieron fácilmente y entonces con regocijo, vi por primera vez un bastidor de chasis que no se parecía al de un carro. Alguien había estado pensando, no simplemente copiando. Los puntos que ejercían o recibían carga habían sido unidos mediante las líneas más cortas que fuera posible. La suspensión se había logrado impartiendo flexibilidad a los extremos de los miembros del bastidor. Como resultado, la longitud total del bastidor fue reducida de 4-5 veces a 1,5 veces la longitud de la distancia entre ejes. Por añadidura, en lugar de confiarse exclusivamente a los maltrechos resortes la tarea de soportar todos los pares motores y fuerzas de la marcha y el frenado, había miembros por separado destinados específicamente a ese propósito. El motor servía para otorgar rigidez al chasis, y los miembros laterales pasaban bajo el centro de los asientos. Había sentido artístico de la mecánica y el complejo del carro se había por fin desvanecido.

Para volver al dominio de lo artístico, cabe decir que quizás una de sus máximas más fácilmente identificables es la relativa a la continuidad de la energía.

Tal máxima es ilustrada por la diferencia que hay entre el motor de pistón y el motor a reacción para la propulsión aeronáutica. Todos conocemos las razones técnicas por las cuales se adopta el segundo; sin embargo fundamentalmente, se trata de un problema de estilo. Recuerdo claramente el monto en que este hecho me impresionó por primera vez. Era una cálida tarde de domingo, durante la Segunda Guerra Mundial; yo, tendido de espaldas sobre una colina de Surrey, observaba el paso de las bombas voladoras alemanas. Pero no sólo había bombas voladoras; además estaban

los aviones de caza británicos que las perseguían tratando de derribarlas. El avión de caza, infinitamente más poderoso y costoso, era apenas más veloz que una bomba voladora. La diferencia entre ambos estilos de ingeniería estaba claramente pintada contra el fondo azul del cielo. La distinción básica entre un motor de pistón y un estarreactor gira en torno de la utilización de la energía. La pequeña bomba voladora se caracterizaba por la continuidad de ese proceso, en tanto que en el de caza la fluencia de la energía se interrumpía constantemente. Todo ingeniero tiene consciencia del principio básico sobre el cual se funda el motor de combustión interna; el estilo de este motor, sin embargo, es menos evidente. La fuente de energía reside en la expansión de los gases, que empuja un pistón a lo largo de un cilindro. Y el pistón, ¿qué empuja a su vez? La respuesta habitual es que empuja la biela, pero esto no corresponde a la realidad. El pistón empuja una película de aceite, y a continuación el otro lado de esa película de aceite ejerce una fuerza sobre la biela. La energía debe ir del gas al metal, de éste al aceite y de éste nuevamente al metal. Su continuidad ya se ha interrumpido tres veces. Si suponemos que en la cabeza de la biela hay cojinetes, la energía deberá cruzar otras tres fronteras antes de llegar al cigüeñal, es decir aceite - metal -

aceite - metal. El cigüeñal está sujeto a una hélice que disipa toda la energía en el aire. La reacción del aire tira el cigüeñal hacia adelante. Esta tracción es transmitida al cárter por cojinetes radiales y de empuje. Al cárter se fija entonces el avión. La ruta general seguida por la energía es en consecuencia la siguiente: gas - metal - aceite - metal.

La energía no sólo debe correr esta carrera de vallas; además, al llegar al otro extremo debe retroceder salvando de nuevo las vallas, porque cada uno de los pistones absorbe energía y no la proporciona durante las tres cuartas partes del tiempo. Además, la dirección de la energía pasa de vertical a angular y de angular nuevamente a horizontal. Compáreselo con el sistema de la bomba voladora, donde rige el principio de la reacción y toda la energía es horizontal. No hay cojinetes de aceite sobre los cuales se deba saltar. Los gases impulsan la bomba de entrada. Su estilo se distingue por la simplicidad y la continuidad, y esto es bueno. Toda estructura que soporta una carga debe flexionarse en cierta medida y por tanto absorber energía. Los pernos de alta resistencia a la tracción que unen las planchas por fricción son mejores que los pernos o remaches comunes, y las buenas soldaduras son lo mejor de todo.

MEMORIA DE TORTUGA

La memoria humana guarda los pormenores de los sucesos vividos, en forma de símbolos. Hasta hace poco se venía considerando que la formación de índices tan complejos era manifestación de las más altas funciones del cerebro, prerrogativa del ser humano. El científico soviético B. Serguéiev ha descubierto en sus experimentos que esa misma capacidad la tienen los reptiles, tortugas esteparias, que por la organización de su sistema nervioso ocupan un lugar intermedio entre los vertebrados superiores e inferiores. Delante de los animales, formando un semicírculo en el suelo, ponían varios comederos, cerrados con tapas ligeras en las que había pintados triángulos y cuadriláteros. Al hacer la elección las tortugas debían presionar sobre la palanca del comedero correspondiente. Resulta que la tortuga puede recordar durante largo tiempo el lugar donde la alimentan, por un indicio como el tamaño del dibujo representado.

(APN)