



El profesor García Santesmases, director del Instituto de Electrónica y Automática

Para realizar un informe periodístico sobre la cibernética y su futuro hemos solicitado la colaboración de una de las más notables autoridades: el profesor García Santesmases, catedrático de Física Industrial de la Universidad de Madrid, director del Instituto de Electrónica y Automática y académico de la Real de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, a quien hemos preguntado si son correctos los términos que maneja, corrientemente, el hombre de la calle.

"Todos estos términos—ha respondido—son correctos, pero no son equivalentes, excepción hecha del de cerebro electrónico, que lo juzgo incorrecto y que procede de la misma época de los ordenadores, en que se extrapolaron las características de estas máquinas en un afán de sensacionalismo, dándoles una denominación también espectacular."

Los tres primeros términos tienen, pues, significados diferentes, pero los límites entre las disciplinas involucradas en ellos no están perfectamente definidos, ya que existen solapamientos, en ocasiones profundos.

"Empecemos por el término automática. Se puede definir como "la ciencia que trata de los métodos y procedimientos, cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física o mental previamente programada". No se pretende que esta definición esté libre de objeciones, ya que es difícil expresar en pocas palabras todo el contenido actual de la Automática. Se destaca, sin embargo, una de sus características esenciales: la sustitución del hombre por la máquina no solamente en tareas físicas, sino también en ciertas tareas mentales."

La automatización (o automación) se puede definir como la aplicación de la automática a los procesos industriales. La meta hacia la que tiende la automatización es la eliminación del operador humano en el proceso de producción, no solamente en lo que se refiere al trabajo físico, suprimido en parte por la mecanización, sino también a la labor inteligente del operador que dirige las diferentes fases del proceso de producción.

"Se trata de suprimir el eslabón "hombre" en la cadena de producción y de llegar a la fábrica "automática", en la cual las máquinas regulan su propio comportamiento, realizando el proceso de fabricación, sin intervención humana, desde el principio hasta el fin. Se puede hablar, pues, de una segunda revolución industrial."

De las explicaciones del profesor García Santesmases hemos deducido que la automática se desarrolla en dos vertientes: los sistemas de control automático y las computadoras u ordenadores electrónicos. Ahora bien, estas máquinas han evolucionado de forma tan impresionante que, sin duda, cambiarán la estructura de nuestra sociedad, moldeándola en sistemas nuevos.

"Se ha dicho que "estas máquinas aportarán más a la humanidad que cualquier otra invención de la historia". Ello ha motivado que la disciplina que trata de la concepción, realización y utilización de las calculadoras electrónicas haya adquirido personalidad propia, desgajándose en parte de la propia automática, de donde procede, y se haya bautizado con denominaciones diversas, según los países. Así, en los anglosajones se la conoce con el nombre de "computer science". En los países latinos ha tenido gran aceptación, desde hace algún tiempo, la denominación de origen francés "informática", que nos parece más acertada y tiene la ventaja de la brevedad."

Como ocurre generalmente con las nuevas disciplinas, el des-

linde entre el campo de la automática y de la informática es difícil de precisar, pues, como ya ha dicho el profesor García Santesmases, hay solapamientos amplios y profundos entre ambos. En lo que se refiere a los ordenadores, hay una tendencia a considerar al "software" (sistema de programación) como parte integrante de la informática, mientras que el "hardware" (cuya traducción literal es quincalla, y se refiere a la estructura física de las máquinas) correspondería más a la automática.

"El término cibernética apareció formalmente en 1948, con el libro "Cibernética", del profesor norteamericano Wiener, matemático y filósofo, que había sido un niño prodigio, obteniendo a los dieciocho años el doctorado en Ciencias por la Universidad de Harvard. Es curioso destacar su facilidad para las lenguas, pues parece que conocía 14 idiomas. El término cibernética deriva de una palabra griega que significa

SE habla de la cibernética como ciencia novísima, pero rara vez con un conocimiento básico del vocablo y cuanto en él se encierra. Automática, informática, cerebros electrónicos, son términos que se manejan sin precisión semántica, fuera de la élite científica y especializada.

la densidad de componentes electrónicos por unidad de volumen llega a ser tan grande que su orden de magnitud se aproxime a la densidad de las neuronas en el cerebro humano. En conjunto, todo hace suponer que, tanto bajo el punto de vista del "hardware" como del "software", los progresos de los primeros años sean espectaculares.

"La capacidad de un ordenador se puede medir por la relación entre el volumen de su memoria y el tiempo básico de adición de dos números. Cuanto mayor es esta relación, mayor es su capacidad. Siguiendo este criterio, se considera que en los últimos quince años la capacidad de los ordenadores se ha incrementado por un factor de 10 cada dos o tres años. Ello quiere decir que si se siguiera este ritmo en esta década se lograrían máquinas cuya capacidad sería miles de veces mayor que las actuales. No está claro, sin embargo, que se siga este ritmo en el futuro,

tratamiento en paralelo de la información, etc., así como los progresos que se están realizando en los órganos de entrada y salida.

Se habla de sistemas de inteligencia artificial, en cuyo tema se ha trabajado mucho y se sigue trabajando. Desde hace varios años, diferentes grupos de investigadores se dedican a establecer programas para calculadoras e incluso a la construcción de máquinas especiales que introducen un nuevo aspecto en aquéllas: la facultad de aprender.

"Con estos sistemas se pretende resolver determinados problemas, aprovechando la experiencia adquirida por la máquina en el pasado. En este campo se ha llegado a resultados interesantes en casos relativamente sencillos. Así, se ha conseguido que las máquinas demuestren teoremas lógicos fundamentales, teoremas de geometría; que generen su propio programa; que jueguen al ajedrez, a las damas y a otros juegos, y, en fin, incluso que compongan música. En los juegos es donde se puede observar mejor el proceso de aprendizaje; la máquina de jugar a las damas, de Samuel, ha ganado reiteradamente a su propio creador. Esto significa que si bien en el programa inicial que se introduce en la máquina está previsto que acumule experiencia, e incluso la forma como debe acumularla, el programa que sigue la máquina en sus diferentes jugadas se va estructurando sobre la marcha, partiendo de la experiencia adquirida."

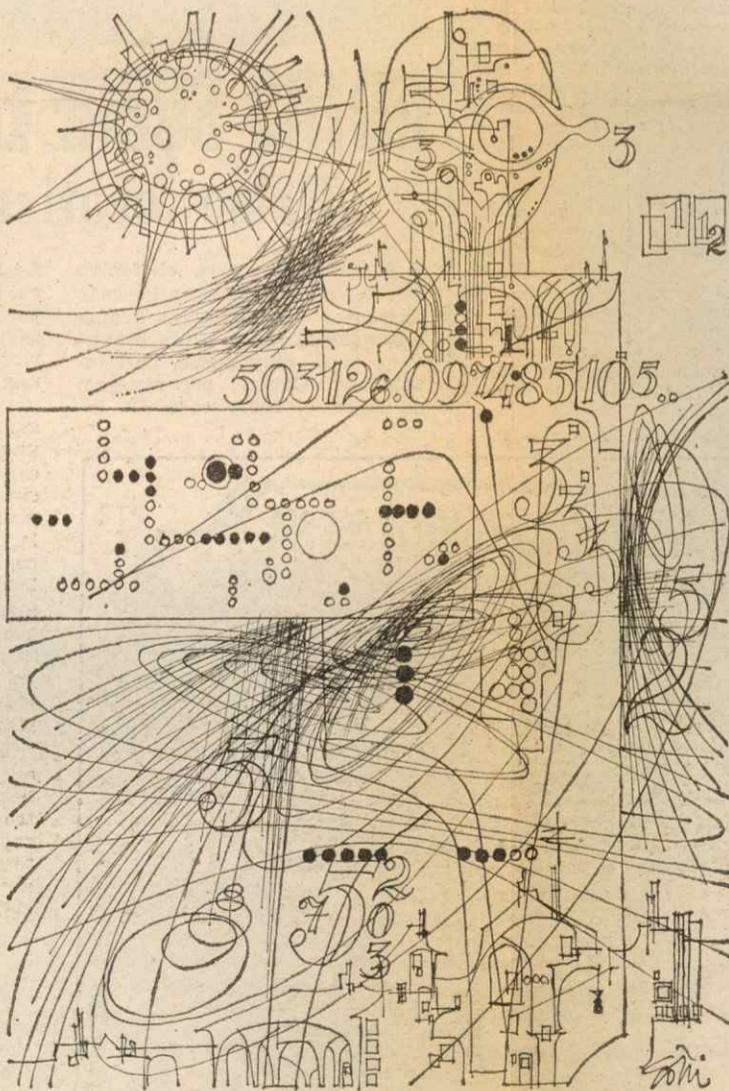
LA CIBERNÉTICA

"timonel". Wiener define la cibernética como "la teoría del control y de las comunicaciones en las máquinas y en los animales". Su famoso libro fue el resultado de varios años de trabajo en común con el biólogo Rosenblueth, estudiando la analogía entre los procesos de control en las máquinas y en los seres vivos. Los límites de la cibernética son más amplios, y su campo más extenso que el de la automática."

A nuestra pregunta de cómo serán las computadoras del futuro, el profesor García Santesmases ha respondido que, bajo el punto de vista económico, los ordenadores han alcanzado un estado de madurez; que actualmente se considera que existen unas setenta mil instalaciones de computadoras en todo el mundo, y las inversiones mundiales en "hardware", "software" y mano de obra se acercan a los cien mil millones de dólares, cifras significativas que no exigen comentario.

"Por lo que respecta al "hardware", se seguirá en el próximo futuro con el mismo ritmo de desarrollo que en años anteriores. La miniaturización ha progresado de forma impresionante en medio de las nuevas técnicas que se denominan integración en gran escala (L. S. I.) (Large Scale Integration), y que, sin duda, constituyen la base de la cuarta generación de ordenadores. En general, se reserva esta denominación (L. S. I.) para circuitos integrados que comprenden 100 o más elementos lógicos interconectados en un trocito de silicio. Como cada elemento lógico comprende varios transistores, el proceso L. S. I. implica la interconexión de cientos de transistores en un volumen de silicio que puede ser inferior a los 2 mm³. Son cifras que parecen increíbles, pero que son reales.

Afirma el profesor García Santesmases que extrapolando, y con un poco de fantasía, podemos imaginar que el incremento de



ya que se están alcanzando los límites impuestos por restricciones puramente físicas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que existen otras características de los ordenadores que influyen mucho en la velocidad operativa, como, por ejemplo, los nuevos conceptos de programación y las nuevas técnicas de tiempo compartido,

Parece ser que los primeros programas establecidos en las calculadoras digitales para mostrar la posibilidad de aprendizaje fueron dirigidos a representar en aquéllas procesos análogos al reflejo condicionado de los animales.

"Por otro lado, muchos investigadores dirigen su atención al estudio del sistema ner-

vioso actual, con la esperanza de descubrir nuevos cauces, directrices distintas, que permitan llegar a resultados más halagüeños que hasta ahora; es decir, buscar en la naturaleza lo que el hombre no encuentra por sí mismo. En este sentido se han logrado cierto tipo de máquinas que son en realidad redes con parámetros variables, capaces de realizar ciertas funciones, como aprendizaje, reconocimiento de formas, etc., y en cuya construcción se ha tratado de captar con más o menos fidelidad las características esenciales del sistema nervioso."

"Si comparamos el cerebro humano con el ordenador actual vemos que el hombre está dotado de dos facultades esenciales: por un lado tiene la facultad de percepción general, de conjunto, del mundo exterior, que se realiza por el sistema nervioso como si fuera un sistema en paralelo, es decir, que las neuronas no funcionan secuencialmente, unas después de otras, sino simultáneamente. Esto nos indica que el tratamiento de la información, a nivel cerebral, no se verifica de forma secuencial. Esta forma de tratamiento de la información no es sólo privativa del hombre, sino de todos los seres vivos. Si no fuera así, es decir, si fuera secuencial, la percepción del mundo exterior, con toda su complejidad, exigiría mucho tiempo, aunque el operativo fuera muy pequeño. Si comparamos este proceso de tratamiento de la información con las máquinas inventadas hasta ahora por el hombre, el resultado es que en éstas no se ha conseguido más que muy parcialmente el tratamiento en paralelo."

Ahora bien, el profesor García Santesmases añade que, al lado de esta facultad, el hombre tiene otra, la de realizar procesos lógicos, que hace secuencialmente y con bastante lentitud, por cierto. En estos procesos la máquina le gana, sin duda alguna, pues opera muchísimo más de prisa (del orden de un millón a mil millones de veces más); naturalmente, con la condición de que su programa de trabajo haya sido establecido por el hombre. Esto indica que la máquina presenta un complemento indispensable al hombre.

"Posiblemente en las calculadoras del futuro se tratará de simular la estructura del cerebro humano y estarán constituidas por un número enorme de partes y elementos redundantes, conectados al azar, con una organización escasamente determinista. Una máquina de este tipo sería susceptible de aprender y de reparar por sí misma las partes averiadas o defectuosas. ¿Se logrará este tipo de máquinas? Después de los avances conseguidos en estos últimos años, mucho más espectaculares de lo que vaticinaban los más optimistas, todo es posible. Germán Kahn, director del Hudson Institute y miembro de la Comisión del Año 2000, creada por la Academia Americana de Artes y Ciencias, opina, juntamente con sus colaboradores, que los ordenadores posiblemente lograrán simular y sobrepasar algunas de las facultades intelectuales del hombre que podemos considerar "más humanas", incluyendo acaso alguna de sus aptitudes creadoras y estéticas, aparte de otras que los seres humanos no tienen."