

## La trascendencia del automatismo (\*)

### AUTOMATISMO Y AUTOCONTROL.

*Automatismo* y *automación* son dos términos que han adquirido una popularidad tal, en nuestros días, que escapan ya del mero sentido etimológico y técnico. «Automático» ya no es, simplemente, lo que funciona o actúa por sí mismo, sin necesidad de la intervención constante del hombre. Indica especialmente lo que se regula a sí mismo, en el sentido de aprovechar su propia energía para desenvolver su actividad. No es que el automatismo y la técnica de lo automático contradigan en nada la teoría física de la imposibilidad del movimiento continuo, pero sí que implican una autorregulación o autocontrol, que en determinados puntos semejan propiamente la espontaneidad y hasta, según algunos autores extremados, la libertad de acción.

La teoría y la técnica del automatismo se apoyan en el fenómeno de la retroalimentación o «feed-back» (literalmente, alimentación de retorno). Un mecanismo de «feed-back» es el que utiliza la energía de entrada para retrotraerla al propio sistema de modo que aproveche a su funcionamiento regular, equilibrando en cierto modo su estructura y su operación. En alguna forma, pues, dicho mecanismo se controla a sí mismo; se autorregula. Se trata, por tanto, de un determinado sistema de autorregulación, que tiene lugar no sólo en lo físico, químico y mecánico, sino también en lo orgánico y en lo psíquico.

La energía sobrante, que no es aprovechada totalmente para la acción propia del «feed-back», revierte a la energía de entrada o no; de aquí que se establezcan sistemas de «feed-back» positivo y sistemas de «feed-back» negativo. Sin embargo, en los dos casos se establece un circuito de autorregulación; lo que llamaríamos un sistema de *control automático*. Este automatismo, simplemente indicado, sirve de base a la técnica más asombrosa de los tiempos presentes.

### EL REGULADOR A BOLAS.

El primer mecanismo importante construido partiendo de la base que constituye el fenómeno del «feed-back», según un sistema de

---

(\*) Conferencia pronunciada por el autor en el INSTITUTO FILOSÓFICO DE BALMESIANA.

autorregulación elemental, es el famoso y sencillo aparato conocido con el nombre de «regulador a bolas de Watt».

James Watt —el célebre inventor escocés (1736-1819)— construyó un regulador de fuerza centrífuga como medio de controlar automáticamente la potencia de una máquina de vapor. El regulador de bolas tiene una historia muy conocida y curiosa. Las primeras máquinas de vapor no podían funcionar sin una constante vigilancia humana: un operario, maniobrando con un vástago de hierro, abría y cerraba las correderas, y enviaba el vapor alternativamente contra una cara o contra la otra del émbolo. Alguien un día tuvo la idea —seguramente promovida por la cansada monotonía de la operación— de sujetar el vástago a una biela con movimiento alterno de la máquina y ésta se hizo capaz de mantener por sí misma aquel movimiento. Mas, entregada a su acción, corría siempre el peligro de embalsarse si el vapor admitido en los cilindros tenía excesiva presión. Entonces, ante la dificultad, Watt ideó su regulador centrífugo de bolas, empleado en las máquinas de vapor fijas, el cual, cuando la velocidad de la máquina se hace excesivamente intensa, cierra parcialmente la entrada del vapor.

Era un regulador de bolas giratorias, que todavía vemos utilizar con eficacia. En gran parte desapareció de la industria, por lo menos en su sistema de bolas, con la paulatina sustitución de las máquinas de movimiento alternativo. Pero conserva en varias aplicaciones su importancia fundamental, y constituyendo, además, como dijimos, un ejemplo notable del principio de «feed-back» que rige en los distintos sistemas de control automático. En síntesis, el regulador a bolas enlazaba un árbol vertical en su parte inferior, mediante un simple engranaje, con el eje de la máquina. En la parte superior enlazaba con una válvula que controlaba la entrada del vapor. El árbol, así dispuesto en su parte inferior y superior, constaba en su centro de un sistema de bolas atadas a unas varillas que estaban sujetas, por una parte, a unas piezas enlazadas a la válvula y, por otra, al árbol mismo que constituía el émbolo. Cuando la máquina se ponía en movimiento, el regulador comenzaba a girar —debido al giro del árbol o émbolo, comunicado por el eje de la máquina— y las bolas eran impulsadas hacia fuera y arriba por la fuerza centrífuga. Si la máquina— y las bolas eran impulsadas hacia fuera y arriba por la fuerza centrífuga. Si la máquina marchaba con excesiva velocidad, la elevación de las bolas hacía cerrar la válvula de entrada del vapor, disminuyendo, consiguientemente, la velocidad de la máquina. A la inversa, si el movimiento era excesivamente lento, el descenso de las bolas abría la válvula, dando con ello entrada al vapor y, por consiguiente, aumento de la velocidad de la máquina. También, como puede suponerse, había unas fases intermedias que contribuían a mantener el equilibrio. Así, en conjunto, por medio de este «feed-back» —es decir, retroacción, retroalimentación o alimentación de retorno—, la máquina se regulaba a sí misma.

Se trata, pues, de un dispositivo en feed-back; puesto que —como en toda retroacción mecánica— se deduce cierta energía de la máquina para conseguir que ella misma se rija en determinado aspecto. Una verdadera *servidumbre automática*. La diferencia, en este caso, entre la velocidad a mantener o velocidad ideal y la velocidad real de la máquina determina un aumento o una disminución del calor:

#### LA TECNICA DE LOS CIRCUITOS.

El regulador de Watt no es, sin embargo, el único ejemplo de sistema de control automático conocido hace muchos años. Desde siglos son conocidos otros mecanismos fundados en la disposición en «feed-back», aunque quizá sea el regulador de fuerza centrífuga que hemos indicado el más claro exponente histórico de la aplicación en la máquina y en la industria mecánica de la técnica de la autorregulación o autocontrol:

Para apreciar la aplicación humana de los sistemas en «feed-back», conviene indicar otros casos: Un caso primitivo es el de la adaptación a los molinos de viento de un dispositivo para mantener las velas siempre frente al viento. Venía a consistir simplemente en un molino de viento en miniatura que podía hacer girar al molino entero en cualquier dirección. Las velas del pequeño molino estaban dispuestas formando ángulo recto con las principales y, cuando éstas tomaban una dirección equivocada, el viento empujaba las pequeñas velas y hacía girar al molino en la posición adecuada.

Y, en cuanto a otros mecanismos automáticos que aparecerían con la fuerza del vapor, puede citarse, junto al regulador de Watt, el servomotor del timón de los buques, que actúa sobre la pala del timón en correspondencia con los movimientos de la caña o rueda del gobernalle.

Aquellos dispositivos y aun otros, como, por ejemplo, los reguladores de voltaje, constituyen realizaciones del hombre en materia de control automático conocidas por lo menos desde hace un cuarto de siglo. Pero en los últimos años se ha apreciado la necesidad creciente de una técnica precisa y perfectamente consciente del automatismo, estableciéndose una ciencia y una aplicación positivas de los circuitos de comunicabilidad.

En efecto, las fábricas de productos químicos y diversas industrias necesitaron reguladores de temperatura y caudal; la radio requirió circuitos que amplificasen exactamente las señales; la guerra aérea reclamó un control rápido y matemático de los reflectores y cañones antiaéreos; las investigaciones submarinas precisaron detectar en forma práctica y concreta los obstáculos y distancias, así como los diversos tipos de objetos; los estudios médicos solicitaron aparatos de medición fisiológicos basados en la autoregulación; la demografía y la economía pedían la especificación de sistemas de regulación aprovechables y beneficiosos.

La técnica de los circuitos se hacía indispensable. Y los circuitos cerrados o de autocontrol iban a servir de base a muy distintos campos: Hoy día el plan de controles para una caldera moderna o un proyectil dirigido, pongamos por caso, está basado en su mayor parte en los mismos principios aplicados primeramente a los amplificadores de radio. Y el estudio de estos principios constituye un apoyo fundamental para comprender cómo un hombre se mantiene erecto sin caer, cómo late el corazón humano, por qué nuestra economía sufre altas y bajas, por qué la población de conejos de ciertas regiones fluctúa regularmente entre la abundancia y la escasez, cuál puede ser el motivo concreto del desequilibrio industrial, etc.

#### SISTEMAS DE CONTROL AUTOMATICO.

Al principio no pudo advertirse ninguna conexión entre los diferentes desarrollos. Pero se ha caído en la cuenta de que todos los sistemas de control y regulación dependen de los mismos puntos de apoyo, de los mismos principios básicos. Cuando se advirtió con bastante nitidez este hecho, el progreso automático se desarrolló en forma mucho más rápida y hasta, como sabemos, sorprendente. En efecto, los estudios del comportamiento de los sistemas de control automático nos permiten una nueva visión de una gran variedad de hechos en la naturaleza y en los asuntos humanos:

El común denominador de los fenómenos y mecanismos autorregulados es, como dijimos, la existencia del «feed-back o, dicho ahora con otro lenguaje, para expresar vulgarmente la misma cosa, la interdependencia, interconexión o intercomunicación. Para proyectar sistemas complejos de control hay que partir del reconocimiento de las regularidades en las relaciones entre los hechos. Una constancia retroactiva puede regir básicamente algunas de estas relaciones, en distintas clases de fenómenos.

Puede apreciarse de un modo claro el fundamento y la aplicación de que hablamos en el proceso de regulación de la temperatura interior, o sea, en nuestras salas y habitaciones. Si la temperatura es fría, un termómetro colocado en una pared nos indicará una cifra baja; cuando la habitación está más caliente, el termómetro de la pared señalará una cifra más alta. De ningún modo, sin embargo, esperamos calentar más la habitación empujando hacia arriba el mercurio en el termómetro. Aquí tenemos un circuito abierto y no automático; la temperatura del ambiente provoca la bajada o subida del termómetro. El circuito puede cerrarse si nosotros, con nuestra intervención personal, dosificamos la temperatura por medio de una estufa u otro aparato térmico, de acuerdo con lo que nos indique el termómetro.

Ahora bien, el control se hace automático cuando nuestra intervención sobra o, digámoslo bien, cuando casi no es necesaria. Considé-

deremos que el instrumento de la pared no es un simple termómetro, sino un *termostato* (un termorregulador) construido de tal manera que cuando su lectura sobrepasa cierto límite previamente escogido, la entrada de combustible en la caldera de calefacción sea reducida progresivamente, o viceversa, cuando la lectura desciende de este límite, aumenta la entrada del combustible. Aquí hay, como vemos, un «sistema de control automático», precisamente un sistema familiar. No solamente la lectura del termómetro depende del calor de la habitación, sino que también el calor de la habitación depende de la lectura del termómetro. Las dos cantidades se hacen interdependientes; cada una de ellas viene a ser causa y al mismo tiempo efecto de la otra.

Tenemos de este modo una cadena cerrada, una secuencia cerrada o, en términos de ingeniería, un anillo cerrado. Su esquema de dependencia permite estudiar las distintas aplicaciones del control automático:

#### LA CIBERNÉTICA.

El estudio de este control, en sus aspectos generales y prácticos, ha dado lugar a una nueva ciencia. La ciencia del control y la comunicación. Un nombre griego, significativo de piloto y timonel, y también, arte de gobernar, iba a servir para designar los estudios agrupados en esta rama científica. Ese nombre, empleado por Platón, pero aprovechado ahora en un sentido particularmente técnico y científico, es el de *Cibernética*. El autor norteamericano Norbert Wiener, profesor de matemáticas en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, recientemente fallecido, fué quien bautizó en 1947 la investigación del control y la comunicación con el nombre de Cibernética. En 1948 publicó un importante libro con esta denominación, cuyo subtítulo daba a entender el sentido y la múltiple aplicación de los estudios emprendidos: *Cybernetics or Control and Communication in the animal and the machine*.

Los estudios cibernéticos, de carácter mixto, apoyados en diversas ramas científicas —tanto matemáticas y mecánicas como físico-químicas y orgánicas—, se iniciaron en 1943. Su comienzo partía de una necesidad de orden bélico, que provocó la intervención de investigadores de diversa procedencia. En el curso de la última guerra mundial, por el Estado Mayor norteamericano le fué encomendado al doctor N. Wiener, en compañía del doctor J. H. Bigelow, el estudio de posibles mecanismos de control para la artillería antiaérea que fuesen capaces de seguir el curso de un avión prediciendo su posición futura, a fin de asegurar la coincidencia de los disparos a efectuar con el avión objeto de su blanco. Los dos científicos partieron del cálculo de probabilidades, pero comprendieron pronto que para completar su estudio debían tener muy en cuenta el proceso que se realiza en el mecanismo de estimulación de la percepción humana. Vieron que cualquier solución del problema dependería fundamental-

mente del principio de retroacción, tal y como actúa no sólo en la regulación y funcionamiento de los aparatos mecánicos, sino también —al mismo tiempo, en aquel caso— en los operadores humanos del arma y del avión. Plantearon entonces el problema al fisiólogo americano A. Rosenblueth en términos orgánicos, o sea, intentando una traducción de la cuestión mecánica que interesaba a cuestión nerviosa, preguntando concretamente qué acción tiene el sistema nervioso en la regulación de las oscilaciones inherentes a la actividad muscular.

La noticia de que el mecanismo denominado en fisiología «temblor intencional» juega un importante papel en los procesos de regulación nerviosa, confirmó a los investigadores el valor de la hipótesis adoptada, el interés fundamental de la retroacción en la estabilización de los procesos oscilatorios. Verificáronse varios experimentos en apoyo de la hipótesis, uno de los cuales consistía en analizar el mecanismo de retroacción en los músculos del gato. Los resultados tuvieron la eficacia deseada y así pudo proponerse la construcción de un mecanismo para los cañones antiaéreos que verificase mecánicamente la autorregulación en forma análoga a la realizada en virtud de la percepción humana, habida cuenta del mecanismo de los aviones de combate. Un mecanismo de regulación automática que, para asegurar la coincidencia entre disparo y objetivo, corrige los cálculos comparando constantemente la situación real del avión y la de las explosiones realizables y a realizar. El cañón autodirigido de que hablamos, destinado a tirar contra un objetivo móvil, es, por decirlo así, *mandado* —orientado, dirigido o, mejor, regulado— por un sistema de feed-back. En tal caso, el feed-back aporta a la entrada del dispositivo, por el que apunta el cañón, una «información» referente a la distancia entre la dirección de dicho cañón y el emplazamiento del blanco en un momento determinado.

Las investigaciones aludidas exigieron la colaboración de diversos científicos y pronto se vió que era necesario ampliar el círculo. Un grupo de hombres de ciencia bien integrado siguió trabajando en los estudios de la autorregulación, según los distintos aspectos y aplicaciones. Muchos especialistas, de todos los países, se interesaron por la nueva disciplina que englobaba tantas ramas del saber y proponía perspectivas de gran interés científico. El éxito alcanzado en poco tiempo permitía augurar positivos resultados. Así quedaba constituida la ciencia de los circuitos y señales o, en otra forma, la ciencia del control y la comunicación. Se trata de una teoría de la señal y de la información. Efectivamente, las indicaciones que apuntábamos se refieren característicamente a una ciencia del control —o regulación— y la comunicación o información. Esta viene implicada en las distintas fases o aspectos de la regulación, con el paso y la integración específica de las señales. Y, en conjunto, la Cibernética se precisa, fundamentalmente, como un estudio de los sistemas retroactivos, en sus diversas modalidades y en su aplicación física y biológica.

## AUTOMATISMO Y ELECTRONICA.

El control automático o regulación cibernática han podido estudiarse y ampliarse notablemente con la aplicación y desarrollo extraordinario de la electrónica contemporánea. El progreso constante, creciente, de los estudios y técnicas positivas ha sido en nuestro siglo especialmente asombroso en el dominio de la electricidad y, en particular, de la llamada electrónica. Esta, en su estudio, trata de los circuitos eléctricos en los que determinados elementos —los tubos electrónicos—, que actúan a modo de llaves de paso o válvulas, permiten o interceptan el paso de la corriente eléctrica entre dos electrodos separados por el vacío o por un gas rarificado.

La electrónica se extiende a muchos campos y tiene un sinnúmero de plasmaciones utilísimas. Basta recordar que la radio y la televisión constituyen sus aplicaciones más comunes. Pero hay otras, no tan conocidas por la generalidad de las personas, que resultan no menos interesantes, como, por ejemplo, los dispositivos empleados en ciertos aparatos de dirección, órganos de mando y regulación agrupados bajo el nombre de *servomecanismos*. Los servomecanismos electrónicos vienen a ser «órganos de control», como los servomecanismos mecánicos; hay una conexión regulada entre dos aparatos o entre elementos importantes de un mismo aparato. Mas la servidumbre electrónica, que imita en cierta forma la conexión sensitiva, con su amplitud y sus complejas interferencias, ha abierto un horizonte inmenso al estudio de las «redes» de circuitos y de la llamada «sensibilidad mecánica», con un sinnúmero de aplicaciones, cuyo término es imprevisible.

Verdaderamente, los casos en que se muestra el avance de la electrónica, en su aspecto de investigación y en el de utilización, son realmente asombrosos. En el curso de la segunda guerra mundial, las aplicaciones electrónicas han tenido formidable desarrollo, no siempre aprovechado en el mejor sentido. Como ejemplos notables pueden citarse el radar y los proyectiles autodirigidos o autoguiados. El radar aprecia o, figurativamente, ve los aviones, los buques, los objetos mucho antes de que lleguen al alcance de los prismáticos más potentes. Perfora la bruma y las nubes; traspasa los espacios y los mares; cubre las mayores distancias, precisando todos sus objetivos. Ciertos proyectiles que utilizan el radar son regulados de manera que no estallan sino cuando estén al alcance de su blanco, inmediatos al mismo... Otros se dirigen a él sin la guía de ninguna intervención humana, cual si estuvieran dotados de auténticos «órganos de los sentidos» y de un «cerebro» en embrión, capaces de *captar sensiblemente* las señales oportunas, como si reaccionasen sensitivamente a los estímulos exteriores. La regulación servoelectrónica ha actuado con toda precisión; el control es perfecto. Con ello, las posibilidades bélicas, como —en otro orden— las industriales, han venido a perfeccionarse matemáticamente.

## LOS MECANISMOS SINTETICOS.

Una aplicación singularmente fructífera de la electrónica la constituye su uso en las máquinas de calcular, denominadas, simplemente, «calculadoras». Gracias a la técnica electrónica ha sido factible aumentar de un modo extraordinario la rapidez de cálculo de tales aparatos, y su complejidad es sorprendente. Se les califica actualmente de *cerebros electrónicos* y, también, *cerebros sintéticos*, pero, desde el punto de vista de la amplitud calculatoria y de la velocidad y precisión, los calculadores electrónicos sobrepasan las posibilidades del cerebro humano. Los cerebros electrónicos pueden resolver con suma facilidad ecuaciones de cincuenta, cien y hasta doscientas incógnitas. Un «robot» de este tipo calcula en nuestro tiempo las órbitas seguidas por los electrones alrededor del núcleo atómico. Otros suministran predicciones meteorológicas a largo plazo, con el empleo de muy variados datos. Los calculadores electrónicos se han hecho imprescindibles en astronomía y en la construcción de aviones. Asimismo, hay aparatos, «robots de cálculo», que proporcionan fórmulas exactas, es decir, matemáticamente correctas, sobre la estructura de las más complejas moléculas químicas.

Por otra parte, la barrera del sonido pudo ser vencida al disponer de la imprescindible colaboración de cerebros electrónicos, que realizaron los cálculos necesarios a la investigación que se pretendía. Así, estos cerebros o robots de cálculo intervienen eficazmente en la resolución de los problemas que plantean toda una serie de procesos ultrarápidos. En otro aspecto, son utilísimos en los cálculos de la construcción arquitectónica y en cuanto al conocimiento preciso de los materiales: Las máquinas automáticas que constituyen estos cerebros auxiliares para el cálculo y la comprobación técnica se introducen cada vez más en la producción industrial y asumen las tareas más delicadas y complejas de la organización práctica y de la calculatoria comercial y de empresas (distribución del personal y de las obras; regulación de las cuentas; administración y planificación...). Con ello, economizan al hombre considerable tiempo y dispendios muy estimables:

Aparatos muy diversos han pasado a ser una realidad práctica merced a la técnica electrónica. Se les puede concebir, en síntesis, eliminando los aspectos complementarios y hasta su característica presentación, como *circuitos* en cuyo seno se mueven impulsos, «trenes de impulsos», de estimulaciones especiales que han recibido el nombre de *señales*. En su construcción compleja, los cerebros electrónicos muestran una especial disposición, que se designa como «organización» regulada, análogamente a los órganos sensibles y al sistema asociativo y perceptivo humano. Poseen, en resumen, los cerebros-robot, un órgano realizador, un órgano de expresión y conservación («memoria» electrónica), y un órgano de asociación. Los tres se hacen

indispensables en los grandes cerebros electrónicos destinados al cálculo. Los órganos se establecen adecuadamente para permitir la entrada o adquisición calculada, la circulación, conservación y asociación de los informes y operaciones. Un «programa» muy complejo puede ser trazado a la máquina, para que lo realice adecuadamente, atendiendo a los diversos mensajes y señales:

Los mecanismos sintéticos actuales no siempre tienen carácter calculatorio. Hay una utilización industrial muy extensa, que parte siempre, en las máquinas electrónicas, de circuitos por los que circulan, en forma especial y en cierto modo «orgánica», los impulsos o señales. Y todos los aparatos en su aspecto superior y más perfeccionado realizan operaciones análogas a las actividades orgánicas y vienen a sustituir en parte la actividad humana. No es de extrañar que se haya buscado de nuevo en nuestros días la comparación entre la máquina y el animal y, especialmente, se haya intentado descubrir las razones positivas de la analogía entre los mecanismos automáticos y el comportamiento espontáneo humano.

#### LA SEGUNDA REVOLUCION INDUSTRIAL.

La aplicación, cada día en mayor escala, de los mecanismos automáticos en la técnica industrial y en los distintos dominios de la industria de nuestra época, han provocado la preocupación de sociólogos y economistas. Se ha denominado, característicamente, *segunda revolución industrial* a la provocada o posible de provocar por la constante y amplia aplicación y repercusión de las máquinas electrónicas y del control automático.

Tan importante es la repercusión industrial del automatismo que, incluso, en sentido estricto, se da este nombre a la orientación automática de la industria, es decir, a la técnica y proceso capaces de sustituir al hombre en los procesos de producción. La primera revolución industrial, propiamente dicha, o sea, la del maquinismo, trató de sustituir la mano de obra o, dicho de otra forma, el esfuerzo muscular del productor por medio de distintas formas de energía física. Tales formas de energía, vapor, electricidad, motores de explosión, combustibles, etc., estaban representadas por la máquina. Sin embargo, en las circunstancias del llamado «maquinismo», todavía las máquinas, implantadas paulatinamente, requerían ser manejadas, dirigidas o reguladas por la mano del hombre, a fin de conseguir sus resultados mecánicos e industrial-económicos.

A diferencia de ello, el automatismo contemporáneo intenta eliminar, por de pronto, el esfuerzo mental o directivo y, en definitiva, la intervención humana en la producción. Las nuevas máquinas se autoregulan, se controlan según las circunstancias y fines, se corrigen y reajustan, casi se puede decir que, con su autofuncionamiento, se autoestructuran. Siguen su «programa» y están aptas para nuevos

«mensajes». Han sido concebidas y construidas por el hombre, pero consiguen eliminarle de la labor, no sólo manual y mecánica, sino de la administrativa y directiva. Parece como si asistiéramos al comienzo de un nuevo mundo industrial, sin obreros, sin encargados y sin técnicos de control.

Así, pues, la «segunda revolución industrial», que sigue a la originada por el maquinismo, está —o estará— representada por la implantación de los aparatos electrónicos autorregulados. Precisemos nuevamente que el maquinismo supone una búsqueda de sustitución de la actividad muscular, de la mano de obra; ahora, la instauración de los mecanismos electrónicoautomáticos viene a suponer, a su vez, el intento de sustitución de la actividad cerebral humana y en cierto modo —un tanto restrictivo— de la intelectual propiamente dicha. En frase ya empleada, algo tremebunda, la «era del robot» se avecina.

### PROBLEMAS SOCIALES ECONÓMICOS.

Los problemas sociales y económicos suscitados por el maquinismo son de sobra conocidos. Todavía vivimos y acusamos el enorme desnivel producido por la implantación de la máquina como sustitutivo humano. Las grandes cuestiones sociales de nuestro tiempo surgieron en gran parte como consecuencia de los desniveles ocasionados y de la difícil adaptación a la nueva fase industrial. Ahora el problema puede ser, nuevamente, grave; según algunos pesimistas, todavía más grave.

Desde el punto de vista de la automatización, las industrias pueden ser divididas, en principio, en dos grandes grupos: industrias *procesuales* e industrias *mecánicas*. Entre las primeras se encuentran, principalmente, las que manejan fluidos, como tales, es decir, líquidos y gases, las que utilizan materias que pueden comportarse como fluidos —polvos y pastas— y las que operan con el paso de un líquido a sólido —papel, vidrio, plásticos—. En estas industrias la materia prima es sometida a flujo continuo y único, a través del cual sufre las convenientes transformaciones. Los problemas de traslado interior, almacenamiento y ensamblaje se simplifican. Su relativa simplicidad de organización las hace muy aptas para la automatización. De ahí que una buena cantidad de refinerías de petróleo y fábricas de gas vayan siendo ya automatizadas en nuestros días. Y, poco a poco, las demás van adaptándose a los procesos automáticos.

Las industrias que citábamos en segundo lugar son muy importantes y, hasta ahora, sólo han sido objeto de automatización parcial. En las industrias mecánicas, estrictamente consideradas, el manejo de piezas sólidas puede adoptar una cierta continuidad mediante el llamado trabajo *en cadena*. Este se impone ya en una buena parte de trabajos mecánicoindustriales. La labor «de serie», la elaboración «en cinta», la producción «en cadena», etc., cobran carta de naturaleza en

la industria mecánica de nuestro tiempo y preside las técnicas industriales que requieren distintos aspectos ordenados a la gran producción. Y empiezan a sustituirse varias operaciones fijas o abiertas por otras de tipo automático. La industria automovilística, por ejemplo, ha empezado a emplear máquinas capaces de realizar centenares de operaciones distintas y sucesivas. Ahora bien, la complicada tarea de sincronizar máquinas, cadenas parciales de producción, suministros y demás, hace necesario el auxilio de notables calculadores automáticos para las industrias mecánicas. Y dado el estado actual de la técnica, no es aventurado considerar la total automatización de las factorías mecánicas.

El trabajo burocrático puede también automatizarse. La labor calculística, de traducción, de copia, de registro, de archivo y comprobación, de recopilación, de control en fichas, de oficina y de papeleo en general, podrá ser sustituida, por lo menos en gran parte, por las máquinas automáticas. Muchos otros trabajos, de servicio mecánico, de pilotaje, de conductores, de empleados de limpieza, de agentes, etc., etc., podría sustituirse, seguramente algunas veces con ventaja. En el trabajo directivo cabe también cierta sustitución automática.

¿Qué puede ocurrir, pues? Indudablemente, la implantación radical e improvisada de la automatización acarrearía graves trastornos sociales y económicos, por el desnivel social provocado al haber de prescindir de muchos hombres. Una máquina automática puede suplir a quinientos, mil y hasta dos mil obreros. La segunda revolución industrial podría, en efecto, ser más grave que la primera.

#### EL FUTURO INDUSTRIAL:

Felizmente, la gravedad del problema social y económico de la automatización puede aminorarse de modo notable. No hay que ver el porvenir con tintes sombríos y pesimistas. Al contrario, la automatización puede ser muy útil al hombre y debe serlo.

La energía nuclear y la electrónica, por poco consciente que sea el hombre de nuestro tiempo, pueden aprovechar grandemente a nuestros fines y redundar en enorme beneficio individual y colectivo. El hombre, al disponer de más y mejores medios, puede lograr también más fácilmente —con menos dificultad y gasto— sus fines. Las necesidades humanas han de poder cumplimentarse con menos esfuerzo y con mayor y más satisfactorio provecho. De nosotros, de todos los hombres de hoy, depende. El mañana, triste o feliz, lo forjaremos nosotros con la utilización acertada o desacertada de nuestros medios y de nuestros avances. Preparamos el futuro con la orientación que, en el presente, sepamos darle.

En cuanto al automatismo como tal, basta que el hombre de hoy sea plenamente consciente de lo que puede ocurrir si da rienda suelta

y sin prudencia a este sistema de producción. ¿Pero, la experiencia del maquinismo y de sus trágicas consecuencias, no es suficiente para prevenirnos y saber dosificar conscientemente la implantación de los más adelantados sistemas automáticos?

El hombre no puede ser sustituido nunca del todo. El proceso intelectual y la actividad voluntaria no pueden ser imitados en su naturaleza esencial, o sea, en su proceder propiamente abstractivo y reflexivo, en su determinación libre. Ni que decir tiene que faltañ en la máquina la conciencia íntima, el sentido determinativo y creador. No sabe, no entiende lo que realiza ni se determina y constituye de verdad; sus señales están determinadas por el hombre, «abstraídas» por él y por él está prefijado su programa, sin que su autorregulación —trazada por el hombre— indique penetración racional ni iniciativa propia, en el sentido auténtico.

La máquina puede, sí, evitar al hombre esfuerzos innecesarios, trabajos penosos y expuestos, entrega total y absorbente, cálculos difíciles y costosos, planeamientos complejos, reiteración insulsa, pérdida de tiempo, etc. Puede y debe utilizarse para mejorar y aumentar la producción, aumentando las riquezas en beneficio de todos. Puede y debe contribuir a liberar al productor del esclavizamiento absoluto, aplicándose en bien del hombre y de la sociedad, no precisamente en su perjuicio. El cambio, la revolución industrial, debe estar en el adelanto técnico y en la posibilidad de disponer el hombre de más tiempo para sí, para su vida familiar y para el servicio a la comunidad de que forma parte.

El peligro de que surjan más vagos y ociosos no debiera preocupar tampoco. Junto a la prudente implantación del automatismo y de las técnicas más perfeccionadas, que habrán de permitir disponer de más tiempo con mejores rendimientos, habrá de compensarse la falta de trabajo absorbente con el mejoramiento y amplitud de los medios de estudio, de sano ejercicio, de práctica del deporte, de cultivo de las relaciones humanas, del espíritu creador, de la afición artística y de la búsqueda, casi cibernética, de un mundo social más equilibrado y feliz.

Alejandro SANVISENS.