

se utilizan los artefactos, y agentes intencionales (usuarios u operarios) que realizan esas acciones de transformación. Por ejemplo, una lavadora automática doméstica es un artefacto, la ropa sucia, el agua, el jabón y la energía eléctrica son los inputs que se necesitan para que la lavadora funcione, pero se requiere al menos un agente intencional que ponga en marcha la máquina, introduzca la ropa y el detergente y seleccione el programa de funcionamiento, para que el conjunto funcione realmente como un sistema técnico. El conjunto artefacto + materiales + energía + usuario constituye el sistema técnico. La definición es aplicable tanto a los sistemas artesanales que se basan en técnicas empíricas como a los sistemas tecnológicos. La diferencia está en la complejidad de las correspondientes estructuras y en el tipo de conocimientos y habilidades que se necesitan para diseñar, construir y, a veces, usar el sistema.

Las consecuencias que se derivan de adoptar uno u otro enfoque en el análisis de la técnica no carecen de importancia. Por ejemplo, si se adopta un enfoque cognitivo, el teórico de la técnica centrará su atención en cuestiones relativas al desarrollo del conocimiento y de la investigación aplicada, pero tendrá dificultades para integrar en su teoría cuestiones relativas a la difusión de las innovaciones. Políticas de desarrollo tecnológico basadas en el empuje de la oferta (potenciar la I+D) suelen estar inspiradas por una visión cognitiva de la tecnología, en las que el factor fundamental de la innovación es la invención de nuevos artefactos, pero suelen encontrarse con problemas para comprender la dificultad para transferir los conocimientos obtenidos en las actividades de I+D a las actividades de producción y comercialización de las empresas.

Por otra parte, si se adopta un enfoque instrumental, será fácil identificar las diferentes tecnologías y sus propiedades, tanto funcionales como económicas, y a partir de ellas podremos entender algunos aspectos de los procesos de innovación y difusión de las innovaciones; pero será difícil comprender el origen de las innovaciones y la influencia que los factores sociales y culturales pueden ejercer sobre el desarrollo tecnológico. Muchos de los modelos económicos del cambio técnico suelen adoptar este enfoque que llamamos instrumental.

El enfoque sistémico es el que nos parece más realista y comprensivo. Adoptando este enfoque nos obligamos a incluir en la teoría de la innovación y del desarrollo tecnológico no sólo elementos cognitivos o económicos, sino también elementos sociales, organizativos, culturales, etc. Por ejemplo, la introducción de una innovación en el mercado se presenta ahora como un proceso complejo que implica no sólo operaciones de investigación y desarrollo, producción y venta de un artefacto (un producto), sino también procesos logísticos de aprovisionamiento de materiales, organización de las redes de distribución, formación de personal y de usuarios, etc., algo que podemos resumir en la idea de una innovación social asociada a la innovación técnica.

Muchos de los enfoques actuales en economía [Dosi et al. (eds.) (1982)], sociología [Bijker et al. (eds.) (1987)] y, en cierto modo, en política de la tecnología⁶ comparten los rasgos básicos del enfoque sistémico, pero no siempre cuentan con una noción precisa y coherente de sistema técnico.

III. LA ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS TÉCNICOS

Hughes (1983) usa la noción de sistema tecnológico para referirse a sistemas complejos en los que los aspectos sociales y organizativos pueden ser tan importantes como los propios artefactos físicos. Por ejemplo, el sistema de generación y distribución de energía eléctrica que inventó y puso en práctica Edison constituye un sistema tecnológico en este sentido. Para entender su funcionamiento hay que tener en cuenta no sólo las propiedades de los dispositivos eléctricos, sino también la capacidad organizativa de Edison, los cambios de costumbres que se produjeron como consecuencia del uso industrial y doméstico de la electricidad, etc. Pero en realidad cualquier realización técnica concreta, independientemente de su magnitud y complejidad, presenta esa doble dimensión (física y social, artefactos y organiza-

ción) que en los grandes sistemas tecnológicos es más fácil de advertir. Un ordenador personal aisladamente considerado es un simple artefacto incapaz de hacer nada; un ordenador acoplado a un usuario es un sistema técnico que puede resolver problemas de cálculo o de control de maquinaria, etc.

Podemos definir un sistema técnico como un dispositivo complejo compuesto de entidades físicas y de agentes humanos, cuya función es transformar algún tipo de cosas para obtener determinados resultados característicos del sistema⁷. Una factoría de producción de automóviles es un sistema técnico. Pero una lavadora eléctrica, con todos sus componentes, junto con su usuario, la ropa, el jabón y el agua que éste introduce en ella, y la energía eléctrica que consume, constituye también un sistema técnico caracterizado por unos determinados objetivos y resultados. Los elementos que caracterizan a un sistema técnico son los siguientes:

A. Componentes materiales. Se trata de las materias primas que se utilizan y se transforman en el sistema técnico (la ropa, el jabón, el agua, en el caso de la lavadora, el uranio enriquecido, en una central nuclear, etc.), la energía que se emplea para las operaciones del sistema (el único elemento consumible que utiliza un ordenador), y el equipamiento, es decir, los componentes técnicos del propio sistema (el reactor, las edificaciones de la central nuclear; las piezas, motores, mecanismos, controladores electrónicos, válvulas, etc., de la lavadora, el procesador y los chips de memoria del ordenador, etc.).

B. Componentes intencionales o agentes. La diferencia principal entre un artefacto y un sistema técnico es que el sistema técnico requiere la actuación de agentes intencionales: una lavadora sin usuario, una central nuclear sin operarios e ingenieros que la hagan funcionar y que controlen su funcionamiento, o un ordenador sin nadie que lo programe, no son sistemas técnicos, son piezas de museo que representan una parte de un sistema técnico. Los agentes de un sistema técnico son generalmente individuos humanos, caracterizados por sus habilidades, sus conocimientos y valores (su cultura, ver más adelante) y que actúan en el sistema bien sea como usuarios, como operadores manuales o como controladores o gestores del sistema. En sistemas complejos estas funciones pueden ser ejercidas por individuos diferentes; pero también es posible que varias de esas funciones las ejerza la misma persona e incluso es posible que parte de ellas sean transferidas a mecanismos de control automático.

C. La estructura del sistema. Está definida por las relaciones o interacciones que se producen entre los componentes del sistema. Distinguimos dos tipos: relaciones de transformación y relaciones de gestión. Entre las primeras cabe distinguir los procesos físicos que se producen en los componentes materiales del sistema, por una parte y las acciones de manipulación que llevan a cabo los agentes intencionales. En un reactor nuclear, los procesos de fisión del núcleo atómico pertenecen al primer grupo, los procesos de manipulación, carga y descarga del combustible, pertenecen al segundo grupo. Las relaciones de gestión son también relaciones entre los componentes del sistema, pero en ellas lo que cuenta no son las transformaciones materiales que se producen entre los componentes, sino el flujo de información que permite el control y la gestión global del sistema: la actuación de los dispositivos de monitorización (que informan del estado del sistema), y de control automático (programa de la lavadora, dispositivos de alarma y de parada automática de una central nuclear) o manual (las acciones de arranque y parada de la máquina, de la central nuclear, etc.) forman parte de la estructura de cualquier sistema técnico. En sistemas complejos la gestión del sistema puede requerir centenares de personas (desde los encargados de planta hasta el equipo de ingenieros de una fábrica industrial) y millones de elementos técnicos (procesadores electrónicos, sistemas de control automático, monitores, etc.). También es posible que la gestión completa del sistema se automatice (se encomiende a un programa de ordenador) o que todas las funciones de control se realicen al mismo tiempo por el mismo agente (en sistemas simples o altamente automatizados, en los que las operaciones de gestión se reducen a observar los indicadores de alarma y a parar o arrancar manualmente un sistema).

D. Los objetivos. Se supone que un sistema técnico se diseña y se utiliza para conseguir unos determinados objetivos o realizar determinadas funciones. Una lavadora automática se puede utilizar como mesa, pero no suele ser ése el objetivo para el que ha sido diseñada. Para caracterizar un sistema técnico es muy importante definir bien sus objetivos, a ser posible en términos precisos y cuantificables, de manera que el usuario u operador del sistema sepa a qué atenerse y qué puede esperar del mismo.

E. Los resultados. En general el resultado de una acción intencional no coincide completamente con los objetivos de la acción: puede suceder que parte de los objetivos no se consigan (o no se consigan en la medida prevista) y que además se obtengan resultados que nadie pretendía obtener. Por eso, para caracterizar y valorar cualquier sistema técnico, es importante distinguir entre los objetivos previstos y los resultados realmente obtenidos. Dos centrales nucleares pueden tener los mismos objetivos de producción de energía eléctrica, la misma potencia, etc.; pero serán muy diferentes si una genera residuos radiactivos que se pueden utilizar directamente para producir armamento nuclear y otra no, o si en una se producen escapes radiactivos con más frecuencia que en la otra, etc.

Nuestra definición de sistema técnico constituye una base sólida para la construcción de una teoría de la estructura y la dinámica de la tecnología. En primer lugar, al quedar bien definida la estructura de los sistemas técnicos, se pueden definir con precisión nociones importantes como las de subsistema técnico, variante de tina técnica, adaptación de técnicas a usos alternativos, composición de técnicas, complejidad tecnológica, etc. Además permite establecer clasificaciones sistemáticas de las técnicas y las tecnologías y dar un significado preciso a nociones ambiguas como la distinción entre tecnologías blandas y duras, tecnologías apropiadas, tecnologías alternativas y usos alternativos de una tecnología, como propone Quintanilla (1989). En segundo lugar, la diferenciación entre componentes materiales y sociales (o agentes) permite recoger la complejidad de los sistemas técnicos sin reducirlos a conglomerados opacos o a redes de «actores», en los que se supone que tienen la misma eficacia causal las personas, las palabras, los artefactos y las materias primas, utilizando para ello metáforas antropomórficas, extraídas de la lingüística [Callon (1986). Latour (1987)]. En tercer lugar, la noción de sistema técnico nos permite ubicar el papel del conocimiento técnico y de otros factores culturales, como los valores [Broncano (1997)] en la evolución de las técnicas.

IV. CULTURA TÉCNICA

Utilizaremos aquí la propuesta de Mosterín (1993), según la cual cultura es la información transmitida por aprendizaje social entre animales de la misma especie. Esta información puede ser de tres tipos: representacional (información acerca de las características y propiedades del medio), práctica (información acerca de cómo hay que actuar) y valorativa (información acerca de qué estados de cosas son preferibles, convenientes o valiosos). Como el propio Mosterín señala, esta concepción de la cultura recoge, precisándolo, el contenido esencial del concepto de cultura que se usa en la antropología y la etología científicas. La cultura de un grupo social estará formada por el conjunto de rasgos culturales (representaciones, creencias, reglas y pautas de comportamiento, sistemas de preferencias y valores) presentes en los miembros de ese grupo. Por otra parte, el conjunto de todos los rasgos culturales que constituyen la cultura de un grupo social se pueden clasificar en varias culturas específicas, en función de los contenidos de esos rasgos culturales: puede hablarse así de la cultura religiosa, política, científica, deportiva, empresarial, laboral, académica, etc. Dentro de este marco de ideas, la expresión cultura técnica puede tener dos acepciones. Por un aparte puede referirse al conjunto de técnicas (como conocimientos prácticos) de que dispone un determinado grupo social (la técnica forma parte de la cultura); por otra parte, puede referirse a un conjunto de rasgos culturales (representaciones, reglas y valores) relacionados con las técnicas. Aquí nos atendremos a este segundo sentido, más amplio, de cultura técnica.