

variación y selección dependientes de una diversidad de agentes sociales.

LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LA BICICLETA

Un conocido ejemplo de aplicación de SCOT es el estudio sociológico del desarrollo de la bicicleta durante el siglo XIX (Bijker *et al.*, 1987; Bijker, 1995). Este sencillo artefacto ejemplifica la naturaleza social del cambio tecnológico, un cambio donde la eficiencia y el éxito no están definidos de antemano sino que son el resultado de procesos de interacción social. El sentido común, profundamente influido por la concepción tradicional de la tecnología, nos dice que la historia de la bicicleta es una historia lineal de mejora continua: desde las primeras bicicletas que podían encontrarse en los Campos Elíseos de París a finales del siglo XVIII (poco más que juguetes sin frenos ni sistema de tracción), pasando por las clásicas bicicletas decimonónicas con una exagerada rueda delantera de mediados del siglo XIX (sin cámara de aire y tracción delantera directa, como la *penny farthing* inglesa de los setenta), hasta las versiones rudimentarias de la bicicleta actual de finales del XIX (con ruedas simétricas, cámara de aire y tracción trasera a través de cadena, como la bicicleta Rover de 1885). Es decir, se trata de una historia lineal de mejora acumulativa, aunque cuente con algunos diseños alternativos que acabaron en fracaso. A pesar de esos callejones sin salida, nos dice la visión clásica, los protagonistas de esa historia consiguieron discernir con claridad las mejoras en diseño y construcción. Para ello se limitaron a aplicar el criterio de eficiencia técnica, orientado a satisfacer la demanda social de un medio de transporte sencillo, económico y seguro. Sin embargo, como ejemplifican W. Bijker y T. Pinch en su trabajo, esta historia es una ficción, una reconstrucción retrospectiva: ante un diseño exitoso que se consolida tras un proceso de negociación social, se reescribe lo ocurrido como evolución necesaria, encerrando la historia real en una caja negra. Qué sea un diseño más eficaz, qué sea una auténtica necesidad social o en qué consista una buena bicicleta no eran, al principio de la historia, algo dado; más bien al contrario, eran precisamente algunas de las

cosas que estaban en juego en ese proceso de negociación, un proceso que tiene lugar en el último cuarto del siglo XIX y que implica a una serie de grupos sociales que tratan de hacer valer su propia visión del problema. Entre estos grupos encontramos algunos nítidamente definidos, como los ingenieros y fabricantes de bicicletas, y otros más difusos, como los deportistas de la bicicleta, los anticiclistas o las sufragistas. Lo importante es que cada grupo representa una particular versión de qué sea una buena bicicleta, en función de sus intereses y de sus necesidades. La bicicleta actual no es más que el resultado contingente de ese proceso de negociación y ejercicio de poder que involucró a dichos grupos sociales. Por ejemplo, un elemento técnico tan sencillo como la cámara de aire no constituía claramente una mejora para todos los actores implicados. Para las mujeres sí era una mejora, pues conllevaba una disminución de las vibraciones. Como obviamente lo era para Dunlop y otros fabricantes de cámaras. No era tal mejora, sin embargo, para los deportistas, pues, además de no reconocer la vibración como problema en absoluto, en un principio consideraban más rápidas las llantas sólidas. Y tampoco era una mejora para los ingenieros, que veían la cámara como un añadido engorroso que podía ser sustituido por innovaciones más simples y apropiadas. Como está claro, cada grupo adscribía un significado diferente a la cámara, entendía de un modo distinto el término “eficiencia” o “buena bicicleta”. Otro tanto podríamos decir de las ruedas asimétricas, del tamaño relativo de la rueda delantera, de la localización y diseño del sillín, del sistema de tracción, etc.

El desarrollo tecnológico, en esta concepción, no es un proceso lineal de acumulación de mejoras, sino un proceso multidireccional y cuasievolutivo de variación y selección (“cuasievolutivo” porque, a diferencia de la evolución biológica, la producción de variación no es ciega). Los problemas técnicos no constituyen hechos sólidos sino que admiten cierta flexibilidad interpretativa, con unos límites marcados por la naturaleza de los

BICICLETA 'PENNY FARTHING' DE 1870



ARTISTA: © EDÉN HERRERA.

problemas y las circunstancias físicas donde deben implementarse las diversas soluciones posibles. En un determinado contexto histórico y cultural, distintos actores con diferentes intereses y valores verán un problema de formas alternativas, proponiendo distintas soluciones sobre la base de esos intereses y valores. A continuación, los actores, como en cualquier proceso de negociación política, desplegarán sus mejores armas en el ejercicio de la persuasión y del poder, intentando alinear a los competidores con sus propios intereses y, de este modo, cerrar la flexibilidad interpretativa del problema original (son los *mecanismos de clausura*).

Como resultado de la interacción entre los distintos actores se producirá la clausura y selección final de un determinado diseño. El siguiente paso en la modificación temporal de este diseño reproducirá un nuevo ciclo en dicho esquema de variación y selección. El éxito, en conclusión, no explica por qué tenemos la tecnología que tenemos, puesto que hay distintas formas de entender el éxito y, por tanto, debemos hablar de poder a la hora de explicar qué tecnología vamos a desarrollar y qué problemas tratamos de resolver mediante la misma.

TEORÍA SISTÉMICA

Con bastantes puntos en común con la orientación evolucionista de SCOT, así como con la teoría del actor-red de Bruno Latour (1987, 2005), encontramos en último lugar el enfoque de la teoría sistémica de Thomas P. Hughes (1983, 1989, 2004). Este autor analiza las tecnologías como sistemas con componentes heterogéneos que pueden incluir artefactos físicos (máquinas, estructuras, etc.), organizaciones (empresas de manufactura, agencias del gobierno o entidades financieras), componentes científicos (artículos especializados o programas de investigación), leyes y regulaciones, prácticas económicas, valores y expectativas sociales, e incluso recursos naturales (como una cuenca hidrográfica). Se trata de los que denomina *sistemas sociotécnicos*, puesto que los elementos humanos, como ingenieros, trabajadores, científicos o banqueros son también componentes del sistema.

Con el paso del tiempo, a medida que se van resolviendo los diferentes problemas técnicos, políticos o financieros, los sistemas sociotécnicos adquieren un

estilo y un impulso (*momentum*) que va reduciendo los grados de libertad de los agentes humanos. El estilo viene determinado por las fuerzas culturales que ejercen una influencia sobre el sistema en la sociedad en la que emerge: factores geográficos, decisiones empresariales, restricciones legales, influencias económicas, etc. Tener *momentum* es tener masa, velocidad y una dirección: la masa está configurada por las estructuras y artefactos físicos, aunque también involucra a las personas que aplican sus conocimientos o comprometen sus intereses o recursos en el sistema. A medida que va aumentando su masa, un sistema va cobrando velocidad en cierta dirección determinada por las metas del sistema. Cuando un sistema llega a tener impulso parece manifestar una cierta autonomía, pero es una cualidad que se explica desde un punto de vista social, pues en el mantenimiento de un sistema bien establecido están comprometidos los intereses de una variedad de agentes sociales.

Un elemento central, por tanto, de la teoría de Hughes es su visión de la dinámica de la tecnología en términos del *momentum* tecnológico: la propensión de las tecnologías a adoptar trayectorias prefijadas en momentos determinados de su desarrollo. Al estudiar estos sistemas se presta particular atención a la interrelación entre factores sociales y tecnológicos, dado que el funcionamiento y desarrollo de las tecnologías depende de ambos tipos de factores y de su interacción. En un sistema sociotécnico emergente, el entorno social configura el sistema y define sus características. A medida que el sistema va madurando, también va cobrando impulso al establecer vínculos de interdependencia con diversos parámetros sociales, políticos o tecnológicos. El sistema es cada vez menos receptivo a introducir innovaciones

radicales (técnicas o sociales) o a recibir influencias de su entorno, y se convierte en una fuerza configuradora de ese entorno. De este modo, si bien se produce una influencia recíproca entre la sociedad y las tecnologías, esa influencia va modificándose, perdiendo la simetría con la evolución de los sistemas en el tiempo.

Como muestra, por ejemplo, la evolución del automóvil desde principios del siglo XX, la flexibilidad inicial en cuanto al diseño, usos o fuente de energía (vapor, electricidad, combustión interna) va perdiéndose paulatinamente con la creciente adquisición de impulso por el atrincheramiento del artefacto en la vida personal, la cultura, la economía e incluso la planificación urbana y la geografía de los países. Refleja la influencia histórica del entorno en el que se originó (los primeros automóviles eran semejantes a carruajes), pero ha terminado adquiriendo una dinámica interna configuradora de ese entorno. El automóvil actual no es solo un artefacto físico, es parte de un sistema sociotécnico que incluye estaciones de servicio, talleres de reparación, normas de tráfico, carreteras y autopistas, empresas de manufactura y obras públicas, carteras de acciones, agentes de tráfico, valores culturales, etc. Un sistema como este, del mismo modo que la burocracia, es ya muy difícil de modificar sustancialmente, aunque sigue siempre siendo posible alterar su trayectoria si sus componentes principales son sometidos a una fuerza de cambio suficientemente intensa.

SISTEMAS ELÉCTRICOS

Con el paso del siglo XIX al XX, en un periodo de 50 años, se origina y estabiliza el sistema sociotécnico de la energía eléctrica en Estados Unidos, Alemania y el Reino Unido (Hughes, 1983). Es un sistema que se desarrolla en varias fases: invento y desarrollo, transferencia