



ALBERTO BALDISSERA
*Dpto. de Ciencias Sociales.
Universidad de Turín (Italia).*

Los incidentes Tecnológicos anormales

en la Industria



PODEMOS empezar con dos eventos recientes. El primero es la publicación parcial, el 1 de enero de 1988, por parte de la Oficina de Informes Públicos, del Reino Unido, de los documentos oficiales concernientes al incidente nuclear más grave ocurrido, hasta ahora en los países occidentales. En la fábrica de producción de plutonio para fines militares de Windscale (hoy en día rebautizada como Sellafield) un incendio del combustible nuclear provocó, el 10 de octubre de 1957, la liberación de una cantidad de yoduro y de estroncio radiactivo cerca de seiscientos veces superior a la emitida como consecuencia del incidente ocurrido en el reactor número 2 de la central electronuclear de la isla Three Mile el 28 de marzo de 1979. En noviembre de 1957, el entonces



primer ministro del Reino Unido, Harold Macmillan, prohibió la publicación de la explicación técnica del incidente, debido a que la misma indicaba claramente la responsabilidad operativa y organizativa del personal encargado de la instalación y de las autoridades del Atomic Energy. El fin que se perseguía era el de no deteriorar en modo alguno las relaciones de cooperación atómica con los Estados Unidos.

El segundo acontecimiento es un referéndum local que se llevó a cabo en Toscana (Italia), en los municipios de Massa, Carrara y Montignoso, el 25 de octubre de 1987, y que concernía a cerca de 127.000 ciudadanos. El objeto de la votación era el cierre de dos fábricas químicas, una, propiedad del Anic Agricultura y que formaba parte del grupo Enichem, durante el período en el que estuvo temporalmente cerrada, y la otra, de Farmoplant, del grupo Montedison.

A las dos fábricas químicas se les acusaba de ser fuente de contaminación del ambiente, y durante los últimos años habían sufrido algunos incidentes con relación a las nubes tóxicas de la atmósfera y a la evacuación de la población. A favor del cierre estaban las organizaciones del medio ambiente, que habían propuesto la consulta por referéndum; en contra estaban los sindicatos confederados, los principales partidos políticos (a excepción del PSI) y la curia arzobispal. El resultado fue sorprendente: el 70 por 100 de los votantes se declaró a favor del cierre inmediato de las dos fábricas. Algunos días después, el alcalde de Massa suspendió la licencia de producción de dos pesticidas (el Rogor y el L56) en la fábrica Farmoplant.

Una teoría aceptable sobre los incidentes tecnológicos debería partir de un análisis y de una definición preliminar de los conceptos de máquina, de tecnología, de sistemas de control y de regulación, de usuario, de sistemas hombre-máquina.

Lo demás es crónica de los últimos meses. Montedison decide cerrar la fábrica de Massa y despedir a 387 trabajadores; éstos protestan enérgicamente de varias maneras (entre las cuales se encuentra el bloqueo de carreteras y daños originados a algunos desafortunados ecologistas) y exigen la inmediata reapertura de la fábrica; el tribunal administrativo regional acoge un recurso de Farmoplant contra la decisión del alcalde de Massa y la fábrica se abre de nuevo; los ecologistas organizan acciones colectivas en contra de esta sentencia (enero de 1988).

La contienda de Massa por supuesto que no ha acabado. Ni tampoco lo ha hecho la que se refiere al incendio de 1957 en la fábrica de Windscale. Se harán públicos algunos testimonios de aquel evento sólo al principio del año 2008, basándose en

una decisión reciente del gobierno presidido por la señora Thatcher. Los trabajos de desmantelamiento de las dos plantas atómicas relacionadas con el incendio de 1957 están aún por iniciar, y se necesitarán por lo menos diez años de trabajo antes de que finalicen.

MODELOS DE GESTION DE LAS TECNOLOGIAS COMPLEJAS

¿Cómo interpretar estos dos incidentes? Sólo una descripción fiel de los mismos puede proporcionar una respuesta adecuada a esta pregunta. A falta de ella, podemos arriesgarnos a dar una opinión. Las decisiones del gabinete Macmillan en el año 1957 se recordarán quizá en algún volumen sobre los modelos autoritarios y tecnocráticos de gestión de la tecnología (Dahl, 1987). El segundo caso se ha definido como «ludismo plebiscitario» y otros lo han etiquetado como «reacción emotiva». En mi opinión, el voto de los ciudadanos de los tres municipios toscanos explica, en cambio, un tipo de rechazo consciente de la forma, al menos inadecuada, de las gestiones de las tecnologías complejas, así como la forma aparentemente arcaica de la relación con la opinión pública. Esto confirma, además, el valor de los procedimientos democráticos frente a la *guardianship* tecnocrática de todo tipo.

Si consideramos estos casos en un ámbito más amplio, quizá resulte posible interpretar el notable aumento de la sensibilidad frente a los riesgos industriales como una reacción de la gestión de élite de los sistemas tecnológicos complejos. La negativa a proporcionar información sobre los incidentes, la minimización de las consecuencias posibles o provocadas, la escasa tolerancia de las opiniones diferentes u opuestas (difundidas entre los usuarios y los no usuarios de la tecnología considerada y entre los miembros de diversos estratos sociales) son probablemente incentivos poderosos para el desarrollo de conspiraciones contra la tecnología, del tipo de dramatización exagerada de los incidentes, así como de reivindicaciones fundamentales. Es probable que estas representaciones opuestas a la tecnología se refuercen recíprocamente y que sean la base de fuertes diferenciaciones en la valoración de los riesgos derivados del uso de la tecnología compleja.

Por lo tanto, no es una casualidad que las ciencias sociales hayan investigado intensamente en el trans-

Es posible interpretar el notable aumento de la sensibilidad social frente a los riesgos industriales como una reacción ante la gestión de élite de los sistemas tecnológicos complejos.

curso de los últimos años todos estos problemas. Son numerosos los estudios referentes a las fuentes de variación de la aceptación del riesgo entre diferentes sujetos y grupos sociales (Douglas y Wildavsky, 1983; Douglas, 1985; Duclos, 1987), los diferentes modelos de razón utilizables para solucionar estos problemas, así como las argumentaciones ideológicas utilizadas en los debates a favor y en contra de una u otra tecnología.

En cambio, el análisis de las ulteriores consecuencias, tanto actuales como probables de los graves acontecimientos acaecidos en los últimos años (desde la isla Three Mile a Bophal, México City y Chernobyl, para citar solamente a los más conocidos) han suscitado un escaso interés, al menos en la comunidad europea, así como crecientes intolerancias de amplios sectores de la población de los países industriales y no sólo en relación a los riesgos tecnológicos. Entre estas consecuencias querría indicar al menos una: el profundo cambio en los criterios y en las técnicas de control y la regulación de los primeros. Por otra parte, los sociólogos tampoco le han prestado mucha atención, con la notable excepción a continuación indicada, al problema de los determinantes (y en particular a los determinantes organizativos) de los incidentes en los sistemas tecnológicos utilizados. Probablemente se estime que éste sea un argumento más adecuado para los ingenieros, bomberos, personal de protección civil, ergónomos y psicólogos. Se puede constituir un ulterior freno por el carácter descriptivo o normativo que prevalece en los estudios sobre los incidentes tecnológicos. No pretendo demostrar aquí la relevancia social de los inci-

dentos provocados por el mal funcionamiento o por averías en los sistemas tecnológicos utilizados: desde los medios de transporte de todo tipo a la investigación genética, desde las fábricas químicas a las centrales nucleares. Para esto se bastan los artículos de los periódicos.

Intentaré, en cambio, mostrar cómo el análisis de los factores causantes de estos incidentes puede enriquecerse por el análisis sociológico y cómo los resultados de las investigaciones sobre los sistemas hombre-máquina estimulados por los incidentes tecnológicos plantean un conjunto de problemas de probada relevancia sociológica.

¿INCIDENTES INEVITABLES?

A pesar de que está considerada en un libro voluminoso, la hipótesis

Según Charles Perrow, algunas de las tecnologías de alto riesgo, presentes en las sociedades contemporáneas, están intrínsecamente predispuestas a incidentes de todo tipo.

propuesta por Charles Perrow en la contribución sociológica más importante sobre los incidentes tecnológicos (Perrow, 1984) es bastante sencilla: una nueva clase de sistemas está multiplicándose en las sociedades contemporáneas del primero, segundo y tercer mundo: las tecnologías de alto riesgo. Una avería o un mal funcionamiento pueden provocar daños relevantes a los trabajadores, a las comunidades adyacentes, a personas que se encuentran a distancia considerable del lugar del incidente y a las generaciones futuras.

Algunos de estos sistemas, entre los cuales se encuentran sobre todo, las centrales electronucleares, están, según Perrow, intrínsecamente predispuestos a incidentes de todo tipo. Las razones de esta propensión o vocación al incidente (o mejor a una clase en particular de incidentes) residen en las características esenciales de estos sistemas tecnológicos. Sobre todo en su complejidad interactiva. Se trata de sistemas compuestos por un número elevado de componentes que pueden reaccionar de un modo inesperado e incontrolable. En particular, averías y mal funcionamiento pueden reaccionar entre sí y aumentar de intensidad. Una segunda particularidad importante de estas tecnologías es que los procesos de todo tipo se desarrollan en un período de tiempo bastante reducido. Las averías eventuales, casuales incluso, se propagan, por lo tanto, en períodos de tiempo muy reducidos, de manera que resulta difícil si no imposible su regulación.

La complejidad interactiva y la transmisión incontrolada de las averías son características esenciales de algunas de las tecnologías de ries-



go. De esto se derivan inexorablemente incidentes de todo tipo desde las averías sin importancia hasta los acontecimientos más graves. Perrow etiqueta estos incidentes como «sistemáticos» o «normales»: sistemáticos porque derivan de las características esenciales de estas tecnologías; normales porque son inevitables.

Si la propensión al incidente es intrínseca a un determinado sistema conlleva potenciales consecuencias catastróficas, la conclusión parece obligada: el abandono a tiempo y definitivo de las tecnologías de riesgo y en primer lugar de las instalaciones y de las armas nucleares.

EL JUEGO NO VALE LA PENA

La primera observación crítica que se puede hacer a propósito de los argumentos indicados concierne a su esencia. Para Perrow, la propensión al incidente de algunos sistemas tecnológicos utilizados no es una variable, sino una constante. Su argumentación no está basada en la probabilidad, sino en la determinación. Es el motivo por el cual este autor afirma que son vanas, y en algunos casos contraproducentes, las tentativas de hacer frente a posibles incidentes mediante la adopción de destrezas tecnológicas u organizativas:

«Ni una mayor organización ni las innovaciones tecnológicas parecen capaces de reducir la probabilidad de incidentes sistemáticos en la mayor parte de los sistemas que examinaremos en este libro» (Perrow, 1984, pág. 5).

Podemos volver a formular este problema en el lenguaje de la cibernética. En el lugar de «complejidad interactiva» podemos usar el concepto de «variedad» de las perturbaciones generadas por el funcionamiento de un sistema tecnológico dado; en cambio, sobre el concepto de Perrow de «fuerte acoplamiento» (*tight coupling*), podemos hablar de transmisión de la variedad y de los procesos de ampliación de la variedad, donde existan mecanismos de *feedback* negativo. La expresión «gobierno del sistema» o «mecanismos de seguridad» (*safety devices*) se puede sustituir por los conceptos de control y de regulación.

El problema afrontado por Perrow puede ser reformulado de manera útil en términos de la ley de la variedad necesaria de Ashby (1956): sólo la variedad incorporada en un regulador (humano o mecánico) puede reducir las perturbaciones de todo tipo, capaces de impedir a un cierto siste-



ma la obtención de determinados objetivos. Sólo la variedad puede destruir la variedad.

Es posible medir la variedad en términos de bites de información, así como distinguirla entre instalaciones físicas (IF), sistemas de regulación automática (SRA) y sistemas de regulación hombre-máquina (SRHM) superordenados. La regulación, desde este punto de vista, es la actividad de destrucción de la variedad originada por el funcionamiento de un IF, por la actividad de uno o más de sus componentes o por el ambiente externo de los SRA y de los SRHM. Desde este punto de vista, mucho más complejo que el IF o el ambiente que lo rodea (que pueden generar tantas perturbaciones), el SRA y el SRHM deberán disponer de más información.

La hipótesis de Perrow se puede,

por lo tanto, formular de esta manera: cualquiera que sea la cantidad de variación incorporada en los SRA y en los SRHM, ésta será siempre y en cada caso insuficiente para destruir la variedad generada por determinados IF. Debido a esto, una regulación perfecta sería imposible.

Esta conclusión, inaceptable en la forma propuesta por Perrow, podría ser cierta si se formulara de nuevo en una versión de probabilidades, existe siempre una probabilidad, aunque sea pequeña, de error y de incidentes relacionados con el funcionamiento de cualquier tipo de tecnología, simple o compleja, moderna o primitiva.

Una conclusión de este tipo, formalmente adecuada, no contribuye desafortunadamente en modo alguno a la resolución de los problemas que nos interesan (en primer lugar, redu-

cir la frecuencia de los incidentes, así como la entidad de los riesgos y de las consecuencias a ellos asociados) ni de otros problemas relevantes. Cualquiera que sea la máquina que se utilice, existe siempre una probabilidad de que su uso genere una avería o un mal funcionamiento, a pesar de los *inputs* crecientes de manutención, regulación y control.

El argumento de Perrow sería más interesante si este autor nos presentara una estimación aunque fuera a *grosso modo* de las diversas probabilidades de incidentes en instalaciones físicas diferentes y de cómo podrían modificarse dichas probabilidades como consecuencia de las innovaciones en las instalaciones físicas y en los sistemas de control y de regulación. Desde este punto de vista, no hay duda de que los futuros reactores nucleares intrínsecamente seguros tendrán un grado de fiabilidad netamente superior a los que están actualmente en funcionamiento.

Por otra parte, se puede llegar a la misma conclusión a la que llega Perrow después de casi trescientas páginas (la oportunidad de desmantelar cada central electronuclear) basándose en una argumentación bastante más simple y convincente. A pesar de que se admita que la probabilidad de un incidente sea pequeñísima en una central nuclear dada o en otra instalación de riesgo, las consecuencias de su verificación podrían ser tan nefastas que perjudicarían la vida de enteras poblaciones humanas, de los animales y de las generaciones futuras. Resumiendo, y para utilizar un antiguo refrán italiano: el juego no vale la pena.

INCIDENTES «ANORMALES» E INCIDENTES FAMILIARES: LA EXIGENCIA DE UNA TEORÍA

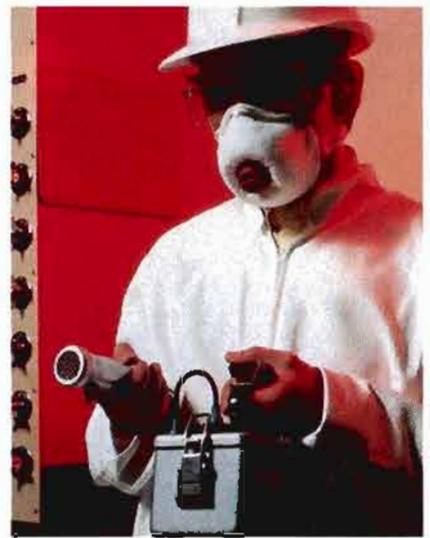
Un incidente tecnológico es un efecto perverso, una consecuencia no prevista y no deseada de la interacción entre un hombre y una máquina o, más frecuentemente, de un conjunto de interacciones entre un grupo de hombres y una pluralidad de máquinas. Una teoría aceptable sobre los incidentes tecnológicos debería, por lo tanto, partir de un análisis y de una definición preliminar de los conceptos de máquina, de tecnología, de sistemas de control y de regulación, de usuario, de sistemas hombre-máquina. De estos fenómenos, una teoría consolidada de los incidentes tecnológicos parece actualmente un fin más que un medio. Abundan las teorías *ad hoc*, las exor-

Una teoría basada en los incidentes tecnológicos no debería circunscribirse solamente a los grandes sistemas tecnológicos complejos, sino también a los sistemas más familiares como los automóviles, el transporte sobre ruedas y los electrodomésticos, debido a la exorbitante cantidad de víctimas que provocan.

Un importante número de incidentes podría reducirse si se contemplaran en la fase de diseño diferentes criterios en las relaciones entre hombre y máquina y entre máquina y ambiente externo.

taciones, los ejercicios normativos y, en el mejor de los casos, las generalizaciones empíricas sobre conjuntos específicos de máquinas o de instalaciones. En cambio, no existe una teoría consolidada, donde una serie de conceptos y de términos de definiciones operativas, de proposiciones y de hipótesis sea capaz de orientar la investigación, de clasificar y ordenar los fenómenos estudiados y, si fuera posible, también de explicarlos y de prevenirlos.

La contribución de Perrow es, desde esta perspectiva, uno de los primeros intentos en esta dirección, un esfuerzo que merece respeto y consideración. Dicha contribución representa, sin embargo, sólo un punto de partida parcial y circunscrito, que necesita una profundización y una integración. Aparte de las consideraciones arriba indicadas, dos parecen las



direcciones a las que dirigir y profundizar la búsqueda. La primera concierne a los incidentes relacionados con la utilización de sistemas tecnológicos relativamente simples y familiares (aunque en la realidad sean complejos y sofisticados), como, por ejemplo, los automóviles. Objeto de la segunda son, en cambio, los que en la terminología de Perrow deberían definirse como incidentes «anormales», no de sistemas: incidentes y catástrofes provocadas por averías y errores previsibles, más o menos anticipables, debidos a la ignorancia, falta de cuidado, negligencia (1).

Estos últimos son con mucho los más frecuentes; sus consecuencias sobre las vidas humanas y sobre los recursos disponibles de todo tipo para diferentes poblaciones son incomparablemente más graves. He considerado algunos de estos problemas en otros trabajos; ahora me limitaré a algunas consideraciones someras y provisionales.

Centro de atención de Perrow son, como hemos visto, los grandes sistemas tecnológicos complejos (sobre todo las centrales nucleares), cuyo mal funcionamiento del sistema puede provocar severos daños en las vidas de sus trabajadores, en las personas que se encuentren cerca y en algunos casos en las generaciones futuras. En cambio, este autor atribuye poca importancia a los incidentes relacionados con la utilización de sistemas tecnológicos más familiares, como los automóviles o más en general los medios de transporte con ruedas, y también a los electrodomésticos instalados en las viviendas. Esta sobrevaloración no presenta por sí misma ninguna originalidad, dado que está aparentemente compartida por la mayoría de los ciudadanos de los países industriales avanzados y

legitimada por la indiferencia o al menos por un interés atenuado de algunos de sus gobiernos (Baldissera, 1988). Sin embargo, está claro que una teoría basada en los incidentes tecnológicos debería también incluir esta segunda clase de eventos, si no otra, debido a la exorbitante cantidad de víctimas que diariamente acarrear. Se trata de decenas de muertos cada año en Europa, el equivalente a la población de una ciudad de tamaño medio o el de un barrio entero de una gran ciudad.

Por lo tanto, merecen una consideración aparte los incidentes «anormales», no de sistemas, en los que incurrir los sistemas tecnológicos de todo tipo. Se trata de situaciones generadas por averías y errores conocidos *ex ante*, de modo que son comprensibles y fácilmente predecibles. Estos constituyen la inmensa mayoría de los incidentes tecnológicos (R. J. Batsone, 1982). Una estimación de los anteriores resulta imposible, también en lo que respecta a las grandes instalaciones de riesgo, como las centrales nucleares, las fábricas petroquímicas, etc., dado que todavía no existe una legislación nacional e internacional adecuada. No existe, en particular, la obligación generalizada de hacer público un informe completo y estandarizado de la dinámica de los eventos anteriores e inmediatamente sucesivos al incidente.

No existe, por ejemplo, un informe oficial del gobierno indio sobre el incidente tecnológico más grave hasta hoy registrado, el de Bophal en el año 1984 (Hazakira, 1987). Tampoco en Italia está aún disponible al público la peritación técnica del incidente ocurrido el 8 de diciembre de 1977 en Brindisi, en una fábrica de Montedison. En mi opinión, se evitó sólo por casualidad una auténtica catástrofe.

Estos incidentes, anormales sólo para Perrow, están provocados generalmente por factores organizativos: falta de aplicación de las normas de seguridad, ausencia o inadecuación de las reglas de gestión o manutención de las instalaciones, proyección inadecuada de los sistemas de control y de regulación de las instalaciones. En una palabra: criterios inadecuados es el proyecto de las relaciones de todo tipo entre hombre y máquina, entre equipos de trabajadores e instalaciones, entre tecnología y organización, entre hombre y hombre mediante máquinas. Un número importante de incidentes se podría reducir drásticamente si se introdujeran diferentes criterios de proyección de las relaciones entre hombre y má-

quina y entre la máquina y el ambiente externo (2).

En otro trabajo (Baldissera, 1986) he intentado describir el surgimiento de esta nueva filosofía de proyección de la tecnología y de las organizaciones. A falta de una expresión más adecuada a ésta se le puede designar provisionalmente como un proceso de progresiva *humanización* de la tecnología. Por un lado, se proyectan máquinas que se parecen al hombre o reproducción alguna de sus funciones y características. Por otro, se tiene especial cuidado con las relaciones de todo tipo entre hombre y máquina, de manera que estas últimas se hagan lo más posible a medida del hombre, o mejor a la del usuario que las utiliza.

Basándose en la primera tendencia se tiene la idea de que el estudio de algunas facultades humanas como la vista, el oído, el lenguaje, el conocimiento, así como los órganos relativos a ellas pueden crear criterios para proyectar máquinas antropomorfas, capaces de ser la réplica, al menos de forma parcial, de una o más actividades humanas. Un segundo aspecto de este proceso de humanización de las máquinas coincide con las expresiones, a menudo repetidas en este trabajo, de proyecto orientado al usuario, de «amistad» del *software* y del *hardware*, así como de las máquinas «a medida del hombre». Estas expresiones, que he utilizado a falta de otras más adecuadas, tienen al menos dos significados que es oportuno mantener separados. Por un la-



do, una máquina puede ser amiga en cuanto que sea compatible con algunas características físicas o psíquicas del usuario. Por otro, puede serlo si es capaz de reaccionar o de comunicarse con la persona que la utiliza. La nueva interacción entre hombre y máquina (y entre hombre y calculadora, en particular) no sólo permite realizar tareas que hace algunos años parecían irrealizables (mediante la simulación de procesos con fines de control y de gestión de control de situaciones y con una evolución rápida de la producción de productos y servicios nuevos), si no que parece estar en situación de estimular modificaciones sociales de importancia relevante.

Notas

(1) Perrow distingue entre *incidents* y *accidents*. Los primeros conllevan la avería de una parte o de una unidad de un sistema determinado, los segundos un daño a los subsistemas o al sistema considerado como entero, daños tales que impidan la erogación de su *output*. Entre los incidentes tecnológicos reales y propios (*accidents*), Perrow distingue los «incidentes conectados con la avería de una parte del sistema» (*component failure accidents*) de los incidentes del sistema. Mientras que los primeros están provocados por la avería de uno o más componentes en una secuencia de espera, los segundos comportan «la interacción inesperada de averías múltiples». La distinción entre estos dos tipos de incidentes no está conectada con su fuente, dado que los dos se inician con una avería en un componente del sistema, pero están presentes una multiplicidad de averías que actúan entre ambos de manera no prevista.

En ésta, como en otras ocasiones, Perrow no distingue con suficiente claridad entre instalación física y ambiente externo, por un lado, y entre sistema de control y regulación, por otro. A veces este autor

sostiene que los incidentes en el sistema están relacionados con las características de la instalación física («creo que el carácter del sistema puede provocar el daño», pág. 66), otras veces se refiere, en cambio, al sistema de regulación, como en el caso de la distinción entre dos tipos de incidentes. El hecho de que de las averías reaccionen de modo no previsto, por ejemplo, no conlleva en todos los casos la imposibilidad de reducir el efecto y de limitar las consecuencias del daño. Por otra parte, un incidente que no provenga del sistema, provocado por la incapacidad de regular eficazmente los procesos de sobra conocidos, puede provocar consecuencias desastrosas, como en los casos de Bophal y de Chernobyl (Baldissera, 1987).

(2) Con respecto a los medios de transporte por carretera, una concesión de este tipo parece la base del programa de investigación denominado PROMETHEUS (acrónimo de Programme for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety), recientemente aprobado dentro del programa EUREKA.