

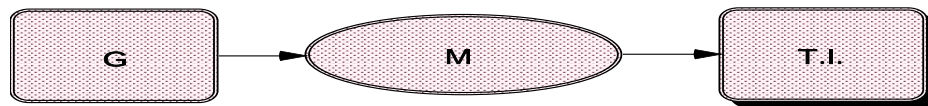
Las tecnologías de la información.

Introducción.
¿Qué son las tecnologías de la información?.
Los procesadores de información.
Vectores de integración.
La complejidad del mundo y la complejidad de las T.I.
Las tecnologías de la información y el modelo H×I×O IO.
Resumen.
Bibliografía.

El conjunto de las tecnologías de la información constituye un gran laberinto de conceptos, técnicas, productos, dispositivos y sistemas. Por consiguiente, su consideración a vista de pájaro, para que no sea trivial, tiene que basarse en un modelo conceptual a la vez amplio y denso.

Aquí se presenta dicho modelo basado en unos procesadores abstractos y tres vectores de integración. Con este modelo inicial puede atacarse la construcción de un enfoque sociotécnico general de las tecnologías de la información y elaborar nuevos modelos, como el de los tres niveles de complejidad, ya visto anteriormente en este texto.

Todo ello configura una imagen, en nuestra opinión bastante potente e integrada, del espectro de las tecnologías.



1. Introducción.

Hasta el momento nos hemos dedicado a sentar las bases teóricas necesarias para comprender la problemática relacionada con la complejidad. Se han analizado con cierta profundidad conceptos como los de sistema, variedad, jerarquía,... y, en general, el tema de la complejidad. Por lo tanto, el lector que haya llegado hasta esta página (y no se haya perdido por el camino) debe estar ya bastante familiarizado con todo el "mundo de lo complejo". Nos encontramos, por lo tanto, en condiciones de abordar el estudio, desde este punto de vista, de los casos prácticos y reales que anticipaba el título de este trabajo.

Pero para ello es preciso todavía introducir un nuevo elemento. En torno a él girará el resto de este trabajo: **las tecnologías de la información**. Antes de hablar de los problemas que plantean, y de los enfoques empleados para solucionarlos, será necesario un cierto estudio previo del término, de lo que engloba, del marco en el que se mueve, y de cómo se relaciona todo ello con el mundo de la complejidad. Es lo que haremos en este capítulo.

2. ¿Qué son las tecnologías de la información?

Lo mejor, naturalmente, será comenzar por el principio. Y el principio de nuestro estudio va a ser la expresión "tecnologías de la información"¹ Aunque es un término cada vez más utilizado, no lo es siempre con el mismo significado. Intentaremos aclarar el sentido con que se usará de aquí en adelante a partir de dos definiciones:

- a. [Sáez Vacas, 1983]: "**Tecnologías de la información son las que se aplican en la adquisición, procesamiento, almacenamiento y diseminación de información vocal, icónica, textual o numérica**"²
- b. [Valle, 1986]: "**Se consideran tecnologías de la información aquéllas cuyo propósito es el manejo y tratamiento de la información, entendida ésta como conjunto de datos, señales o conocimientos, registrados o transportados sobre soportes físicos de muy diversos tipos. Las tecnologías de la información abarcan técnicas, dispositivos y**

¹.- Por abreviar, algunas veces nos referiremos a ellas simplemente como T. I.

².- Continúa un poco más adelante F. Sáez Vacas: "Esta definición es incompleta puesto que deja fuera del discurso un tipo fundamental de información, que propongo incluir, la información sobre el mundo de la materia".

métodos que permiten obtener, transmitir, reproducir, transformar y combinar dichos datos, señales o conocimientos."

El lector, tras una breve reflexión, estará seguramente de acuerdo en que ambas definiciones dibujan un significado muy similar. Y entre las dos, de una forma complementaria más que antagónica, cubren prácticamente el amplio espectro de las T.I. Nosotros, sin embargo, y para fines prácticos, de cara a saber a qué nos referimos en el resto de este trabajo, podemos quedarnos con una idea simplificada, que está contenida directamente en ellas. La idea de que las T.I. son las tecnologías que sirven para procesar, de alguna forma, algún tipo de información. Siendo mucho menos rigurosa que las expuestas en las dos definiciones, esta idea será, con toda seguridad, suficiente para nuestros propósitos. En los apartados siguientes, intentaremos profundizar en unos cuantos aspectos fundamentales que se derivan de esta idea (y también, directamente, de las dos definiciones dadas hace un momento).

3. Los procesadores de información.

Vamos a tratar de construir una clasificación de los procesadores de información (entendidos como máquinas capaces de manipularla de alguna forma). En general, podemos decir³ que cualquier manipulación de la información como si fuera un objeto abstracto consistirá en una combinación de tres básicas: traslación en el tiempo (almacenamiento), traslación en el espacio (transporte) o traslación en la forma (cambio de morfología). Llamaremos **procesador *T***, **procesador *E*** y **procesador *F*** a los procesadores ideales que solo realizan traslación en una de las dimensiones señaladas (respectivamente, tiempo, espacio y forma).

Desde este marco, podemos clasificar fácilmente a cualquier aparato o tecnología que sirva para tratar información. Por ejemplo, el teléfono es principalmente un procesador *E*, que actúa (de cara a los usuarios) sobre la información sin almacenarla ni modificarla (idealmente), sólo transportándola del micrófono al hilo telefónico. Un circuito codificador es un procesador *F*. Y los procesadores *T* por excelencia son las memorias, que conservan la información "congelada" en el espacio y en la forma, desplazándola sólo en el tiempo.

Lo mismo podemos hacer para sistemas más complejos. Aunque generalmente estén compuestos por una combinación de elementos *T*, *E* y *F*, muchas veces su funcionalidad básica, la que percibe el usuario⁴, permite verlos como un procesador simple. Así, la red telefónica se comporta

³.- Como nos indica F. Sáez Vacas. Todo este apartado está tomado de su artículo [Sáez Vacas, 1983].

⁴.- Podríamos decir que adoptamos aquí una visión funcional del sistema. Aunque "por dentro" haya muchos componentes, realizamos abstracción de ellos, y nos fijamos sólo en su "función de transferencias".

idealmente como un procesador E (toma información y la transporta en el espacio), aunque esté compuesto por un gran número de procesadores de todos los tipos⁵.

Hay un sistema de información que no puede caracterizarse mediante un solo tipo de procesador. Es el ordenador. Su funcionamiento consiste a la vez en traslaciones en el tiempo (memoria) y en la forma (proceso de información) controladas por el programa. Es por tanto un ejemplo claro de procesador TF .

Pero no para aquí el asunto. Cada vez más, se tiende a la interconexión de ordenadores mediante redes de transmisión de datos. Unimos a la capacidad de almacenamiento y proceso de la información que provee el ordenador, la traslación en el espacio. Surgen las "redes telemáticas", máximo exponente de lo que suponen las tecnologías de la información, proveen al usuario con un verdadero **procesador TEF** . Se unen así en las T.I. todas las posibilidades de manipulación de información, proporcionando al usuario humano unas herramientas extraordinariamente potentes. Pero, a la vez, y precisamente por su gran potencia y versatilidad, nada fáciles de manejar.

4. Vectores de integración.

Hemos hablado de la funcionalidad de las tecnologías de la información. Hablemos ahora de su estructura. Y para analizarla, para entender el gran desarrollo de los últimos años y la gran problemática que plantean las T.I. en la actualidad, exponemos el modelo de los "**tres vectores de integración**"⁶. La idea central es que el gran impacto que están teniendo estas tecnologías ha sido posible por la confluencia de tres vectores:

- a. El **vector de electrificación**.
- b. El **vector de digitalización**.
- c. El **vector de computadorización**.

Desde luego, estos vectores no sólo confluyen "independientemente", sino que las interrelaciones a las que están sujetos son innumerables. Detengámonos brevemente en cada uno de ellos.

El papel de la electrónica es, hoy por hoy, indudable en el desarrollo de las T.I. Los rápidos avances que ha experimentado ésta han hecho posible la aparición, a un coste económico cada vez menor, de dispositivos más y más potentes con un menor consumo de energía. Al ser baratos, su diseminación y penetración en casi todos los mercados ha sido rápida. Al ser más potentes, permiten cada vez

⁵.- En realidad, el usuario de la red telefónica percibe muchas veces también indeseables efectos debidos a que no es en realidad un procesador E puro, sino que también tiene componentes T (manifiesta en los retardos) y F (distorsiones).

⁶.- Original de F. Sáez Vacas, expuesto ya en [Sáez Vacas, 1983] y completado posteriormente por el autor en explicaciones de clase, artículos y libros.

mejores prestaciones de los aparatos en los que se usan, medidas éstas por su velocidad de proceso, capacidad de memoria o de transmisión, versatilidad, etc.

La digitalización proporciona una cierta uniformización de la información, en el sentido de que, de una forma o de otra, al final todo se va a reducir a una serie de bits (naturalmente, para el caso de la digitalización binaria). Da lo mismo que estemos tratando con imagen, con sonido, con voz o con cotizaciones de bolsa. Podemos por lo tanto aplicar una bases teóricas muy similares, bastante independientes del significado de la señal que estamos manejando. Y además, éste es un soporte especialmente adecuado para tratarlo con medios electrónicos. El efecto de sinergia entre estos dos vectores es aquí fortísimo.

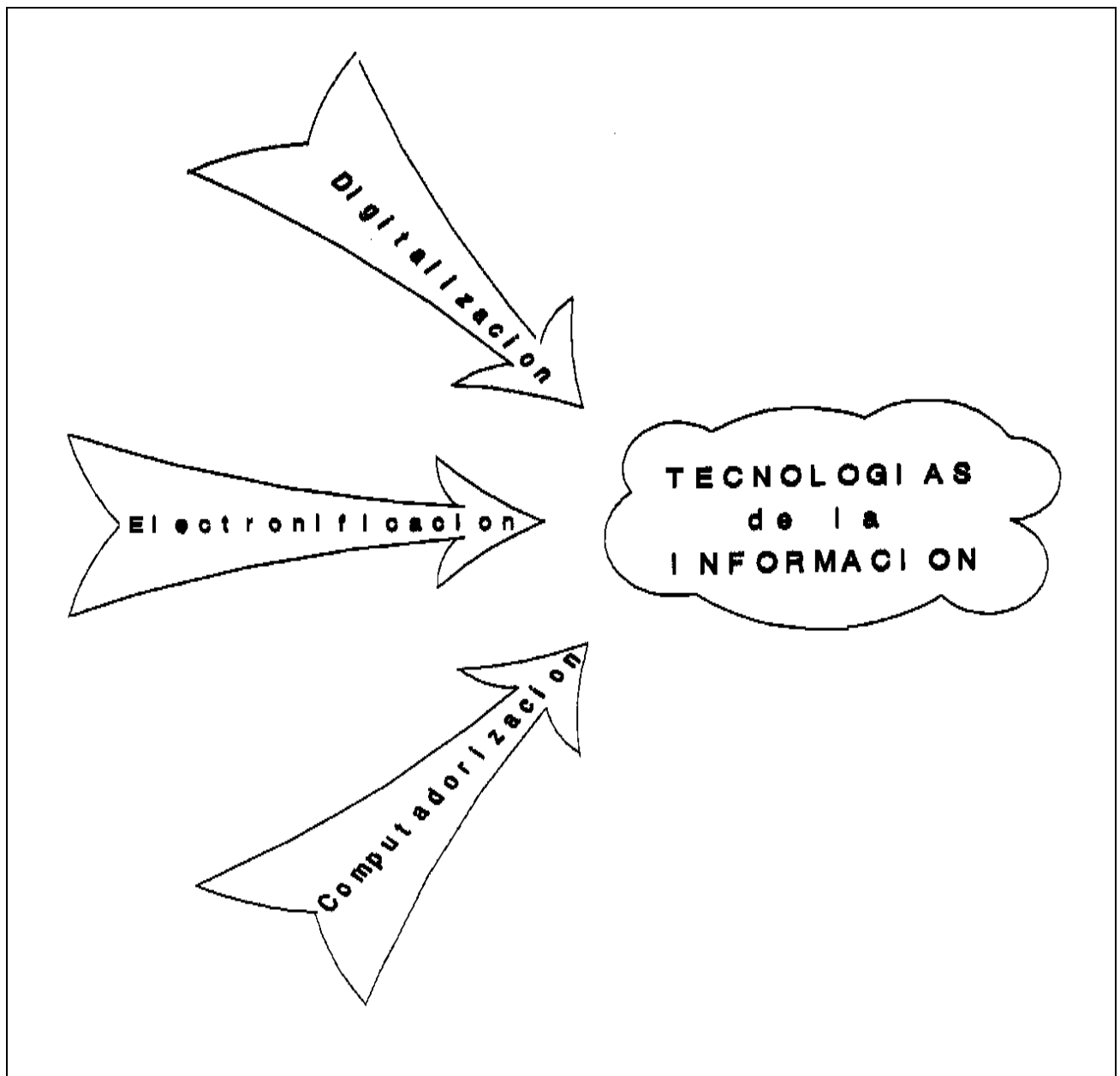


Fig. 1 Los tres vectores de integración de las tecnologías de la información (F. Sáez Vacas, 1983).

Y nos falta el último (y el más importante) de nuestros factores. La aparición del ordenador, su desarrollo y su "democratización" de la mano del microprocesador, ha hecho posible un efecto de bola de nieve en el que hoy día nos hallamos totalmente inmersos. Producto, en cierta forma, de los dos vectores anteriores (ya que el ordenador es a la vez electrónico y digital), ha servido para relanzarlos hasta cotas insospechadas. Por ejemplo, el rápido desarrollo de la microelectrónica no sería posible sin la ayuda de potentes sistemas informáticos de ayuda al diseño⁷. Y la aplicación de ciertos algoritmos de tratamiento de la señal (que permiten manejar eficientemente información digital) es sencillamente imposible sin el uso de microprocesadores.

El que las T.I. sólo dependan básicamente de la confluencia de estos tres factores facilita la integración y la interconexión de elementos apoyados en ellas. Como todos tienen soportes materiales similares (electrónica, señales digitales, ordenadores), pueden combinarse con facilidad. Desde el modelo TEF, esto permite un espectacular crecimiento de las posibilidades de combinación entre procesadores del tipo que sea para crear otros más complejos (y cada vez más "inteligentes"). Así crece también el conjunto de funciones generadas por la tecnología, al tiempo que los métodos que utilizan tienden a la normalización⁸.

5. La complejidad del mundo y la complejidad de las T.I.

Toda esta evolución nos lleva, sin duda, hacia unos medios tecnológicos más potentes, más eficaces, más versátiles, pero también más complicados, más difíciles de entender en sus muchas interrelaciones, más difíciles de controlar. Y aún hemos de introducir en el sistema tecnológico al ser humano, como usuario final de las T.I., y analizar sus relaciones con ellas, los problemas de la interacción hombre-máquina, las consecuencias sociales de esta interacción... Todo se va haciendo cada vez más complejo.

Pero a la vez hemos de considerar que nos movemos también en un mundo complejo, como ya hemos ido viendo en los capítulos precedentes. Si introducimos este nuevo factor, podría quedarnos un esquema conceptual como el de la figura 2, un bosquejo de distintas relaciones entre la

7.- "... es inimaginable pensar los resultados actuales [en microelectrónica] sin el apoyo de unas máquinas, ordenadores, etc., cuya existencia es fruto de desarrollos microelectrónicos anteriores que, a su vez, se apoyaban en otras máquinas propiciadas por otros resultados previos, y así sucesivamente"(tomado de [Valle, 1986], pág.. 92-93).

8.- El efecto de la confluencia de los tres vectores mencionados y de la combinación de procesadores TEF puede apreciarse en todos los elementos que componen el ancho mundo de las tecnologías de la información. Las redes telefónicas se van llenando de ordenadores que hacen la función de central telefónica, a la vez que la voz se digitaliza cada vez en más enlaces. Aparecen y se desarrollan las redes de conmutación de paquetes, fruto de una estrecha colaboración entre electrónica, informática y ordenadores. Los aparatos telefónicos avanzan hacia una configuración como terminales genéricos que permitan el almacenamiento y el proceso de datos de todo tipo...

complejidad del mundo, la complejidad de las tecnologías de la información y la aplicación de estas tecnologías⁹ A continuación, exponemos brevemente las principales características de estas relaciones:

- a. **Impacto de la complejidad de las T.I. sobre la complejidad del mundo.** Está claro que la aplicación de nuevas tecnologías tiene un impacto notable sobre la sociedad. De una forma general, producen nuevas interrelaciones, profundizan el conocimiento, crean desequilibrios, favorecen ciertos procesos, de forma que aumentan la complejidad del mundo con que tratamos.
- b. **Necesidad del estudio de la complejidad del mundo antes de pasar a la aplicación de la T.I.** Naturalmente, la complejidad de la sociedad, del mundo que nos rodea, de las instituciones que en él nos encontramos condicionan la aplicación que se pueda hacer de las T.I. Es preciso conocer bien las características de esta complejidad para que los efectos conseguidos al aplicar T.I. sean los deseados.
- c. **Necesidad del estudio de la complejidad de las T.I. antes de aplicarlas.** Esta relación hace referencia directa a la complejidad de las T.I. "por sí mismas", que como vamos viendo, es muy grande. Es preciso conocerla en profundidad para ser capaces de aplicarlas con efectividad.

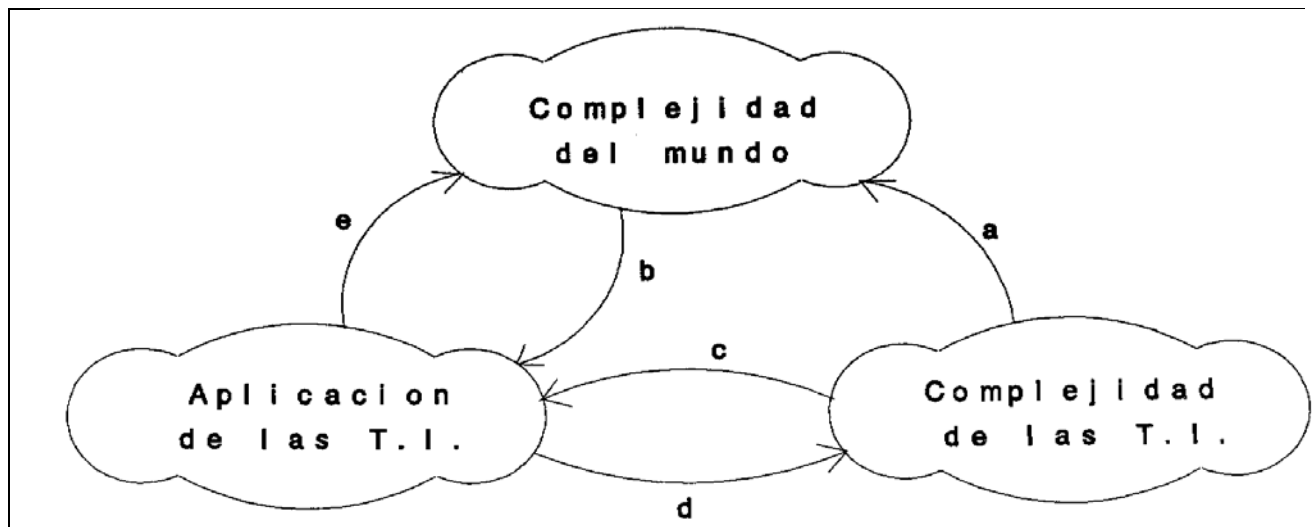


Figura 2 Relaciones de complejidad al introducir las T.I. en un marco humano [Sáez Vacas, 1987].

- d. **Influencia de la aplicación de las T.I. en su misma complejidad.** La aplicación de las T.I. puede complicar considerablemente la propia dinámica de las T.I. Será necesario que, a la hora de diseñar las propias tecnologías, tengamos una idea clara de cómo van a ser usadas, para intentar que esta influencia nos lleve por el contrario a una cierta simplificación. Por ejemplo, el desarrollo de mejores interfaces hombre-máquina hará sin duda que la complejidad que perciba un usuario de las T.I. sea mucho menor.

⁹- Tanto el esquema de la figura 2 como la discusión que de él se hace están tomados del artículo [Sáez Vacas, 1990].

- e. **Papel de la aplicación de las T.I. en el manejo de la complejidad del mundo.** Las tecnologías de la información pueden ayudarnos a manejar la creciente complejidad del mundo. Pero para ello hemos de utilizarlas adecuadamente, pues también pueden producir el efecto contrario. Pensemos en la introducción de un sistema informático como ayuda a un equipo de toma de decisiones¹⁰ El sistema puede ser diseñado de forma que tome una gran cantidad de datos de la realidad sobre la que hay que decidir, procese esta información, y dé soporte al equipo exponiendo los pros y los contras de las distintas decisiones a tomar (mediante simulaciones, análisis estadísticos, etc.). De esta forma funcionaría como filtro de la variedad, presentando a los seres humanos algo de menos complejidad, con la menor pérdida de información posible. Pero, ¡ojo!, también podría ocurrir que el sistema estuviese mal diseñado y proporcionase únicamente inmensos listados (eso sí, muy actualizados y detallados), que el grupo simplemente no podría abarcar. En ese caso, aumentaría aún más la complejidad del mundo que perciben los encargados de la toma de decisiones, hasta tal punto que no pudieran absorber tanta variedad. Desgraciadamente, esta situación no es puramente ficticia.

Estas mismas relaciones pueden contemplarse a la luz del **modelo de los tres niveles de complejidad** propuesto por F. Sáez Vacas. Mientras que los sistemas que utilizan T.I., tomados aisladamente, pueden incluirse en el segundo nivel (complejidad sistémica), al introducirlos en la sociedad pasamos a estar ante un problema englobable en el tercer nivel (complejidad antropotécnica). Y en este nivel, como ya hemos estudiado, emergen nuevas propiedades y relaciones, con la problemática de la relación hombre-máquina en lugar destacado. Las relaciones que se han visto esquematizadas en la figura 2 ejemplifican muy bien la nueva problemática.

6. Las tecnologías de la información y el modelo $H \times I \times O = IO$.

Podemos enfocar el estudio de las T.I. que hemos realizado en estas páginas desde el **marco $H \times I \times O \rightarrow IO$** de Sáez Vacas. Analicemos cada uno de los elementos que lo componen, para el caso particular de las T.I.:

- a. El **objeto**. Como tal consideraremos, de una forma global, a las tecnologías de la información en su conjunto.
- b. El **observador**. En principio, puede ser cualquier persona interesada en obtener una visión de las tendencias de las T.I., y sus relaciones con la sociedad. Sólo serán requisitos necesarios el tener una cierta preparación que permita entender al menos los rudimentos de los problemas de complejidad¹¹, y algunos conocimientos puramente técnicos que son precisos en el campo de las T.I.

¹⁰.- Este ejemplo está inspirado en uno similar propuesto en [Beer,1974].

¹¹.- El haber entendido lo tratado en los primeros capítulos de este trabajo asegura al lector, en cierta medida, que dispone de esta preparación.

- c. La **interfaz**. Se han utilizado simultáneamente dos modelos conceptuales: el de los tres vectores de integración (producto de una observación histórico-empírica) y el de los procesadores abstractos *TEF*.
- d. La **imagen del objeto**. Como resultado del proceso de modelación, obtenemos una visión de las T.I. donde destacan dos aspectos, fuertemente interrelacionados. Por un lado, destaca la presencia de un entrelazamiento de procesadores cada vez más grande y complejo. Las posibilidades de combinación de elementos *TEF* produce esta "explosión". Por otro, un conjunto cada vez más reducido y potente de técnicas de diseño, construcción y gestión de las T.I. (como fruto directo de la integración de los tres vectores ya discutidos).

La imagen que hemos obtenido, trasladada al entorno social donde se insertan las T.I. (según la implicaciones que se han deducido del esquema de la figura 2) nos lleva a otras necesidades. Entre ellas, cabe destacar las técnicas cibernéticas y las que proporciona la visión sistémica del entorno. También aparecerán nuevos modelos consistentes con este nuevo planteamiento donde el objeto de interés son las T.I. en la sociedad. Entre ellos cabe destacar el ya expuesto modelo de tres niveles de Sáez Vacas.

7. Resumen.

Por fin hemos llegado al objetivo central de nuestro estudio: las tecnologías de la información. En los próximos capítulos estudiaremos en detalle casos concretos de aplicación de estudios de complejidad sobre diferentes parcelas. Pero para comenzar, y hacerlo de una forma rigurosa, nada mejor que unas **definiciones** que centren el campo de estudio.

Después de proponerlas, y analizarlas brevemente, se expone el **modelo de los procesadores TEF**, que proporciona un marco adecuado para comprender las características principales de las T.I., y sus consecuencias. Y además, nos va dejando entrever ya el alto grado de complejidad con el que en ellas nos encontraremos.

Por último, se ha puesto de manifiesto la problemática surgida de la **integración de las T.I. con el entramado social**. No podemos verlas como sistemas aislados, sino que nos vemos obligados a considerar también las interacciones con los seres humanos que, al final, van a disfrutar (o padecer) sus efectos. De aquí emerge un nuevo "tipo" de complejidad, precisamente la contemplada en el tercero de los tres niveles del modelo propuesto por Sáez Vacas.

Bibliografía.

Dividida en dos partes. En primer lugar, Notas Bibliográficas, donde se describen los trabajos consultados más relevantes sobre el tema. Después, Referencias Bibliográficas, donde pueden encontrarse todas las citas utilizadas en el capítulo.

Notas bibliográficas.

El artículo [Sáez Vacas, 1983] está dirigido a un público técnico no especializado. Tiene carácter divulgativo, aunque conceptualmente es muy denso. Constituye la base inicial de este capítulo y en él puede encontrarse muy útilmente un razonamiento completo de lo aquí expuesto.

[Valle, 1986] es un texto que hace un repaso, desde un punto de vista similar al de Sáez Vacas (aunque quizás menos estructurado) al mundo de las tecnologías de la información. Es especialmente aconsejable para el lector que desee tener una amplia panorámica del mismo.

En [Sáez Vacas, 1987] se estudian las relaciones entre las tecnologías de la información, la complejidad y el mundo. De este artículo están tomadas las ideas que se han expuesto sobre este particular en el presente capítulo.

Referencias Bibliográficas.

Beer, S. (1974): **Designing Freedom**, Wiley & Sons, Londres.

Sáez Vacas, F. (1983): "Las tecnologías de la tercera revolución de la información", **Mundo electrónico**, núm.183, pág.133-141.

Sáez Vacas, F. (1987): "Towards a conceptual remodeling of information technologies based on a broad consideration of complexity", comunicación en el **31st Annual Meeting of the International Society for General Systems Research**, Budapest, 1-5 de junio de 1987.

Sáez Vacas, F. (1990): "A complexity architecture for information technologies: a three years didactic experiment", **Systems Practice**, vol.3, núm.1, pág.81-96.

Valle, R., Ros, F., Barberá, J. y Gamella, M. (departamento de promoción tecnológica de FUNDESCO) (1986): "Tecnologías de la información: electrónica, informática y telecomunicaciones", editado en **Notas del curso "Fundamentos y función de la ingeniería"**, ETSI Telecomunicación, Madrid (tomado del libro **Los países industrializados ante las nuevas tecnologías**, FUNDESCO).