

A pesar de la utilización cada vez más generalizada de los ordenadores en todos los aspectos de la actividad humana, los fabricantes de estas máquinas no han conseguido que las relaciones entre ellas y las personas que las deben utilizar sean fáciles.

Existen tres aspectos de los ordenadores que proponen tres tipos de relación que deben resolverse:

- La facilidad de **uso del ordenador** como herramienta de trabajo.(1)

- La facilidad de **programación del ordenador** para nuevas aplicaciones y modificación de las existentes.

- La facilidad de **adaptación del hardware del ordenador** a cualquier tipo de aplicación.



Rafael Sala Claveras. *Estudios de Economía en la Facultad de Ciencias Políticas Económicas y Sociales de la Universidad de Barcelona. Socio Fundador de Intersoftware S.A. y Prosoftware S.A. Actualmente trabaja en Aplicaciones de Inteligencia Artificial S.A. de la que es socio fundador.*

Interficie hombre-máquina

Texto: Rafael Sala Claveras

Para explicar por qué existen estas dificultades en la relación hombre-ordenador es preciso remontarse al nacimiento de los ordenadores y analizar las peculiaridades personales del hombre que teorizó de manera clarividente la creación de estas máquinas.

Alan Turing(2) a mediados de Abril de 1936 entregó el borrador de "On Computable Numbers, with an application to the Entscheidungsproblem" a Max Newman, la única persona en aquel momento en Cambridge con un conocimiento profundo de la lógica matemática moderna después que Bertrand Russell dejara esta ciudad. Wittgenstein se concentrara en otras direcciones, Harry Norton enloqueciera y Frank Ramsey hubiera muerto en 1930.

En este papel Turing se había enfrentado a la última pregunta de las tres en las que David Hilbert había resumido su búsqueda de cuáles eran las limitaciones de un sistema como el que se explicaba en los principios Matemática de Russell y Frege. Qué es lo que podía probar y qué es lo que no podía probar dentro de este sistema.

Las preguntas de Hilbert eran muy concretas tal como las formuló en un congreso que tuvo lugar en Cambridge en 1928.

La primera: ¿Eran las matemáticas **completas** en el sentido técnico de que cada afirmación (por ejemplo la de que "cada entero es la suma de cuatro cuadrados") podía ser probada o rechazada?

La segunda: ¿Eran las matemáticas **consistentes** en el sentido de que una afirmación " $2 + 2 = 5$ " no se podía obtener con una cadena válida de pasos?

La tercera: ¿Eran las matemáticas **decidibles** en el sentido de que existe un método definitivo que en principio podía ser aplicado a cualquier aserción y que ga-

rantizaba la producción de una decisión correcta si tal aserción inicial era verdadera?

Hilbert apostaba por el si a las tres preguntas. Kurt Gödel, matemático checo, demostró que la respuesta a las dos primeras preguntas era no. No podría probarse que la Aritmética fuera consistente, y ciertamente no podía ser consistente y completa.(3)

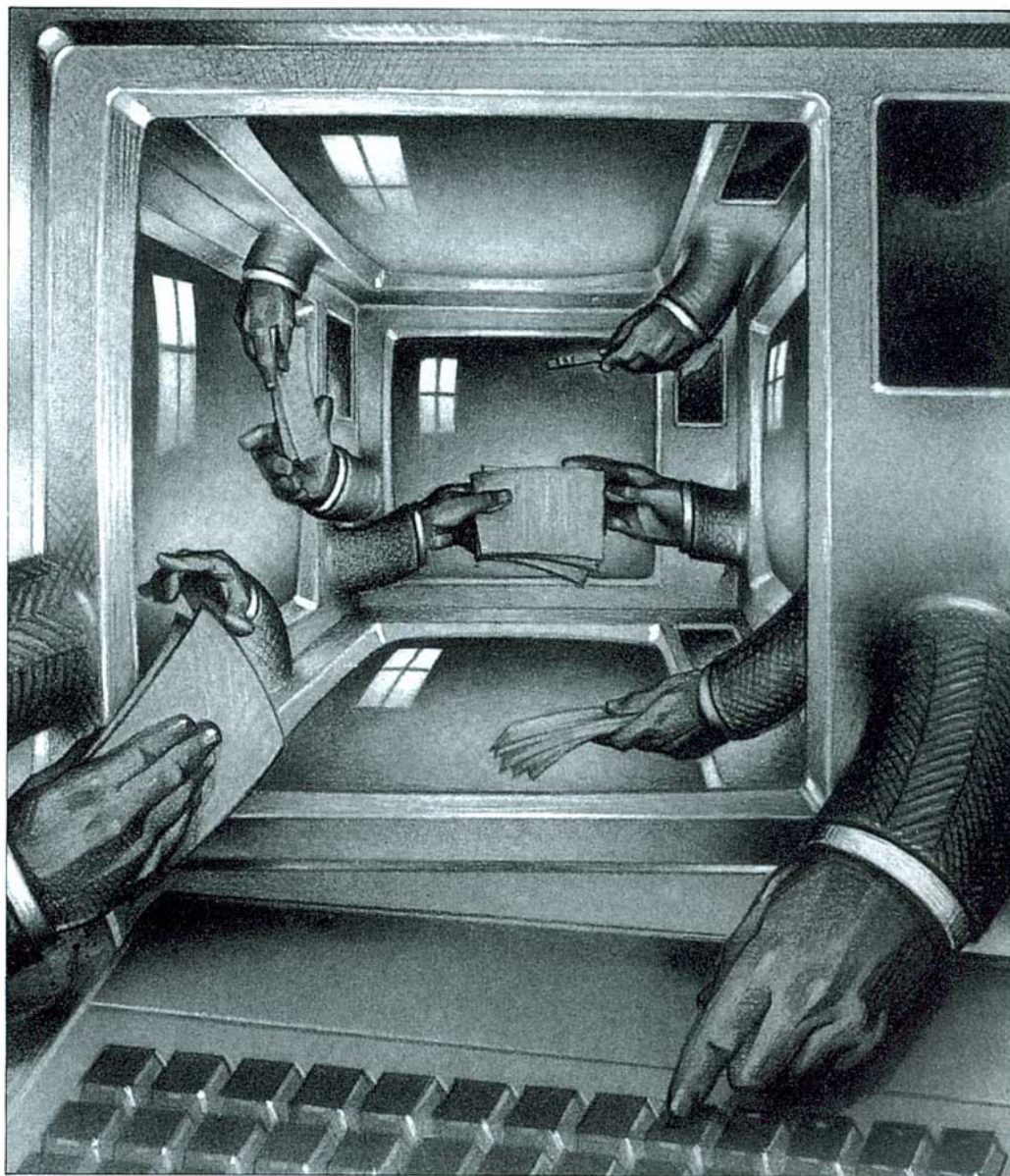
Para responder a la tercera pregunta, Alan Turing se fijó como meta el diseño de un proceso mecánico que pudiera "leer" una aserción matemática y trabajar con ella hasta llegar al veredicto de si era demostrable o no. La característica verdaderamente importante era que esta máquina tenía que funcionar sin ninguna intervención humana. La máquina trabajaría sobre una cinta de papel dividida en cuadros y cuya longitud sería infinita.

Podía describirse previamente el comportamiento de la máquina en cualquier eventualidad, gracias a su "mecanicidad". Es decir su respuesta a cualquier acción del operador actual de la máquina, lo que Alan Turing llamó la **configuración** actual de la misma.

Así por ejemplo una máquina de escribir tenía una **configuración** mayúsculas y una de minúsculas.

Alan Turing elaboró el concepto de forma más general y abstracta. Consideraría máquinas que pudieran estar en un momento dado en una de un número finito de "configuraciones". Por tanto si sólo tenemos un número finito de cosas que pueden realizarse con la máquina podemos obtener una descripción completa del "comportamiento" de la misma una vez por todas de una manera finita. Una "Tabla de comportamiento" de tamaño finito.

Cualquier máquina automática trabajaría sin ninguna intervención exterior, "leyendo" y "escribiendo".



“moviéndose” desde y hacia, de acuerdo con la manera en que fuera construida. En cada paso su “comportamiento” estaría completamente determinado por la configuración en la que estuviera y el símbolo que acabara de “leer”. Concretamente, la construcción de la máquina determinaría, para cada combinación de configuración y símbolo “leído”:

- Si debía escribir un nuevo (específico) símbolo en un cuadrado vacío, dejar el símbolo existente sin mo-

“
Turing había
creado una
conexión entre
los símbolos
abstractos y
el mundo físico.”

dificarlo o borrarlo y dejar un cuadrado vacío de la cinta.

- Si se quedaba en la misma configuración o cambiaba a otra (específica).

- Si iba al cuadrado de la izquierda, al de la derecha o se quedaba en la misma posición.

Cada una de las tablas posibles definiría una máquina con un tipo de comportamiento distinto. Existiría una cantidad infinita de tablas posibles que se corresponderían a infinitas máqui-

nas posibles. Turing había convertido la inconcreta idea de conseguir un “método definido” o “un proceso mecánico” para contestar a la tercera pregunta de Hilbert en algo muy concreto: una tabla de comportamiento. Ahora podía concentrarse en responder a la pregunta: ¿Existía alguna de estas máquinas, una de estas tablas, que pudiera producir la decisión que Hilbert esperaba?

A través de la noción de números computables (cualquier número real que pudiera ser calculado mediante una regla definida), ordenados de acuerdo con la complejidad de su cálculo, demostró que no podía existir un método definitivo para resolver todas las preguntas matemáticas.

Alan Turing, estimulado por el problema de la decidibilidad de Hilbert, no sólo lo había resuelto, sino también había creado un puente, una conexión entre los símbolos abstractos y el mundo físico a través de lo que se vendría a llamar Máquinas Turing. Había probado que no existía una máquina milagrosa que pudiera solucionar todos los problemas matemáticos, pero durante el desarrollo había descubierto algo igualmente milagroso: la idea de una máquina universal que pudiera realizar el trabajo de cualquier máquina. Además había argumentado que el trabajo realizado por cualquier “computador” humano podía ser realizado por una máquina.

El punto de vista de Turing respecto a un modelo relevante del proceso que denominamos “pensar” era “una máquina de control discreto”. Pero por desgracia:

“El método de la Ciencia es el método del conocimiento normal, es el de la limitación o el del desconocimiento actual. Enfrentada a la unidad sin fronteras de la Naturaleza sólo podemos abarcarla en el pensamiento seleccionando ciertos deta-

lles y aislándolos (consciente o inconscientemente) del resto".(4)

Si, incluso como el mismo Turing insinuaba en sus escritos, el conocimiento y la inteligencia en los seres humanos derivan de la interacción con el mundo, entonces el conocimiento se guarda en el cerebro de alguna forma que depende de la naturaleza de esta interacción. La estructura del cerebro debe conectar las palabras que guarda, con las ocasiones en que deben utilizarse, y con las reacciones (dolor, rabia, etc.) asociadas con ellos. ¿Podemos guardar palabras para ser usadas inteligentemente dentro de una máquina de estados discretos que sea modelo del cerebro, a no ser que este modelo esté equipado también con los sensores, el aparato motor y sus periféricas químicas? ¿Existe inteligencia sin vida? ¿Existe pensamiento sin comunicación? ¿Existe lenguaje sin vivencias? ¿Existe razonamiento sin experiencia?

Estas eran las preguntas que engendraba la afirmación de Turing de modelar el pensamiento a través de una máquina de estados discretos. Para razonar el ajedrez, las matemáticas y para cualquier tipo de solución de problemas puramente simbólicos existían serias razones para estar a favor de su argumentación. Pero extenderlo al dominio de toda la comunicación humana era una cuestión que no estaba correctamente enfocada y evidentemente seguía sin resolverse.

Turing escogió inevitablemente el aspecto que reflejaba mejor su trayectoria y experiencias. Como matemático, le importaba el mundo simbólico. Además, la escuela **formalista** de las matemáticas, que le ayudó tanto al inicio de su carrera, enfocaba las matemáticas como si fuera un juego de ajedrez, sin cuestionarse su relación con el mundo real. Podríamos afirmar, de hecho, que la clase de com-



“
*La escuela
formalista no
cuestionaba la
relación de las
matemáticas con
el mundo real.*”

portamiento descrito para la máquina, un comportamiento independiente de la acción, representaba mejor la posibilidad de **soñar** que la de **pensar**.

La máquina de estados discretos, que se comunicaba con el mundo exterior a través de la impresora, era el ideal de su propia vida: sólo en una habitación, pensando en el mundo mediante argumentos racionales.

Su insistencia en un materialismo sin concesiones estaba motivada por la obsesión de salvar la verdad de cualquier mancha debido a ideas “emocionales” sobre la inteligencia y la conciencia. Pero esto fue la causa que apartara de su camino cuestiones fundamentales sobre la inteligencia, la comunicación, el lenguaje... cuestiones que surgen debido a que la existencia del pensamiento ocurre en un entorno social humano.

La mayoría del trabajo

que se realiza en el mundo es de naturaleza no matemática. Sólo un pequeño segmento de la actividad tiene en su interior el tipo de fórmulas que vemos en ingeniería y física. Incluso en ciencias casi “puras” como la química, los razonamientos se realizan por inferencia y no mediante el cálculo. Podemos afirmar lo mismo para la biología, la mayor parte de la medicina y todo lo relacionado con el Derecho.

La gerencia de los negocios necesita en la mayoría de las situaciones de la inferencia simbólica pero no del cálculo matemático.(5)

En resumen, casi todo el proceso de pensar que realizan los profesionales lo hacen razonando, no calculando.

Los ordenadores del futuro deberán responder a las necesidades en cualquier aspecto de la actividad humana en lo que se refiere al manejo y proceso de la información necesaria para su actividad.

Estas máquinas deberán poseer:

“Más inteligencia y facilidad de uso para que puedan ayudar mejor al hombre. (...) Son de particular importancia las mejoras de los sistemas de entrada y salida que sirven de interficie entre el hombre y la máquina para aumentar la facilidad de uso.

Concretamente, debido a que los computadores actuales están muy limitados en sus funciones de entrada y salida, es absolutamente necesario dotarlos con la capacidad de realizar estas tareas a través de la voz, gráficos, imágenes, documentos y con los medios que utiliza habitualmente el hombre en su vida diaria”(6)

Al comienzo de este artículo señalábamos los tres aspectos que deben solucionarse para que los ordenadores puedan ser utilizados con gran facilidad.

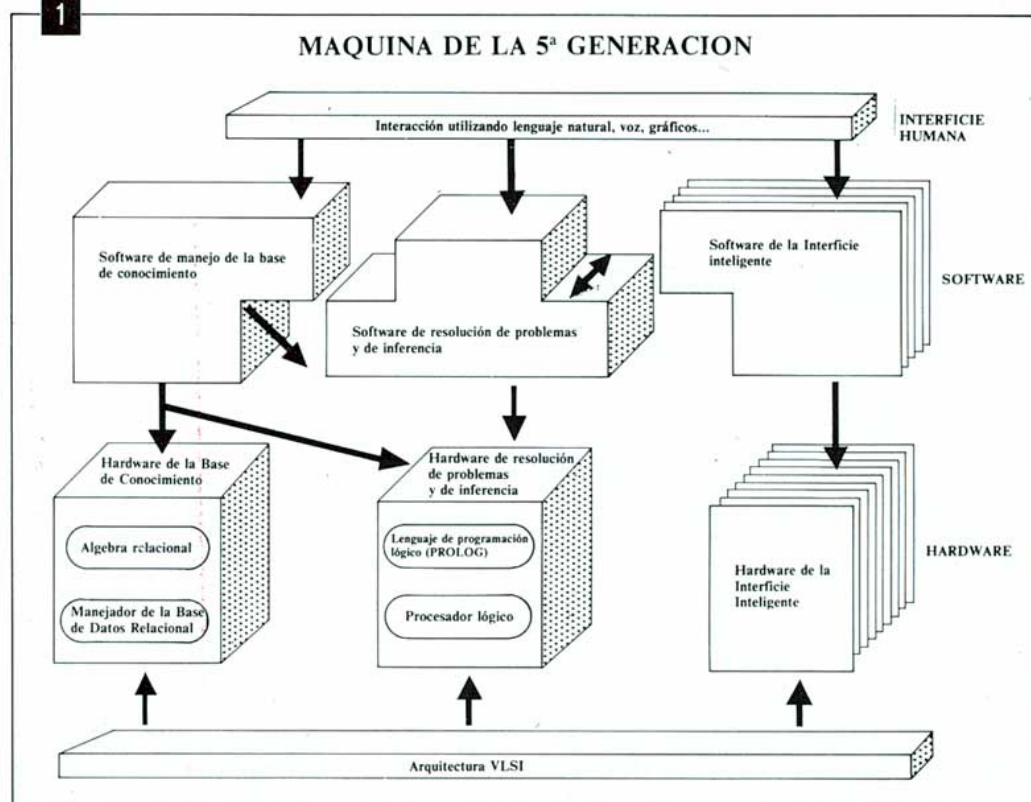
El único aspecto que creemos ha sido solucionado en parte es la facilidad de uso del ordenador como ins-

trumento de trabajo. La solución ha venido a través de la utilización de lenguajes orientados a objetos (Object Oriented Languages) que se desarrollaron durante los años 70 y de los cuales el SMALLTALK es su representante más conocido. El paradigma actual de ordenador que utiliza las ventajas de este lenguaje es el Macintosh fabricado por Apple. Los ensayos que se habían realizado hasta la aparición en 1984 del Macintosh (la estación de 8070 de Xerox, compañía que desarrolló el lenguaje o el Lisa de la misma Apple) fracasaron, debido fundamentalmente al precio de venta de estas máquinas.

Los dos aspectos restantes distan mucho de estar solucionados o incluso resueltos teóricamente. Los problemas fundamentales con los que se enfrenta la industria para resolverlos son extraordinariamente complicados.

Debe transformar a los "computadores", máquinas pensadas esencialmente para contar y calcular, en máquinas capaces de procesar información a través del conocimiento o de crear este conocimiento a través de la información (aprender automáticamente). Es por ello que el proyecto japonés de la Quinta Generación denomina a las máquinas que esperan conseguir KIPS (Knowledge Information Processors).

Y el problema no ha sido, como Feigenbaum afirma(7), que la denominación "computador" se emplea de forma que nos confunde. Creemos que esta denominación es exactamente la que se merecen las máquinas actuales. Cuando los japoneses cambian la denominación lo hacen al mismo tiempo que cambian el concepto fundamental de la máquina. El problema no estriba en fabricar un software más sofisticado. El problema es el diseño de una nueva máquina que llevará incorporadas tantas nove-



dades que será completamente distinta a las actuales. La máquina de la Quinta Generación según los japoneses, puede representarse de la siguiente forma de acuerdo con las funciones que llevará incorporadas (Cuadro 1).

Hemos subrayado los aspectos que más afectan al contenido de este artículo: Software de la Interficie Inteligente y el Hardware de la Interficie Inteligente. Las dos áreas que configuran las interfaces inteligentes —la capacidad de las máquinas para oír, ver, comprender y responder a los usuarios— "requerirán un gran esfuerzo de investigación y desarrollo en el proceso del lenguaje natural, en la comprensión del lenguaje hablado y en la comprensión de las imágenes y gráficos. Todos estos campos han sido los objetivos principales desde el comienzo de la investigación en Inteligencia Artificial hace más de 25 años y la investigación básica en los mismos ha adelan-

tado razonablemente. De todos modos "el estado actual de la investigación está muy atrasado comparado con lo que desean los Japoneses".(8)

Feigenbaum era optimista respecto a la calidad de la investigación ya realizada en Inteligencia Artificial y que podía ser utilizada como base para la construcción de ordenadores con un interficie inteligente. Pero desde el año 1984 en el que se editó su libro sobre la Quinta Generación, las cosas han empezado a evolucionar de un modo distinto en el dominio de la investigación básica. Mientras como espectadores asistíamos al crecimiento del interés de los usuarios finales, individuos o empresas, en los temas relacionados con la Inteligencia Artificial (Sistemas Expertos, Traducción automática etc.), como protagonistas nos encontrábamos con que las herramientas diseñadas o las teorías al uso eran insuficientes para intentar realizar el sueño de un orde-

“
Feigenbaum
afirma que la
denominación
"computador"
se emplea
de forma que
nos confunde.
”

nador con una interficie inteligente.

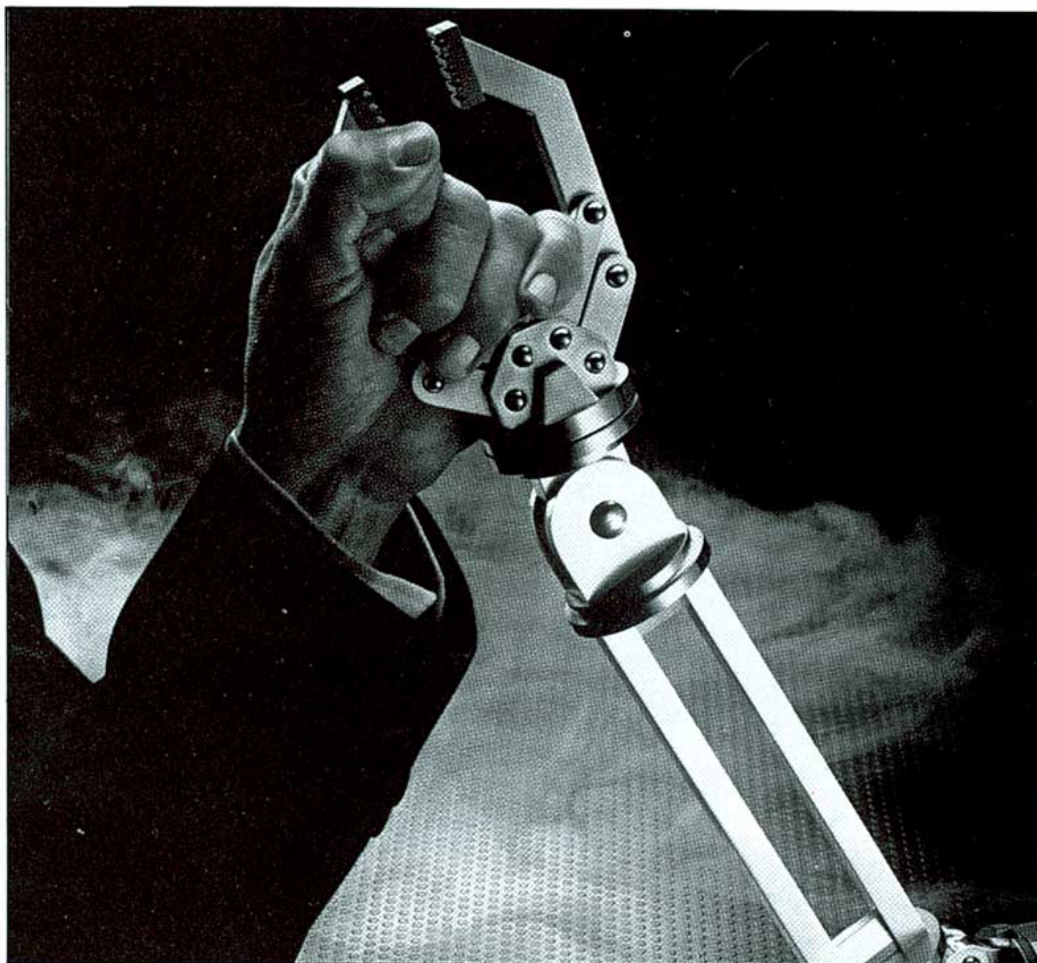
La mayoría de los investigadores se han dado cuenta que los sentidos humanos como el de la visión y el oído, y las habilidades del hombre, como el movimiento y el habla, utilizan grandes cantidades de intuición inconsciente y es una futilidad intentar copiar la inteligencia sin contar con los sentidos o habilidades mencionadas. Para conseguirlo los científicos deberán en primer lugar conocer las reglas del cerebro que utiliza la intuición inconsciente.

Creemos que el proyecto de la Quinta Generación está abocado al fracaso en lo que concierne a la consecución de una interficie inteligente.

El proyecto, que empezó en 1981, no ha conseguido hasta la fecha desarrollar un sistema para la creación de conocimiento, incluso nuevo conocimiento a partir de hechos. Este aspecto era vital para dotar al ordenador de una "ventana humana" que la hiciera mucho más transparente al usuario. La omisión de técnicas de aprendizaje inductivas, que estaban previstas en la planificación inicial, amenazan todo el proyecto.(9)

Pero el sistema inductivo de aprendizaje no solamente es necesario para la construcción de una Base de Conocimientos de la máquina de la Quinta Generación. También deberá utilizarse como base de los tratamientos que la máquina deberá realizar en los campos del lenguaje natural, habla, gráficos e imagen para facilitar su uso. Creemos que la única salida posible para la construcción de máquinas que cumplan los requisitos segundo y tercero que establecíamos al principio se hallará cuando se construyan:

• Diseñándolas desde un principio para su utilización en entornos determinados (ordenador-oficina, ordenador - manufacturing, ordenador-diseñador etc.).



“
El proyecto
de 5ª generación
está abocado
al fracaso
en lo que
concierne a la
consecución
de una
interficie
inteligente.”

• Dotándolas con las herramientas de aprendizaje inductivo (clasificadores de Hollad con los generadores de reglas aleatorias y validadores incluidos, sistemas de búsqueda optimizados y finitos del entorno prefijado...) que han demostrado ya su eficacia para la resolución de problemas concretos.

Todos los intentos de construirlas con interfaces inteligentes que impliquen la utilización de las teorías generalistas al uso o la adquisición deductiva(10) de conocimiento están abocadas al fracaso.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

(1) En este aspecto se ha mejorado a partir de 1984 la situación existente con la aparición de los ordenadores basados en el lenguaje SMALLTALK (Macintosh etc.) que requieren unos tiempos de aprendizaje mínimos.

(2) Para todo lo relacionado con Alan Turing he utilizado la espléndida biografía de Andrew Hodges "Alan Turing, the enigma" Simon & Schuster Inc. 1983.

(3) Una copia del artículo de Gödel en inglés la encontramos en The Undecidable, ed. Martin Davis (Raven Press. New York. 1965).

(4) Edward Carpenter, Civilisation its Cause and Cure, ed. 1921 (George Allen & Unwin).

(5) Ver "THE FIFTH GENERATION" Edward A. Feigenbaum y Pamela McCorduck, New American Library. Edición Septiembre 1984.

(6) FIFTH GENERATION COMPUTER SYSTEMS. Proceedings of the International Conference on Fifth Generation Computer Systems. Tokyo October 19-22, 1981. Edit by T MO-TO-OKA. North Holland Publishing Co. Página 5.

(7) Ver nota 5.

(8) Ver nota 5.

(9) Ver reseña de la conferencia pronunciada por el Profesor Donald Mitchie, director del Instituto Turing de Glasgow en la reunión de la British Association en Belfast de Agosto 1987, en el periódico Financial Times del 29 de Agosto de 1987.

(10) En Julio de 1987 existían solamente en el mundo menos de 24 sistemas expertos que merecieran tal nombre. (The Economist, 20 de Junio de 1987).