Informática y psicología I

Introducción histórica

Carlos CAMACHO
Universidad de Sevilla

Iniciamos con éste algunos artículos en los que deseamos destacar la importancia de la Informática en Psicología. Nos introducimos ofreciendo una visión panorámica del esfuerzo humano en mecanizar sus procedimientos de cálculo. El próximo trabajo lo dedicaremos a las actuales y futuras aplicaciones.

Los Inicios

Posiblemente los instrumentos de cálculo se remonten al mismo momento en el que el hombre aprendió a contar. Y lo hizo con los dedos de la mano. No es casualidad que el sistema de numeración esté basado en el número diez (diez dedos), ni que se utilice el término «dígito» tanto para designar dedos como números.

Como los dedos de la mano son insuficientes para reflejar cantidades relativamente numerosas, seguramente se recurrirían a otros objetos en el proceso de contar. Lo más a mano para el hombre primitivo eran las piedras. Así que utilizaría piedrecitas. Estas tienen un sentido de permanencia mayor que los dedos. Pueden construirse montoncitos que reflejen estados intermedios para posteriores cálculos o bien pueden conservarse como memoria de un determinado recuento. Tampoco es casualidad que la palabra «cálculo» signifique en latín «piedrecita».

En Egipto las piedras se agrupaban en agujeros hechos en la arena, donde se distinguían las unidades, las decenas, centenas... etc. Con el tiempo, esta arena se recogió en recipientes que podían transportarse.

Así nació la primera máquina de calcular portátil.

Pero cargar con cajas de arena puede resultar un poco molesto, por lo que el ingenio humano desarrolló una nueva forma de organizar las piedrecillas. Se trataba de ensartarlas en varillas fijas en un armazón. Esto constituye el ábaco. Y ésta es la primera herramienta matemática realmente versátil. En las distintas varillas se representan las unidades, decenas, centenas... etc. Desplazando las bolas convenientemente resulta fácil efectuar sumas. Y si se pueden hacer sumas, también multiplicaciones, que no son más que sumas repetidas. Y en consecuencia, potenciaciones, que no son más que multiplicaciones repetidas. Invirtiendo el proceso pueden igualmente realizarse restas, divisiones y raíces.

El ábaco fue el instrumento de cálculo por excelencia durante varios miles de años, hasta que el ingenio hindú, en el siglo IX, hizo una de sus aportaciones más valiosas a la Humanidad (no la única ni la más importante): el sistema de numeración actualmente utilizado. Este sistema de numeración permite operar simbólicamente con papel y lápiz. Nosotros lo utilizamos y nos parece obvio que así sea, pero imaginemos, por un momento, que fuéramos romanos y quisiéramos multiplicar XIX por XLV.

El sistema de numeración hindú no hace más que seguir la lógica posicional del ábaco. La única diferencia radica en que los guijarros se sustituyen por símbolos. Las nueve piedrecillas situadas en la fila de las unidades se sustituyen por diez símbolos (del 0 al 9; el símbolo «0» se utiliza cuando no hay ningún guijarro), y éstos se colocan en el extremo derecho. Las otras nueve piedrecillas de la fila de las decenas se sustituyen, de nuevo, por símbolos del 0 al 9, en una posición inmediata a la izquierda de las unidades. Y así sucesivamente con las centenas, millares... etc. De esta forma, el número 136 no es más que seis unidades más tres decenas más una centena. Es decir, 6 + 30 + 100 = 136.

Este tipo de numeración resulta tan familiar y evidente que casi parece innecesario exponerlo. Pero tengamos en cuenta que en la Humanidad han transcurrido miles de años sin tener la mínima noción de ella. Ya veremos como esta forma de expresión aplicada al sistema binario resulta un poco más difícil de comprender. Y sin embargo, utiliza la misma lógica.

En el siglo X, el monje Gerberto –más tarde, el papa Silvestre II– ideó una máquina que era una combinación del ábaco y el sistema de numeración hindú. Diseñó un contador en el cual los hilos con bolas eran sustituidos por ruedas circunscritas con cifras. Un hecho anecdótico es que evitó la simbología arábiga, que era la que realmente llegó a Occidente, por considerar que este pueblo era infiel. En su lugar colocó la original de los hindúes ya que éstos no eran necesariamente infieles (obviamente). Pero el hecho cierto es que esta máquina era prácticamente inservible, ya que no añadía ningún tipo de facilidad de cálculo -una vez descubierto este sistema de numeración- que no pudiera realizarse igualmente con papel y lápiz.

El sistema posicional de la numeración hindú presenta numerosas ventajas. Para sumar o restar dos cantidades basta con colocarlas una encima de la otra, con las cifras en idéntica posición: las unidades debajo de las unidades, las decenas debajo de las decenas... etc, y proceder a añadir o quitar valores de una cantidad a la otra. Si en alguna posición, como consecuencia de la operación, queda alguna cantidad mayor de nueve, la posición de rango superior queda incrementada en una unidad. En la multiplicación se procede igual que en la suma, pero la cantidad que se encuentra debajo indica el número de veces que hay que sumar la que está arriba. Cuando multiplicamos 158 x 13, indicamos que el 158 se sumará 3 más 10 veces. Se coloca en una fila el resultado de sumar tres veces el 158, y en la fila inferior, el resultado de sumarlo diez veces (o lo que es igual; colocar la misma cantidad, pero desplazada un lugar a la izquierda). Al final, se suman ambas filas. En la división se restan cantidades tantas veces como indica el divisor, y así se va procediendo con los distintos restos (no lo detallaremos más para no aburrir a nuestros pacientes lectores).

Con los exponentes se desarrolló otra poderosa herramienta para referirnos a las potencias de los números. Expresar 100 como 10^2 o 100000 como 10^5 presenta numerosas ventajas. No sólo simplifica la escritura de números con muchas cifras sino que además transforma la multiplicación y la división en simples sumas y restas de exponentes.

De esta forma $10^2 \times 10^4 = 10^6$ o bien $10^8 / 10^2 = 10^6$. Por otro lado, la potenciación y extracción de una raíz se convierten en productos y cocientes de exponentes. Así $(10^2)^3$ no es más que 10^6 y $10^{8/4} = 10^2$.

Pero imaginemos, por un momento, que queremos operar, de forma exponencial, no con 10, 100 o 10000 sino con 15, 1324 o 15826. Aquí la cosa se complica algo, porque, por ejemplo, 1324 es más que 10^3 y menos que 10^4. En consecuencia será diez elevado a tres y pico. Se trata de un exponente fraccionario. Pues bién, en el siglo XVII, un escocés llamado John Napier desarrolló un método para calcular los exponentes fraccionarios de los números, y los denominó «logaritmos».

Como expusimos anteriormente el producto de dos números no es más que la suma de sus exponentes. Esto es igualmente válido cuando los exponentes son fraccionarios. De esta forma, el producto de dos números cualesquiera se puede calcular sencillamente sumando sus logaritmos. Y sus cocientes, restando sus correspondientes logaritmos.

Como ya sabemos, el producto de dos números no es más que la suma de sus exponentes. Esto es igualmente válido cuando los exponentes son fraccionarios. De esta forma, el producto de dos números cualesquiera se puede calcular sencillamente sumando sus logaritmos; y sus cocientes, restando sus correspondientes logaritmos.

Supongamos que deseamos multiplicar 253 x 13189. Calculemos primero a qué hemos de elevar 10 para obtener 253. Esta cantidad es 2.4031. Luego 10^{24031}x2. = 253. El valor 2.4031 es el logaritmo de 253 en base 10. Hagamos lo mismo con 13189. Su logaritmo es 4.1202. De esta forma 253 x 13189 equivale al producto 10^{24031} x. $10^{41202} = 10^{65233}$. Así, 10 elevado a 6.5233 es 3336817. Luego Log 253 + Log 13189 = Log 3336817. Para calcular el producto de 253 x 13189 hemos realizado las siguientes operaciones: a) calcular el logaritmo de 253 y 13189 (para ello recurrimos a unas tablas en las que ya estan elaborados los distintos logaritmos); b) sumar estos logaritmos 2.4031 + 4.1202 = 6.5233; c) hallar el valor numérico cuyo logaritmo es 6.5233, esto es, el antilogaritmo.

Nadie duda de la eficacia de los logaritmos. Quizás multiplicar 253 x 13189 utilizando logaritmos, no merezca la pena, pero imaginemos multiplicar 1113458638 x 6985486321 sin utilizar logaritmos (ni máquina de calcular). Aquí sí compensa recurrir a ellos.

Pero hay un pequeño inconveniente: hay que estar continuamente bregando con la tabla de los logaritmos. Este problema quedó resuelto en el año 1622 por el matemático inglés William Oughtred, quien inventó un interesante instrumento que facilita estas operaciones: la regla de cálculo.

La regla de cálculo consiste básicamente en dos reglas que se deslizan una junto a la otra. En estas reglas las distintas longitudes asignadas a los diferentes números corresponden, en realidad a sus logaritmos. Por lo que ya hemos expuesto, para multiplicar o dividir dos números basta con sumar o restar sus longitudes (sus logaritmos). La regla de cálculo ha sido un instrumento muy utilizado, incluso hasta nuestros días. Fue a partir de los años 1974–75, con el advenimiento de las calculadoras electrónicas, cuando pasó definitivamente al rincón de los recuerdos.

Pero la primera máquina de calcular realmente automática fue construida en 1642 por B. Pascal. Este hombre era un buen hijo, y no podía consentir que su padre, que era recaudador de contribuciones, se pasara horas y horas en simples cálculos aritméticos. Así que inventó la Pascalina. Esta máquina estaba formada por una serie de ruedas dentadas engranadas entre sí –exactamente igual que los actuales cuentakilómetros–. Cada rueda dentada estaba asociada a un disco, parecidos a los que se utilizan hoy día en los teléfonos. Para sumar diversas cantidades bastaba con marcar los números en los distintos discos, de tal manera que cuando la rueda de las unidades giraba diez dientes la de la decenas avanzaba uno; cuando la de las decenas avanzaba otros diez, la de la centena avanzaba uno. Y así sucesivamente.

La máquina de Pascal permitía no sólo sumar sino también restar. Para ello había que realizar un pequeño ajuste en su interior que permitiera contar hacia atrás. Las multiplicaciones eran sumas repetidas y los cocientes, restas repetidas. Y éste era su gran defecto: las multiplicaciones y divisiones eran excesivamente laboriosas.

El problema quedó resuelto por el genio alemán G. Leibniz en 1673, quien tomando como punto de referencia la calculadora de Pascal logró perfeccionarla en el sentido que las multiplicaciones y divisiones resultasen sencillas. Ello fue posible gracias a un dispositivo mecánico denominado «cilindro de Leibniz». Básicamente consiste en un cilindro con estrías de distinta longitud. Cuando se conecta una rueda dentada a este cilindro, los dientes sólo conectan con aquellas estrías correspondientes al número elegido. De esta forma, según sea el número, se consiguen más o menos giros.

Leibniz consiguió algo todavía mucho más importante: desarrolló la teoría del sistema binario. Fue tan sólo una correría intelectual de la que no supo extraer conclusiones prácticas. Lo explicaremos más adelante. Baste decir, por el momento, que el sistema binario ha supuesto un auténtico filón del que se han nutrido generaciones enteras de investigadores, y constituye el fundamento de los modernos ordenadores.

Pero el gran avance en la mecanización del cálculo fue realizado por el inglés Ch. Babbagé. Este concibió en 1833 su denominada «máquina analítica». Esta máquina, a diferencia de las anteriores, constituía un auténtico ordenador. Pascal y Leibniz idearon máquinas que tan sólo realizaban cálculos aritméticos. La secuencia de operaciones, leer procesar e imprimir corría a cargo de los propios sujetos. La máquina analítica, por el contrario, era capaz de realizar cualquier operación aritmética, ser instruida mediante tarjetas perforadas, almacenar en memoria, establecer comparaciones.. etc. En suma, las funciones básicas que realiza cualquier ordenador moderno. Lamentablemente, esta máquina nunca llegó a funcionar. Era tal la cantidad de ruedas, engranajes y tornillos que debían enlazarse, tal la precisión en la fabricación de estos dispositivos –hechos manualmente– que nunca pudo librarse de los fallos mecánicos. Se gastó toda su fortuna y cantidad de ayudas del gobierno (hasta 17000 libras de entonces). Al final murió desalentado e incomprendido. Se ha dicho, y con razón, que el único problema de Babbagé fue haber nacido un siglo antes: cuando la electrónica aún no se había desarrollado.

Y hubo de transcurrir un siglo. En el año 1944, el norteamericano Aiken desarrolló un ordenador denominado «Automatic Sequence Controlled Calculator MARK I». Nos encontramos ya con el primer ordenador de la Historia a base de elementos electromecánicos. Operaba con engranajes decimales y tarjetas perforadas. Constaba de 760000 ruedas y relés electromagnéticos. Era una máquina lenta: invertía dos segundos en sumar dos números, y en una multiplicación de diez dígitos tardaba tres segundos.

En 1946 se construyó en la Universidad de Pennsylvania el «Electronic Numerical Integrator and calculator» (ENIAC). Se trataba de un ordenador decimal. Es el primer ordenador electrónico. Funcionaba, no a base de relés, sino de válvulas de vacío. Constaba de 18000 de estas válvulas y ocupaba 140 metros cuadrados. Realizaba 5000 sumas por segundo, lo cual implicaba un considerable avance respecto a su antedecesor el MARK I.

Pero la representación decimal no era la más adecuada para la nueva concepción electrónica de las computadoras. Ya no se trataba de operar con ruedas dentadas sino con impulsos eléctricos. Y aunque se puede operar con diez niveles de voltajes diferentes, lo más sencillo es hacerlo en término de dos estados discretos: paso y no paso de corriente. Utilizar dos estados distintos para representar las diferentes cantidades significa utilizar el sistema binario en la lógica de los ordenadores. Veámoslo más detenidamente.

De una forma simbólica, el paso o no de corriente, se puede representar por 1 y 0 respectivamente. Y a través de secuencias de unos y ceros se puede expresar cualquier cantidad. Y se consigue, además, utilizando la misma lógica posicional del ya conocido sistema numérico decimal. Recordemos que la característica principal de este sistema es que se utilizan diez símbolos y que un mismo dígito tiene distinto valor según sea la posición que ocupa. El número 322 corresponde a dos unidades, dos decenas y tres centenas; en total $322 = 2 + 20 + 300$. Cada posición vale diez veces más que su inmediata izquierda. Por ello, también podemos expresarlo en potencia de diez. Así $322 = 2 \times 10^0 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^2$.

Seguiremos exactamente el mismo razonamiento para los números binarios. La única diferencia es que sólo utilizaremos dos símbolos distintos (0 y 1). En consecuencia, con un dígito binario podremos expresar dos cantidades diferentes. Con dos dígitos, expresaremos hasta cuatro diferentes (estos son: 00, 01, 10, 11). Si nos tomásemos la molestia de comprobar qué ocurriría con tres dígitos, observaríamos que se podrían expresar hasta ocho valores distintos (los cuatro valores anteriores multiplicados por dos, puesto que a cada valor de los anteriores podemos colocarle delante bien un cero o un uno).

De esta forma, utilizaremos dos símbolos, y éstos tendrán diferente valor según la posición que ocupen. En este caso, cada dígito vale exactamente el doble que el inmediato inferior. El valor de una cantidad vendrá expresado en potencias de dos. El número 11011 valdrá $1x2^0 + 1x2^1 + 0x2^2 + 1x2^3 + 1x2^4 = 27$.

Aunque para nosotros las cantidades expresadas en base dos son más complicadas que las ya conocidas en base diez, no es así para el ordenador, el cual se defiende mejor en cálculos simples, aunque éstos sean muy repetitivos. Es más fácil conseguir elementos susceptibles de adoptar dos estados (biestables: corriente o no, imantado o no...) que no diez.

Aparición de la informática

Es a partir de los años cuarenta, con los avances de la electrónica y la aplicación del sistema binario cuando realmente se inicia la Historia de la Informática. Hasta entonces se ha hablado de una Prehistoria. Y esta Historia consta de cuatro etapas, coincidiendo todas ellas con nuevos descubrimientos tecnológicos.

La primera etapa o también denominada primera generación de ordenadores se desarrolla desde el año

1946 hasta 1957 y corresponde a la introducción de la válvula de vacío como elemento interruptor. La válvula de vacío es una especie de pequeña bombilla que se caracteriza porque la corriente eléctrica –electrones– puede desplazarse en el vacío desde una placa –cátodo– hasta otra –ánodo–. Para que ésto sea posible, el cátodo ha de mantenerse a una alta temperatura, lo que obliga a colocar junto a él una pequeña resistencia. Esta resistencia consume una cantidad apreciable de energía y exige, además, un costoso sistema externo de refrigeración.

Los ordenadores de esta generación efectuaban del orden de 1000 operaciones por segundo. El tiempo medio de trabajo sin errores era del 45%. Las operaciones se realizaban de forma absolutamente secuencial: 1) se leía el programa en tarjetas perforadas, 2) se ejecutaba y 3) se imprimía.

Desde el año 1957 hasta el año 1965 se desarrollaron los ordenadores denominados de la segunda generación. La innovación tecnológica que la hizo posible fue el transistor. Su función es exactamente la misma que la de la válvula de vacío, con la ventaja de que el tamaño es muy inferior y consume mucha menos energía. El transistor fue descubierto en el año 1948 por Shockley. Invento que le valió el premio Nobel de Física en 1956.

No vamos a entrar en profundidad en la explicación de su mecanismo, pero digamos que su funcionamiento se basa en la lógica de los semiconductores. Se trata de una estructura compuesta de tres capas: emisor, base y colector. La corriente entra por el emisor y sale por el colector. La base, que es la zona intermedia, es la que regula el paso de electrones del emisor al colector, pudiendo actuar, en este sentido, de interruptor.

Los ordenadores de la segunda generación van montados en «galletas» del tamaño de una tarjeta postal. Realizaban 10000 operaciones por segundo. A diferencia de los ordenadores de la primera generación eran capaces de simultanear operaciones de entrada y salida con las de cálculo.

Los ordenadores de la tercera generación se desarrollaron desde el año 1965 hasta el comienzo de la década de los 70, y no supusieron una innovación sustancial respecto a los anteriores. Se trata simplemente de lograr una mayor miniaturización en la elaboración y acoplamiento de los distintos componentes electrónicos. Estos son los «circuitos integrados». Aquí, los transistores, diodos, resistencias... etc, son ensamblados en pequeñas plaquitas de silicio –chips–. En esta generación se habla de integración a pequeña escala o bien S.S.I (Smale Scale Integration). En un pequeño cuadrado de varios milímetros de lado se pueden introducir varias decenas e incluso centenas de transistores.

Los ordenadores de esta generación permitían trabajar simultáneamente con varios programas distintos. Esto es la multiprogramación. También se podía operar con un ordenador central desde terminales remotos. Esto es el teleprocesamiento. Por otro lado, los denominados sistemas conversacionales hacían posible que los usuarios interviniesen en cualquier momento en las distintas etapas del programa, mientras éste se iba ejecutando. Este diálogo hombre–máquina ofrecía una considerable flexibilidad en la programación. Y referente a la velocidad, digamos que se podían realizar hasta un millón de operaciones por segundo.

Los ordenadores de la cuarta generación –etapa en la que nos encontramos actualmente– utilizan, como los de la tercera, el transistor como elemento básico de conmutación. Se ha logrado un mayor nivel de condensación en el acoplamiento de los distintos componentes electrónicos. Ahora se habla de integración a mediana y gran escala (Middle Scale and Large Scale Integration: M.S.I. y L.S.I). Ya se han construido «chips» del tamaño de una uña que contienen hasta 450000 transistores. Hoy día la velocidad es de varios millones de operaciones por segundo.

Los ordenadores de los años 80 realizan básicamente la misma función que los de los años 70. La gran revolución ha sido la miniaturización, y en consecuencia, el abaratamiento de los mismos. Tengamos en cuenta que los «chips» están formados casi exclusivamente por silicio. Y cuando estamos tumbados en la playa tenemos cantidad de silicio bajo nosotros. La materia prima no puede ser más barata. Son los gastos iniciales de diseño y planificación del ordenador lo que realmente cuesta dinero. Cuando esto se ha conseguido, los «chips» se fabrican en masa, con lo que una vez cubiertos ciertos gastos, los precios bajan en picado. Hoy día estamos accediendo a la generación de los microordenadores, accesibles a cualquier bolsillo.

Se ha dicho, y con fortuna, que si los coches hubieran evolucionado igual que los ordenadores en cuanto tamaño, prestaciones y precio, hoy día podríamos comprar un Rolls Royce al costo de 250 ptas., recorreríamos un millón de kilómetros con un solo litro de gasolina, y la potencia del motor sería equivalente a la del mayor trasatlántico del mundo: el Queen Elisabeth.

Bibliografía

AGUADO MUÑOZ, R: *Basic Básico.* Madrid: Grupo Distribuidor Editorial S.A., 1983

ASIMOV, I.: *Introducción a la ciencia.* Barcelona: Plaza y Janés, 1977

BERENGUER, X.: *Los ordenadores.* Barcelona: Salvat Editores, 1974

CLARK, J.: *Computadoras en acción.* Barcelona: Bruguera, 1970

EVANS, CH.: *El fabuloso microprocesador.* Barcelona: Argos–Vergara, 1981

MEINADIER, J.: *Estructura y funcionamiento de los computadores digitales.* Barcelona: A.C., 1980

MURRIL, P.W.: *Introducción a la Informática.* Barcelona: Reverte, 1979