

# 1

## Evolución del procesamiento de datos

### Contenido

1.1 Organización y arquitectura de una computadora.....	2
1.2 Estratificación del software.....	3
1.3 Evolución del procesamiento de datos .....	4
1.4 Clasificación de las computadoras.....	8
1.5 Generaciones de computadoras digitales.....	9
1.6 Procesamiento de datos y sistemas de información.....	13
1.7 Sistemas sincrónicos de propósito general.....	15
1.8 Arquitectura de computadoras: Los primeros conceptos.....	15
1.9 Arquitectura de una unidad central de proceso (CPU).....	17
1.10 Lógica digital y componentes electrónicos .....	18
1.11 El Sistema Operativo. La Dinámica del Sistema.....	23
1.12 Resumen .....	23
1.13 Contenido de la página Web de apoyo.....	24

### Objetivos

- Realizar una introducción a la arquitectura de computadoras.
- Diferenciar las distintas generaciones de computadoras digitales.
- Incorporar terminología que apunte al entendimiento del lenguaje técnico, propio del área de competencia.

## 1.1 Organización y arquitectura de una computadora

La primera pregunta que surge a un lector que recién comienza sus estudios en la ciencia informática es: ¿Qué es una computadora? Como primera respuesta, diremos que en este capítulo la mejor definición será aquella que reúna los aspectos comunes a todas las computadoras, desde una computadora personal hasta una supercomputadora, con prestaciones de baja, mediana o alta complejidad.

Una computadora es un **dispositivo electrónico**, diseñado para aceptar **datos de entrada** y realizar **operaciones** sobre ellos (organizadas en una secuencia lógica y predeterminada por un **algoritmo**), para elaborar **resultados** que se puedan obtener como **salidas**. Un algoritmo computacional se determina por una secuencia de operaciones finita que permite resolver un problema computacional. Se representa con instrucciones que la computadora puede interpretar y ejecutar. Al conjunto de instrucciones que representa un algoritmo se lo denomina programa; expresado de otra manera, un **programa** es la representación de un algoritmo en un **lenguaje de programación**.

Los componentes de una computadora son los dispositivos físicos que le permiten llevar a cabo su función, y que representaremos en el esquema de la figura 1.1.

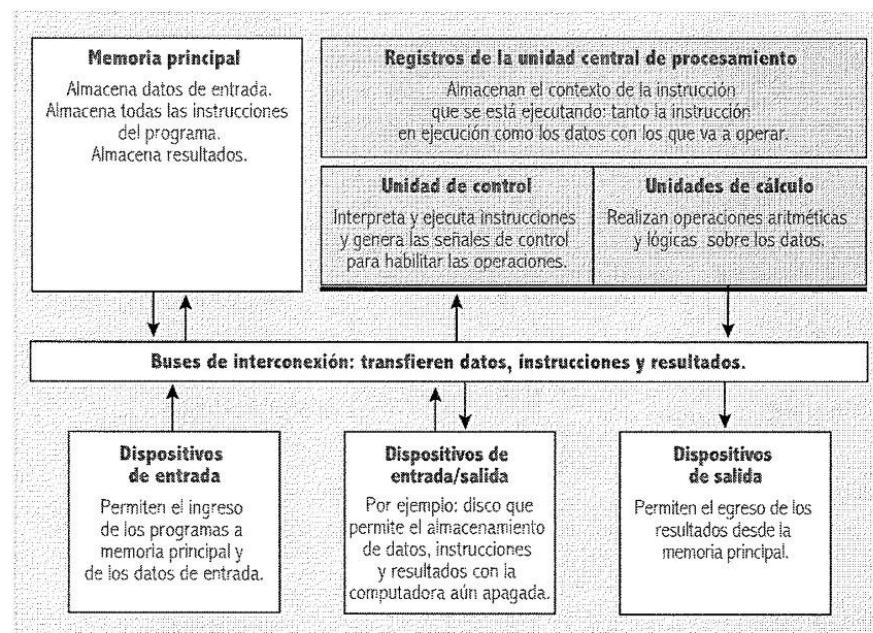


Fig. 1.1. Componentes de una computadora.

La "relación" entre los distintos componentes y su diseño y tecnología, sea en un nivel de detalle como el presentado o en uno menos abstracto, se define como **organización de una computadora**.

El esquema anterior muestra tres cuadros en gris que constituyen la unidad central de proceso (CPU o *Central Processing Unit*). La "relación" entre los distintos componentes y su diseño y tecnología, sea en un nivel de detalle como el presentado o en uno menos abstracto, se define como **organización de una computadora**. El **set de instrucciones** de una computadora permite representar los algoritmos que solucionan los problemas. Así que para definir la arquitectura de una computadora, a la descripción de los componentes le agrega-

mos la descripción de la manera en que nos comunicamos con ella. Debemos explicar qué puede hacer, es decir que es necesario conocer las **instrucciones** definidas para su CPU, los **tipos de datos** con los que puede operar, las modalidades de acceso a ellos y la forma en que se atienden eventos externos. Cuando nos referimos a la "arquitectura" podemos indicar que una unidad de cálculo permite "determinada" operación con enteros, haciendo abstracción de cómo está implementada en hardware, razón por la cual el manual de un procesador del mercado actual, como el Itanium®, nos indica que la multiplicación de enteros se lleva a cabo en la unidad de cálculo de coma flotante, pero no especifica cómo lo hace. El texto tomado del manual dice así:

*"La multiplicación de enteros se ejecuta en la unidad de coma flotante utilizando instrucciones de tipo XMA (instrucciones de tres operandos). Los operandos y el resultado de estas instrucciones se almacenan en registros de coma flotante..."*

Cuando un profesional del área de sistemas piensa en términos de arquitectura, tiene en mente las demandas de procesamiento de información que requiere su área de trabajo. Es una mirada desde la funcionalidad de un sistema: se pregunta si necesitaría una o varias computadoras personales, un servidor, una supercomputadora, qué tipo de sistema operativo, etcétera. Cuando un fabricante piensa en términos de arquitectura, tiene en mente las necesidades de procesamiento de un mercado determinado; no es lo mismo fabricar computadoras para el hogar que servidores de red. Los desafíos que se han de resolver en cuanto al diseño de una computadora tienen que ver con la funcionalidad, el alto rendimiento, el bajo costo y la inserción en el mercado.

En el concepto de arquitectura de computadoras se considera la descripción de las características visibles relativas a las prestaciones que una determinada configuración interna de computadoras puede brindar. Como ya indicamos, este concepto incluye los aspectos relacionados con el formato del conjunto de instrucciones que el procesador pueda ejecutar, la representación interna de los datos y el estudio de los módulos de hardware que sostienen la dinámica del conjunto, desde la perspectiva del sistema informático.

La organización de una computadora permite la identificación de los componentes desde el punto de vista de su estructura, la manera en que se relacionan entre sí y las cuestiones de índole tecnológico.

En este libro se tratan ambos conceptos en los distintos niveles desde los que se puede enfocar el estudio de una computadora como herramienta automática en el procesamiento de datos.

**Interrupciones:** son eventos externos producidos por dispositivos entrada/salida (E/S)

## 1.2 Estratificación del software

También se pueden establecer niveles funcionales respecto del software. Por un lado, la jerarquía más alta corresponde a los programas de uso particular de los usuarios, denominados **aplicaciones** (que se programan en lenguajes de alto nivel); en el extremo opuesto están las señales que genera la unidad de control para el goberno de los distintos dispositivos físicos, por ejemplo, una orden de lectura a memoria. Podemos ver la relación entre las distintas jerarquías de software y el hardware en el esquema siguiente:

El concepto de arquitectura de computadoras incluye los aspectos relacionados con el formato del conjunto de instrucciones que el procesador pueda ejecutar, la representación interna de los datos y el estudio de los módulos de hardware que sostienen la dinámica del conjunto, desde la perspectiva del sistema informático.

Aplicaciones: reproductor de video, navegador de Internet, procesador de texto.
Software para producir aplicaciones: editores, compiladores.
Software de gestión de recursos: sistema operativo.
Arquitectura del set de instrucciones.
Lenguaje de señales que permiten la ejecución de las instrucciones.
Hardware.



**Código de máquina:** es el lenguaje que interpreta la CPU y pertenece al nivel de arquitectura del set de instrucciones.

Un usuario que sólo utiliza un software para enviar correo electrónico o *e-mails* se comunica con la computadora con la interfaz gráfica del sistema operativo y no requiere muchos conocimientos en ciencias de la computación. Un programador que desarrolla software de aplicación requiere conocimientos formales en arquitectura de computadoras, en sistemas operativos y, por supuesto, en diseño de algoritmos, lenguajes de programación y estructuras de datos. El programador desarrolla software que, por ejemplo, le sirva a una empresa para administrar su *stock*, su facturación, etcétera.

Un programador que desarrolla software de sistema debe tener conocimientos profundos en arquitectura de computadoras, en lenguajes de programación que le permitan comandar el hardware y en sistemas operativos que le sirvan, por ejemplo, para programar un software de "supervisión" para un dispositivo físico.



La arquitectura del set de instrucciones determina el formato de las instrucciones, los tipos de datos que puede operar, las distintas formas de obtener datos de memoria, que se denominan "modo de direccionamiento", y la forma en que se atienden eventos externos.

Todos los programas se compilan o reciben algún proceso de traducción a **código de máquina**, que es el lenguaje que interpreta la CPU y pertenece al nivel de arquitectura del set de instrucciones. Por efecto de esta "interpretación", la CPU genera señales sincronizadas en el tiempo que controlan el hardware implicado en la operación, por ejemplo, "orden de suma a una unidad de cálculo". Por último, el que realiza la operación es el hardware.

La **arquitectura del set de instrucciones** (ISA o *Instruction Set Architecture*) determina el formato de las instrucciones, los tipos de datos que puede operar, las distintas formas de obtener datos de memoria, que se denominan "modo de direccionamiento", y la forma en que se atienden eventos externos. En los capítulos de este libro se desarrolla cada uno de estos módulos de aprendizaje.

Cada instrucción implica "algo que hacer", un "verbo", que en lenguaje técnico se denomina **código de operación** (grupo de bits que interpreta un diseño específico de CPU). La forma en que se implementan los códigos de operación se denomina nivel de microarquitectura. La **microarquitectura** determina la forma en que se ejecuta la instrucción. Dos CPU pueden compartir el mismo set de instrucciones pero estar diseñadas con distintas microarquitecturas, como es el caso de las CPU AMD, que ejecutan software de la industria 80X86 de Intel, lo que les permite "ejecutar las mismas instrucciones" y mantener así la compatibilidad del software.



Es probable que la primera máquina típicamente digital que el hombre utilizó para resolver problemas aritméticos haya sido el abaco.

### 1.3 Evolución del procesamiento de datos

#### 1.3.1 Los comienzos de la computación

Desde épocas remotas (alrededor de 3.000 años a.C.) el hombre trató de liberarse de hacer cálculos en forma manual. Es probable que la primera máquina típicamente digital que utilizó

para resolver problemas aritméticos haya sido el **ábaco**. Ya en la Era Grecorromana se usaron varias versiones de este dispositivo, que también se utilizó en Egipto y en China. No obstante, según las teorías de físicos como Galileo, Descartes y Newton, estos instrumentos de cálculo no se desarrollaron en la Europa Occidental hasta el siglo XVII.

En la primera mitad del siglo XVII **John Napier** introdujo el concepto de logaritmo, con el que la tarea de multiplicar se simplificó. A partir de ese momento, se comenzaron a construir las máquinas de cálculo llamadas analógicas o máquinas de medida. Es factible que Napier sólo haya descubierto un dispositivo físico para hacer más rápida la multiplicación. Estas máquinas fueron de uso habitual en el siglo XVII y todavía se las puede ver en varios museos.

### 1.3.2 La primera máquina y su evolución

En 1642 **Blaise Pascal** construye, en Francia, una máquina para su padre –empleado contable– con la que tuvo gran éxito; esta máquina fue considerada la primera calculadora digital, llamada así porque acumulaba las operaciones aritméticas –suma y sustracción– en un acumulador o contador de enteros. Su mecanismo se basaba en ruedas dentadas que tenían 10 posiciones (de 0 a 9); cada vez que una rueda pasaba de 9 a 0, la rueda inmediatamente a la izquierda avanzaba una posición. En el presente las máquinas de oficina y las computadoras utilizan el mismo principio, sustituyendo el mecanismo de ruedas dentadas por un circuito electrónico.

En 1671 **Gottfried Wilhelm Von Leibniz** inventó una máquina que permite automatizar la multiplicación por sumas sucesivas. El mecanismo que utilizaba era una combinación de engranajes que permitía la multiplicación y la división de números en el sistema binario.

**Charles Babbage** empezó a construir la primera computadora digital en 1823 con la ayuda del gobierno británico. Incorporó una rutina de operaciones en tarjetas perforadas –en términos modernos, un programa perforado– que representó un gran paso para su próxima máquina.

En 1833 concibió la idea de una calculadora digital universal, a la que llamó máquina analítica. Esta máquina no se pudo construir, por falta de tecnología apropiada, hasta un siglo después.

En el siglo XIX se hicieron grandes avances en física matemática y se lograron mejorar los instrumentos de cálculo.

Para evitar los problemas de Babbage, se desarrolló una máquina nueva, que no era digital sino analógica, y que se llamó **máquina de medidas**, porque los resultados se obtenían midiendo la salida de los dispositivos. Ésta también se denominó máquina continua, porque la información que se obtenía a la salida era una representación en una magnitud continua, análoga a la real. Estos dispositivos podían ser rápidos aunque no muy precisos, debido a que dependían de analogías y medidas físicas.

En el siglo XIX **George Boole** desarrolló un Álgebra que no utiliza números, sino que establece la relación entre conceptos lógicos. Se hizo un paralelismo entre las leyes del pensamiento y las operaciones algebraicas. Esto permitió la representación de conceptos lógicos en términos algebraicos y se denominó **Lógica booleana**. El **Álgebra de Boole** es un ente matemático que fundamenta los principios de la teoría de circuitos.

### 1.3.3 La máquina de tarjetas perforadas

Mientras los trabajos sobre máquinas analógicas seguían desarrollándose, hubo una revolución en el campo digital cuando **Herman Hollerith** (de la oficina de censos de los EE.UU.)

**Abaco:** objeto que sirve para facilitar cálculos sencillos (sumas, restas, multiplicaciones) y operaciones aritméticas. Se trata de cierto número de cuentas engarzadas con varillas, cada una de las cuales indica una cifra del número que representa.

**Napier** (1550-1617). Matemático escocés, reconocido por haber descubierto los logaritmos o "números artificiales".

**Pascal** (1623-1662). Matemático, filósofo y teólogo francés, considerado el "padre de las computadoras" junto con Babbage.

**Von Leibniz** (1646-1716). Filósofo, matemático, jurista y político alemán. Descubrió el cálculo infinitesimal, independientemente de Newton, e inventó el sistema de numeración binario en que se basan casi todas las arquitecturas de computación actuales.

Un programa es la representación de un algoritmo en un lenguaje de programación.

**Babbage** (1791-1871). Matemático británico y científico de la computación, considerado "el padre de las computadoras" junto con Pascal.



**Hollerith** (1860-1929). Estadístico estadounidense que inventó la máquina tabuladora. Es considerado el primero en lograr un tratamiento automático de la información.

inventó la técnica para procesar gran cantidad de datos por medio de tarjetas perforadas, para luego clasificar y analizar los datos perforados en ellas.

Esta técnica se aplicó en los censos de 1890 en los EE.UU. y de 1911 en Gran Bretaña.

Las ideas de Hollerith fueron tomadas y perfeccionadas por la empresa IBM (International Business Machines). IBM desarrolló un dispositivo básico conocido como tarjeta perforada de 80 columnas. Cada tarjeta era leída por una lectora que permitía detectar las perforaciones en el soporte mediante conmutadores eléctricos. Cuando estos contactos atravesaban las celdillas perforadas, la unidad interpretaba el dato según fuera la combinación de perforaciones en cada columna.

Desde alrededor de 1930 hasta la década de 1970 la tarjeta perforada desempeñó un papel importante en el procesamiento de datos y reemplazó en gran medida al procesamiento manual. El medio básico para el procesamiento era la tarjeta perforada que contenía 80 columnas por 12 filas.

La combinación de zona y dígito permitía obtener una configuración distinta para cada letra, número o carácter especial. En 1969 IBM empezó a utilizar una tarjeta de 96 columnas para el Sistema/3 (8,25 x 6,68 cm) que se perforaba con agujeros circulares.

Los periféricos que permitieron su utilización fueron:

- La lectora de tarjetas.
- La perforadora de tarjetas.
- La lectoperforadora de tarjetas.

En el ejemplo siguiente se puede ver la utilidad de la tarjeta perforada como soporte para instrucciones y datos. En la figura 1.2 se representa el bloque procesador y la memoria que reciben las instrucciones del programa y los datos perforados en lotes de tarjetas. O sea que el sistema operativo organizaba el procesamiento comenzando con una orden de lectura a la lectora de tarjetas. En una tarea se separaba el lote de instrucciones del lote de datos con tarjetas de control que marcaban el comienzo y el fin de las tarjetas de instrucciones, así como el comienzo y el fin de las tarjetas de datos: cuando se finalizaba la lectura, las instrucciones y los datos quedaban almacenados en la memoria y recién entonces el sistema operativo ordenaba la ejecución. Por último, los resultados obtenidos se imprimían en papel.

Las instrucciones de un programa se ejecutan unas tras otras, siguen una lógica secuencial, salvo que haya una instrucción de salto.

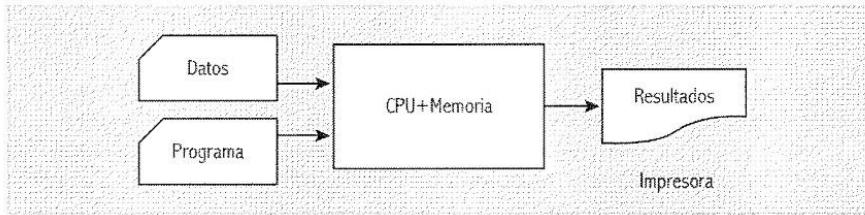


Fig. 1.2. Lectora de tarjetas. Cada instrucción como mínimo en una tarjeta.

La cinta de papel, también un medio primitivo de almacenamiento (al igual que la tarjeta perforada), quedó en desuso. Los datos se perforaban en ella en la forma de agujeros circulares pequeños. Las cintas se utilizaron en mayor medida en máquinas de sumar, máquinas de contabilidad y cajas registradoras.

### 1.3.4 La calculadora secuencial automática (IBM)

En 1939 comenzaron los trabajos en gran escala para lograr automatizar y poner en funcionamiento la máquina diferencial de Babbage, con el propósito de tabular polinomios.

La computadora secuencial automática de IBM fue puesta en operación en 1944 en la **Universidad de Harvard**, a cargo del físico **Howard Aiken** (cuyo trabajo fue subvencionado por IBM y la Universidad). Esta máquina constaba de partes electromecánicas provistas por IBM y estaba controlada por una cinta de papel perforada (similar a la tarjeta perforada).

Después de ésta, se diseñaron otras máquinas electromecánicas. Una fue la que Aiken llamó **MARK II**, utilizada por la Marina de los EE.UU.

Durante la Segunda Guerra Mundial se desarrolló la computadora ENIAC o *Electronic Numerical Integrator And Calculator*, en la cual el cambio de sus programas se hacía mediante el recableado de unas borneras, operadas por técnicas.

### 1.3.5 El programa almacenado

La ejecución de una instrucción de ruptura de secuencia permite que, en determinado lugar del programa, se salte a una instrucción que no es la siguiente. En su diseño original, ENIAC era capaz de almacenar distintos programas. Para pasar de uno a otro, los ingenieros tenían que modificar parte de los circuitos de la máquina, con el fin de que ésta efectuara las operaciones requeridas para la solución de cada problema específico.

En 1945 John von Neumann logró una **máquina de programa almacenado** a la que se denominó **computadora**. Esta máquina no fue diseñada para una aplicación concreta, sino que se trató de una **máquina de propósito general**, capaz de almacenar instrucciones y datos en una memoria. Esto permite sustituir el conexionado fijo entre los componentes de la máquina por un programa de instrucciones intercambiable.

La máquina de von Neumann se fundamenta en tres principios que en el presente todavía se aplican:

1. Máquina electrónica digital, que trabaja con información codificada en binario (digital binario = 0,1 = dos estados).
2. Programa almacenado en memoria.
3. Posibilidad de provocar una ruptura de secuencia de instrucciones en un programa.

La figura 1.3 responde al bosquejo de una computadora von Neumann, que, como se puede apreciar, no se diferencia en nada respecto del presentado en la figura 1.1. Está formada por los módulos CPU, memoria y unidades de E/S. La CPU cuenta con una unidad que procesa datos denominada unidad aritmético-lógica (ALU o *Arithmetic Logic Unit*) y otra llamada unidad de control y secuenciamiento (CU o *Control Unit*). Esta unidad emite órdenes para llevar a cabo en forma secuencial y sincronizada las operaciones elementales que permiten la ejecución de instrucciones. Como vemos en la figura 1.3, las órdenes a los módulos son generadas desde la CU. Podemos afirmar que una posible orden a la memoria es una orden de lectura y una orden a la ALU puede ser una orden de suma. La CU es también un canalizador de datos, ya que su función principal es gestionar la transferencia de información almacenada en módulos diferentes. Por esta razón, los módulos están relacionados entre sí por colectores de datos e instrucciones denominados también **buses**. Sobre estos colectores se puede crear gran cantidad de rutas imaginarias. Si se supone que una ruta es un camino posible entre un origen y un destino, cuando sea necesaria una transferencia, la CU la habilitará desde un sólo origen y hacia un sólo destino.



**Aiken** (1900-1973). Ingeniero estadounidense, pionero en computación al ser el ingeniero principal tras la creación de un dispositivo electromecánico de computación.



La ejecución de una instrucción de ruptura de secuencia permite que en determinado lugar del programa se salte a una instrucción que no es la siguiente.

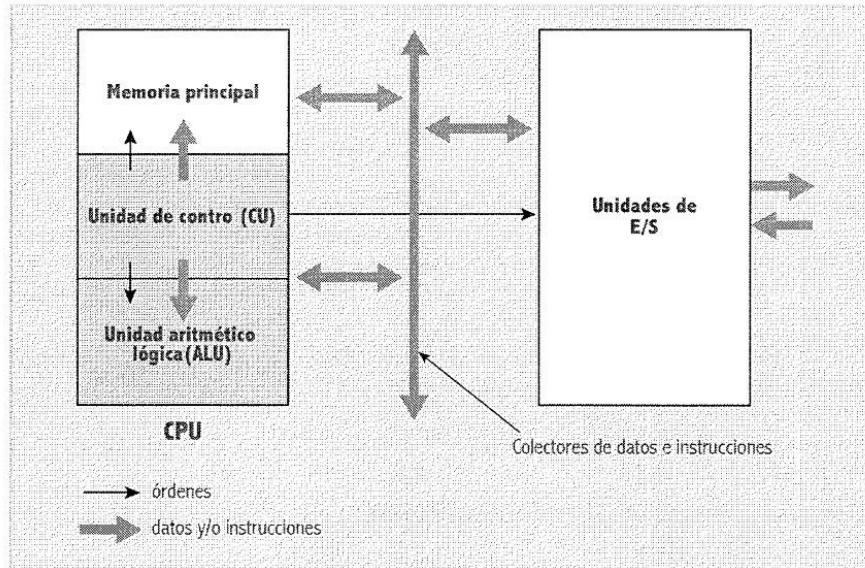


Fig. 1.3. Esquema básico de una computadora Von Neumann.

## 1.4 Clasificación de las computadoras

### 1.4.1 Analógicas

Las primeras computadoras analógicas se implementaron para estudiar un modelo semejante (analógico) a una ecuación; el resultado se elaboró tras la medición del valor que asumían las salidas del modelo. Sin embargo, el sistema adolecía de dos desventajas importantes: por un lado, la falta de exactitud en la salida, a causa del carácter continuo de esta magnitud, y por el otro, el modelo construido, que representaba a una única aplicación y no servía para otra.

En este momento, por ejemplo, se utilizan sistemas analógicos modernos para procesos que involucran la toma de medidas en industrias (refinerías de petróleo), simuladores de vuelo, simuladores de redes eléctricas y otras aplicaciones en las que sea importante representar la variación en el tiempo de magnitudes continuas.

La ventaja más destacada que ofrece esta computadora es su capacidad de procesar datos no discretos (temperaturas, presión, altura), además de permitir la simulación de modelos en la etapa de desarrollo de un proyecto; así, en un modelo más pequeño que el real las variables se representan con magnitudes proporcionales, lo que genera la consecuente disminución de los costos de desarrollo.

### 1.4.2 Digitales

Estas computadoras se denominan digitales porque procesan "dígitos" binarios, "ceros" y "unos" que representan datos. Un dato es un binario que corresponde a un código preestablecido. Entre las ventajas que presentan podemos destacar que efectúan cálculos precisos y que el modelo se arma sobre un programa intercambiable, lo que posibilita no tener que cambiar partes físicas para modificarlo, sino sólo ingresar un programa nuevo.

Para procesar variables continuas y estudiar el modelo a fondo en este tipo de computadoras, es necesario ingresar datos con diferencias infinitesimales, motivo por el cual su utilización en estos casos resulta inadecuada.

#### 1.4.3 Híbridas

Una variable analógica puede asumir infinitos valores dentro de un rango y se utiliza para representar cantidades "naturales", como la temperatura, la presión o la distancia. Sin embargo, a efectos de una medición que pueda ser interpretada por los seres humanos, se las convierte a valores discretos, por ejemplo, se mide la temperatura en grados o la distancia en metros o pulgadas. Esto elimina el carácter "infinito" de los posibles valores que la variable pueda asumir.

Los sistemas híbridos son una combinación de analógicos y digitales. Mientras que la porción analógica se encarga de tomar los datos continuos (temperatura, presión, etc.), la parte digital efectúa los cálculos. Estas computadoras se construyen para propósitos especiales; un ejemplo actual es el GPS de nuestro auto.

### 1.5 Generaciones de computadoras digitales

Según la tecnología con la que operan, las técnicas de organización y su explotación se establece la siguiente clasificación de las computadoras digitales:

#### 1.5.1 Computadoras de 1<sup>a</sup> generación

Estas computadoras estaban constituidas por válvulas de vacío, que disipaban gran cantidad de calor y ocupaban una superficie muy amplia. Las tareas se ejecutaban en forma secuencial, lo que implicaba que:

1. El programa, almacenado en tarjetas o cintas perforadas, era cargado en memoria principal por un programa llamado cargador, perteneciente al sistema operativo.
2. Se ejecutaba el programa instrucción por instrucción.
3. Se imprimían los resultados.

Las operaciones de entrada, procesamiento y salida de los datos se encontraban encadenadas en el tiempo, por lo que la duración del proceso era igual a la suma de todas las operaciones.

Las computadoras de 1<sup>a</sup> generación se utilizaron durante el período comprendido entre 1954 y 1959, mientras que las fabricadas antes de 1954 se tomaron como máquinas experimentales y, por ello, no se incluyen dentro de esta generación.

#### 1.5.2 Computadoras de 2<sup>a</sup> generación

Las computadoras de 2<sup>a</sup> generación estaban constituidas por transistores y utilizaron circuitos impresos, lo que permitió reducir el tamaño con respecto a las anteriores. Posibilitaron la simultaneidad entre un cálculo y una operación de E/S. Este concepto en la práctica dio pocos resultados, debido, en gran medida, a la desproporción entre la velocidad de cálculo interno y las velocidades de E/S, que hacían que la CPU no se utilizara más que en un pequeño porcentaje de tiempo. El paliativo para este problema fue que las operaciones de E/S se realizaran utilizando como soporte de almacenamiento unidades de cinta magnética, mucho más rápidas que las lectoras de tarjetas y las impresoras. Para lograrlo, se copiaba la información contenida en el soporte tarjeta a soporte cinta magnética y de ésta a impresora con un proce-

sador auxiliar. Este procedimiento de explotación, cuyo esquema se observa en la figura 1.4, se denominó procesamiento por lotes. En esta modalidad de procesamiento, cada lote estaba compuesto por varios trabajos y era preciso esperar que el lote cargado en la cinta magnética se procese por completo para obtener los resultados de cada trabajo.

El período de explotación de estas computadoras fue el comprendido entre 1959 y 1964.

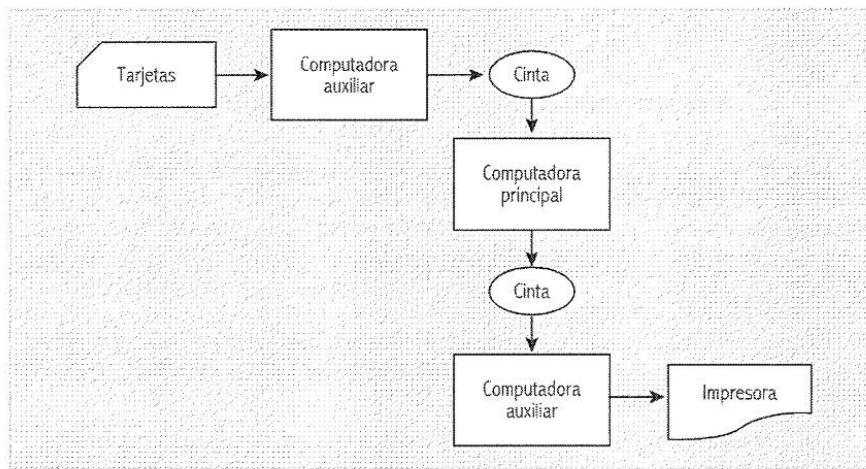


Fig. 1.4. Procesamiento por lotes.

### 1.5.3 Computadoras de 3<sup>a</sup> generación

A partir de 1964 comenzó la 3<sup>a</sup> generación de computadoras con tecnología de circuitos integrados (varios componentes electrónicos incluidos en un solo bloque de silicio). Estos circuitos eran del tipo SSI o *Small Scale Integration* (pequeña escala de integración) y MSI o *Medium Scale Integration* (mediana escala de integración) y permitieron el incremento de la velocidad interna de la computadora y la reducción de la energía que utilizaban.

En esta etapa se pudo explotar la **multiprogramación**, método que consiste en que varios programas residen en forma simultánea en la memoria en estado de ejecución. En un instante dado sólo uno de ellos utiliza la CPU, pero los otros pueden efectuar operaciones de entrada/salida en forma simultánea. Cuando el programa que ejecuta la CPU se detiene en espera de una operación de entrada/salida, otro programa toma su lugar, deja al primero suspendido y evita, así, que se produzcan tiempos inactivos en la CPU.

Las computadoras de 3<sup>a</sup> generación dividen su memoria "lógicamente" en dos zonas: una reservada a los "trabajos del usuario" y la otra a la "conversión de soportes y carga". A simple vista podría afirmarse que las particiones corresponden a la computadora principal y a la auxiliar de la 2<sup>a</sup> generación, respectivamente. Sin embargo, hay una diferencia importante: la "carga por lotes" se sustituyó por la "carga continua". Los trabajos se ponen en **cola de espera** en un disco magnético y el sistema operativo es el que se encarga de ejecutarlos según un nivel de prioridad. Los resultados, que son transferidos al disco, luego son extraídos por la impresora. En la figura 1.5 se representa el esquema.

**Multiprogramación:** método que consiste en que varios programas residen en forma simultánea en la memoria en estado de ejecución.

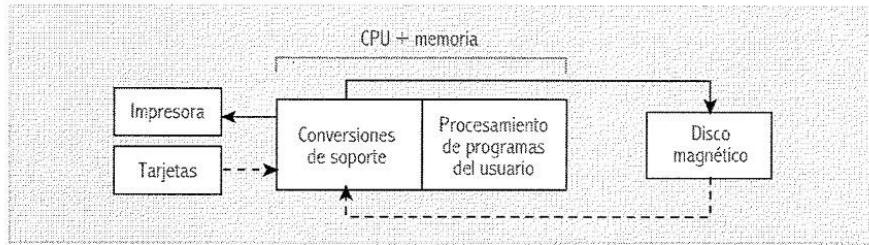


Fig. 1.5. Procesamiento por lotes en la 3<sup>a</sup> generación.

Se hace necesario establecer la diferencia entre la multiprogramación y el multiprocesamiento. El término **multiprocesamiento** se utiliza cuando se procesan varios programas, en forma simultánea, en CPU diferentes que se relacionan entre sí. A partir de la 3<sup>a</sup> generación, es posible la gestión denominada **teleproceso** o procesamiento a distancia. El teleproceso es un sistema de carga directa, con la ventaja de que los datos pueden ingresar y egresar por terminales remotas según una prioridad dada. Durante este periodo se desarrollan los primeros sistemas **interactivos**, que permiten que el usuario intervenga en la actividad del procesamiento. El diálogo se gestiona utilizando un terminal con menús o cuestionarios que el sistema formula y el usuario responde.

A fin de atender gran número de procesos, una computadora puede asignar en forma alternada una parte del tiempo de CPU a cada uno, esto produce un efecto de aparente simultaneidad de ejecución. Esta forma de organizar el procesamiento se denomina **tiempo compartido** o **time sharing**.

Cuando un sistema admite la atención de múltiples usuarios se denomina **multiusuario**. Todo sistema multiusuario es **multitarea** y, además, se ocupa de la administración de los recursos asignados a los usuarios.

Por último, en esta etapa se desarrolla el concepto de **máquina virtual**, que simplifica la labor del programador, ya que éste no conoce más que una máquina ficticia creada y controlada por el sistema operativo, que no presenta limitaciones de configuración (sobre todo en capacidad de memoria central), provocada en gran medida por la actividad compartida de varios usuarios. Esta generación se extendió hasta 1971.

#### 1.5.4 Computadoras de 4<sup>a</sup> generación

Se considera que el período de la 4<sup>a</sup> generación de computadoras está comprendido entre 1971 y 1987. La tecnología aplicada en la fabricación de circuitos pertenece a la clasificación LSI o *Large Scale Integration* –escala de integración grande–, que permitió incluir una CPU completa en una sola pastilla, que se denomina **microporcesador**. En esta etapa el procesamiento se realiza en mayor medida en **tiempo real**. Considerando los sistemas interactivos, se hace posible la consulta y la actualización de datos, así como el acceso a **grandes bancos de datos** que utilizan, incluso, unidades inteligentes distribuidas en redes, como los sistemas de cajeros automáticos bancarios. Se desarrollan nuevas utilidades a partir de la sencilla comunicación usuario-máquina: enseñanza asistida por computadora, consultas telefónicas que entregan una respuesta oral al usuario, regulación automática de semáforos, control automático de procesos relativos a una línea de producción manufacturera, diseño de proyecto asistido por computadora, hojas de cálculo y poderosos procesadores de texto que automatizan prácticamente el total de las tareas de oficina.



Cuando un sistema admite la atención de múltiples usuarios se denomina **multiusuario**.



Una CPU completa incluida en un solo chip se denomina **microporcesador**.

Hasta esta etapa, los avances tecnológicos estuvieron concentrados en lograr mejorar el hardware de la computadora y así obtener equipos más pequeños, menos costosos y más rápidos. A partir de entonces, también se puso atención en la necesidad de mejorar el software para que permitiera una mayor velocidad de procesamiento, ya que los avances en el hardware parecían agotados.

#### 1.5.5 Computadoras de 5<sup>a</sup> generación

En la década de 1980 se llevó a cabo una revolución en la concepción de diseño de una computadora (arquitecturas RISC, pipelines, superescalaridad, niveles de caché, etc.) y se desarrollaron los primeros avances considerados como el ingreso en una nueva etapa, la 5<sup>a</sup> generación de computadoras. En ella, las supercomputadoras desarrollaron funciones inteligentes, basadas en experiencias sobre inteligencia artificial. Las cuatro generaciones anteriores se definieron con precisión, pero para la mayoría de los autores la 5<sup>a</sup> todavía está en proceso, debido al actual desarrollo de programas de investigación, cuyo paradigma propone que es necesario diseñar funciones inteligentes capaces de adaptarse a aplicaciones que así lo requieran. En la mayoría de las arquitecturas propuestas hasta el presente se hace claramente visible la distancia entre el hardware y el software. Un objetivo de las nuevas tendencias es que éstos tiendan a unirse.

En los procesadores actuales se ejecutan varias etapas de las instrucciones en paralelo y éste es un ejemplo de avance respecto de las máquinas anteriores, que procesaban cada etapa de una instrucción en un orden secuencial estricto. Sin embargo, las expectativas de esta nueva generación apuntan a que los cambios crean una revolución profunda y no una mejoría gradual de las computadoras anteriores, como la ejemplificada. Los objetivos son por demás ambiciosos. Los precursores de esta idea indicaron que uno de los parámetros que permite dar un gran salto evolutivo es la comprensión del lenguaje hablado, el reconocimiento de las formas, la lectura de información escrita y, en definitiva, el reconocimiento de toda forma de comunicación humana. Se resalta la necesidad de una interfaz hombre/máquina de elevada inteligencia, que demuestre cualidades de juicio similares a las del hombre.

El Gobierno japonés es uno de los más destacados propulsores de este proyecto; no obstante, más allá de los orígenes del programa de 5<sup>a</sup> generación, su paulatina concreción influye gradualmente en los problemas sociales y económicos de todos los países del mundo, y es por esto una iniciativa internacional. Ya en octubre de 1981 se celebró en Tokio una conferencia sobre el tema, cuya finalidad era buscar la colaboración occidental de manera de unir esfuerzos. Las características de las máquinas de 5<sup>a</sup> generación dependen de proyectos ya en marcha, en los que se diferencian tres áreas fundamentales de desarrollo: integración de microcircuitos en muy alta escala, nuevos métodos de procesamientos de datos, nuevas arquitecturas y avances en el diseño de memorias con mayor capacidad y velocidad.

Respecto de la arquitectura de computadoras, una postura es la que divide las máquinas de quinta generación en niveles. Los superiores se encargan de la aplicación y la interfaz hombre/máquina en lenguaje natural; un procesador de conocimientos implementado sobre una máquina virtual con una base de datos y una red de comunicación, una configuración secuencial de procesadores de propósito específico, un procesador vectorial, otro de comunicaciones, uno de base de datos y otro de sistema operativo.

El procesador de conocimiento es el corazón de esta máquina, el lenguaje de este núcleo es de inferencia lógica, de manera de dotarlo de capacidad de resolución de problemas. El procesador de base de datos representaría el centro neurológico del procesador de conocimiento. La complejidad de los proyectos en investigación supone la concreción de muchos proyectos individuales que no terminarán su evolución al mismo tiempo. En algunos de ellos la propuesta plantea el alejamiento de la tendencia actual hacia las máquinas de propósito general y se incrementa el número de procesadores de propósito dedicado.

Se sustituyen lenguajes de alto nivel por otros de mayor capacidad para la manipulación de símbolos y recursos lógicos, semejantes a los precursores utilizados en los comienzos de la inteligencia artificial, Prolog y Lisp.

Es evidente que las computadoras van a participar de manera muy activa en su propia evolución; los diseños de alta prestación requieren cada vez más de la inteligencia de las computadoras, independientemente del tipo de material eléctrico que las sustente.

El objetivo del programa de 5<sup>a</sup> generación supone que las computadoras tengan capacidades cognitivas superiores a la humana. Por lo tanto, los distintos soportes de información deberán contener los datos de la información cultural que posee el hombre, además de los conocimientos específicos o expertos de una materia en sí. Éste es el campo que se conoce como Ingeniería del conocimiento; su objetivo es verter en la memoria de la computadora un vasto cúmulo de conocimientos útiles y que ésta, a su vez, pueda relacionarlos. Esto implica una mayor densidad de memoria y un ajuste en su organización, que depende del desarrollo de sistemas más eficientes, ya sea en la tecnología de estado sólido como en las memorias de masa. El desarrollo de tecnologías para almacenamiento de información es esencial para realizar tareas inteligentes, puesto que la información debe almacenarse a corto o a largo plazo, procesarse y recuperarse cuando sea necesario.

## 1.6 Procesamiento de datos y sistemas de información

Para interpretar qué se entiende por **procesamiento de datos y sistemas de información**, primero debemos definir algunos conceptos. Los **datos** son conjuntos de símbolos que representan un objeto concreto o abstracto, mientras que la **información** es la consecuencia de procesar los datos para que tengan un significado. Así, la información permite disminuir la incertidumbre y facilita la toma de decisiones más acertadas. Procesar datos implica que se relacionen entre sí o que formen parte de un contexto, o ambas situaciones; por ejemplo, "38 °C" es un dato aislado que si se contempla en el contexto del pronóstico del clima nos permite prepararnos para una jornada de calor, pero si se trata de la temperatura corporal nos indica que es preciso tomar una aspirina y llamar al médico.

Los datos que procesa una computadora no tienen significado para ella, sino que lo tienen para el usuario que los recibe y puede interpretarlos en su propio contexto. De lo expresado antes se desprende que no todos los datos representan información, pero que la información implicó la elaboración de un conjunto de datos.

Los términos **sistema de información** o **sistema de informática** se utilizan para referirse al conjunto coordinado de elementos, datos y procesos, cuya interacción permite la obtención de la información; en el caso de sistemas automatizados se utiliza como "unidad de procesamiento" la computadora (hardware + software), o bien un conjunto de computadoras relacionadas entre sí.

En un sistema de información deben coordinarse los procesos y los datos del sistema que administra la computadora y los procesos y los datos del usuario. Siempre todos cooperan entre sí para la elaboración de la información (**procesamiento de datos o cómputo de datos**).

Un proceso especifica la actividad interna del sistema y estará representado por una secuencia de instrucciones pertenecientes a uno o varios programas relacionados, de manera que verifique la serie finita de operaciones definida en un **algoritmo**.

Procesar datos significa realizar alguna operación sobre ellos (véase la figura 1.6). Por lo tanto, los "datos de entrada al proceso" (**input**) se transformarán en "resultados" (**output**), en general, luego de que alguna de estas operaciones los afecte:



**Datos:** conjuntos de símbolos que representan un objeto concreto o abstracto.



**Información:** datos procesados con significado en un contexto real que permita al usuario la toma de decisiones.



**Sistema de información o sistema de informática:** se refiere al conjunto coordinado de elementos, datos y procesos, cuya interacción permite la obtención de la información.

- Cálculo.
- Comparación.
- Clasificación (ordenamientos, intercalaciones).
- Transformación (por ejemplo, de datos numéricos a gráficos).
- Transferencia.
- Almacenamiento (para usarlos con ulterioridad).
- Consulta.

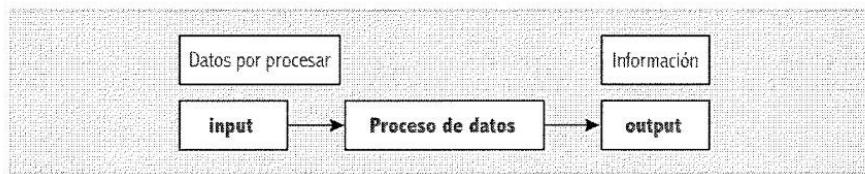


Fig. 1.6. Esquema de proceso de datos.



El conjunto de los resultados constituye **información**, ya que los datos elaborados o procesados están incluidos en un contexto válido para quien los interpreta y no son elementos aislados. Esto implica que el objetivo del **procesamiento de datos** es obtener **información**.

Los datos de entrada son, internamente, una estructura binaria organizada que respeta un convenio dispuesto de antemano, denominado **código**. Este permite establecer una relación entre dígitos binarios (símbolos de la computadora) y los símbolos que el usuario utiliza para construir datos: números, letras, caracteres especiales, auditivos, gráficos o visuales. Toda operación que se realice sobre los datos debe practicarse en cierto orden; así, los resultados de una operación pueden ser usados por otras, o sea, en orden secuencial. La secuencia lógica de pasos se describe con la confección de un programa. Las salidas también son información codificada en binario (lenguaje poco amistoso para el usuario) y, para que se represente en símbolos fáciles de comprender, se decodifiquen. La **decodificación** convierte el código binario a código de usuario (letras, números, puntos, comas, etc.).

Un dato puede ser una cadena de caracteres o *string*, que ingresa por teclado y se ve en el monitor. Sin embargo, la mayoría de los procesos en un sistema informático toma y vuelca datos organizados en estructuras mayores denominadas **archivos (files)**, según se puede observar en la figura 1.7.

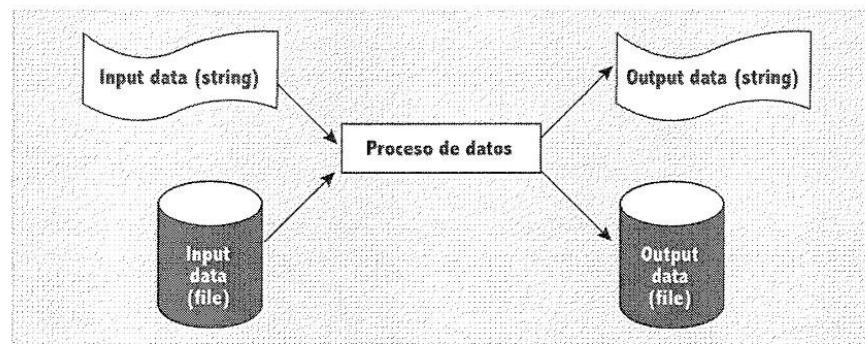


Fig. 1.7. Entrada/salida en archivos.

## 1.7 Sistemas sincrónicos de propósito general

Hay sistemas orientados a tareas que no cambian. En estos sistemas, llamados de **propósito específico**, la tarea que debe realizar la computadora es fija y está definida por los circuitos que constituyen una unidad de control; por lo tanto, la memoria sólo soporta datos de entrada y resultados obtenidos como salida. Un cambio en la especificación de la tarea implica una alteración del hardware del procesador. Este tipo de computadoras se emplea en aplicaciones que no requieren cambios continuos.

En los sistemas llamados de **propósito general** o **computadoras** la tarea asignada a la computadora se puede cambiar, está definida en software y se denomina **aplicación**. La CPU recibe las instrucciones desde la memoria principal, donde fueron almacenadas previamente junto con los datos de entrada.

Estos sistemas requieren que primero se desarrolle la tarea de programación, que consiste en la elaboración de un algoritmo y su representación en un lenguaje. El resultado de esta actividad se denomina **programa**. La tarea de la computadora cambia, en tanto cambie el programa almacenado en memoria. Cada instrucción del programa es transferida desde la memoria a la CPU, y es el módulo **unidad de control** (CU) el que se encarga de organizar en el tiempo el conjunto de operaciones elementales que permitan su ejecución. A cada una de estas operaciones elementales se las denomina **microoperaciones**.



En sistemas de propósito específico, la tarea que debe realizar la computadora es fija.

## 1.8 Arquitectura de computadoras: Los primeros conceptos

La tarea fundamental de una computadora digital es realizar cálculos o comparaciones entre datos u operandos. La palabra digital implica que el valor de los datos es discreto y limitado y se representa con combinaciones de **0** y **1**, o sea, son máquinas binarias. Los datos son agrupaciones de bits que, como ya señalamos, al aplicar distintas técnicas de codificación se convierten en números y letras. Los comandos e instrucciones que controlan la operación de la computadora también se codifican en binario, de modo tal que los bits constituyen el "alfabeto" de la computadora.

Una computadora es un sistema que incluye módulos de hardware y de software. El **hardware** es el conjunto de dispositivos electrónicos y electromecánicos que constituyen la estructura física de la computadora. Es la porción "dura", lo tangible (*hard* = duro; *hardware* = ferretería). En tanto que la parte lógica o "lógica", se denomina **software**, que es el nombre que identifica al conjunto de programas para procesar datos en un equipo de computación, esto es, su parte lógica (*soft* = blando). Sin el software, el hardware no podría procesar dato alguno o quedaría limitado a una tarea fija, como decíamos en procesadores de propósito específico. Un término más, que involucra ambos conceptos, es **firmware** y se utiliza para identificar los dispositivos físicos programados, como puede ser la programación de los múltiples usos que presta un electrodoméstico, o sea, que se fusionan los conceptos de hardware y software.

Por ejemplo, cuando se enciende la computadora se pone en funcionamiento el primer elemento software, un programa que lo hace apto para que el usuario lo pueda utilizar. En una PC (o *Personal Computer*), parte de este programa de arranque se define a nivel físico (*firmware*) junto con otros servicios dedicados a la atención rápida de entrada o salida de información, por ejemplo, servicio de atención del teclado.

Si se tiene claro que el esfuerzo empleado en el desarrollo de computadoras tiene como objetivo el tratamiento automático de datos, es imprescindible, entonces, conocer los fundamentos de los datos y sus formatos.



**Bit:** es el acrónimo de *binary digit* (dígito binario) y es la unidad mínima de información.

Cómo decíamos, en las computadoras **digitales** las entidades (datos e instrucciones) están constituidas por agrupaciones de bits. **Bit** es el acrónimo de *binary digit* (dígito binario) y es la unidad mínima de información. Por ejemplo, si en un formulario se pide "marque con una cruz" la opción verdadera y "deje en blanco" las que considera falsas, las opciones verdaderas serán identificadas con un "1" en el campo de "opción marcada" y las falsas con un "0".

Hay dos valores de bits diferentes, "0" y "1", que tienen el significado numérico obvio, 0 y 1. También se puede pensar en significados alternativos: *off* y *on*; falso y verdadero; no y sí; cerrado y abierto. Sin embargo, puede resultar difícil imaginárselos. No se pueden ver ni tocar; además, si usted compra una computadora nadie le vende los bits para trabajar con ella. Estos razonamientos llevan a la conclusión de que los bits "viven" dentro de su computadora, y esa es la realidad. Internamente la computadora está compuesta por dispositivos electrónicos que actúan como conjuntos de llaves o interruptores, que permiten el paso de ciertos niveles de tensión. La "vida" de los bits depende de que la computadora esté conectada a una fuente de alimentación, de modo que un bit 1 se puede representar con un nivel de tensión. Por lo general se dice que "un 1 lógico" se corresponde con un nivel de tensión alto o *high* y que "un 0 lógico" se corresponde con un nivel de tensión bajo o *low*.



**Nibble:** es una agrupación de 4 bits o medio byte. Un byte está constituido por dos nibbles, el de orden superior y el de orden inferior.

Un **byte** es una combinación de 8 bits. Así como el bit es el grano de arena, la unidad más pequeña en la construcción de un dato para procesar en la computadora, el byte, es el ladrillo, el bloque de construcción real de datos.

Cuando se hace referencia a medio byte, o 4 bits, se utiliza el término **nibble**. Es bastante común hacer referencia a esta medida; por ejemplo, en la representación de números empaquetados se habla de nibble menos significativo y nibble más significativo (el menos significativo de un byte corresponde al grupo de 4 bits de "extrema derecha" del conjunto de ocho bits).



**Palabra de CPU:** es la unidad de trabajo o procesamiento de CPU expresada en bits.

Asimismo, la unidad elemental de representación de un dato es el byte, con el que, por ejemplo, se puede representar "la letra F" de "femenino". La unidad elemental de representación de información es el bit; por ejemplo, un bit "uno" puede indicar que el género de una persona "es verdad" que es "femenino" y "cero" "que es falso" que lo sea. En este caso el bit se considera el valor de verdad de un dato y, por lo tanto, "nos da información". Las computadoras necesitan procesar pequeños grupos de bytes (2, 4, 8). La **unidad de trabajo o procesamiento** de CPU se denomina **palabra de CPU** (tenga en cuenta que este término nada tiene que ver con el significado que estamos acostumbrados a darle a "palabra" en español). Su longitud tiene relación con la longitud de los registros asociados a la CPU y puede tener, o no, la misma cantidad de caracteres que el contenido de una posición de memoria (denominado también "palabra de memoria"). Considere estos registros como áreas de trabajo; por ejemplo, si el tamaño de los registros asociados a la CPU permite que se almacenen 8 bits, éste será su tamaño de palabra, entonces, cualquier operación para operandos de 16 bits se resuelve en dos pasos. Una computadora se puede programar para operar con datos de tamaño superior que la capacidad de sus registros, pero su tratamiento implica una mayor cantidad de pasos, lo que afecta la velocidad global de procesamiento. Por ejemplo, usted puede realizar el cálculo de dos números decimales de 6 dígitos en una calculadora "hipotética" con un visor de tres dígitos, pero resolverá el problema en dos pasos, lo que llevará más tiempo que hacerlo en una de 8 dígitos que lo resuelve en un solo paso.

## 1.9 Arquitectura de una unidad central de proceso (CPU)

La CPU es el módulo físico más importante. Su capacidad de trabajo determina la capacidad de trabajo de la computadora. En la figura 1.8 vemos tres bloques funcionales en los que se puede dividir para el ejemplo una CPU Intel.

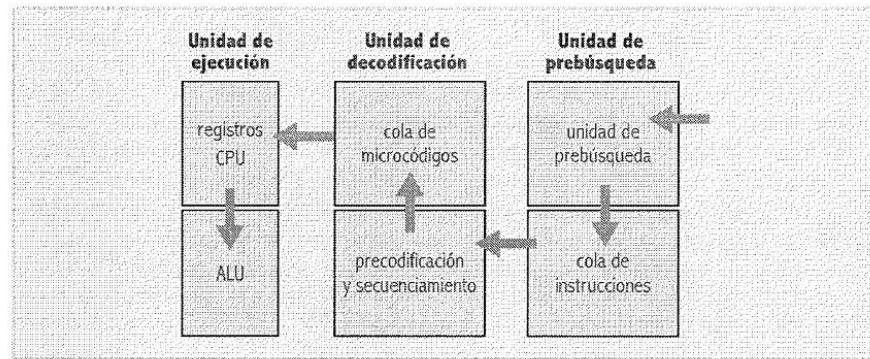


Fig. 1.8. Tres bloques funcionales de una CPU Intel.

La unidad de prebúsqueda obtiene instrucciones de la memoria principal por medio de una unidad que actúa de intermediario con el colector de datos e instrucciones o "bus" (no dibujado en el esquema). Estas instrucciones se disponen en una cola (de instrucciones).

Cada instrucción espera en la cola y es interpretada por la unidad de predecodificación, que la traduce a microcódigos. Se denomina **microcódigo** a un lenguaje de menor nivel que el código de máquina, que permite la representación de las microoperaciones organizadas de manera secuencial en el tiempo para la ejecución de la instrucción.

La ejecución se realiza en la unidad de ejecución con el soporte de la unidad aritmético-lógica y de los registros de trabajo de la CPU; además, la unidad de ejecución se comunica con los componentes que sean necesarios, aun cuando éstos no pertenezcan a la CPU.

El módulo de cálculo y comparación, denominado **unidad aritmético-lógica (ALU o Arithmetic Logic Unit)**, se encarga de operar los datos que recibe de la memoria y obtener el resultado. Las operaciones pueden ser aritméticas –suma, sustracción, desplazamiento, etc.– o lógicas –suma lógica (or), producto lógico (and), complemento (not)–.

Estas unidades funcionales forman parte de una entidad denominada **unidad central de proceso** o unidad de proceso, procesador central o simplemente procesador (**CPU o Central Processing Unit**).

En la CPU también están incluidos **registros** o *registers*, que forman una pequeña memoria local. Éstos guardan información de manera transitoria para el procesamiento en curso (operандos, direcciones de memoria, etc.). Tienen un nombre acorde con la función que cumplen, aunque debe considerarse que en procesadores distintos asumen denominación propia y variada.

La CPU está asociada a la **memoria principal (PM o Principal Memory)** para obtener las instrucciones y los datos y almacenar los resultados; es de tecnología de semiconductores y también se denomina **memoria central, interna o memoria de trabajo**.

**Unidad aritmético-lógica (ALU o Arithmetic Logic Unit):** se encarga de operar los datos que recibe de la memoria y obtener el resultado.

**Memoria principal (PM o Principal Memory):** es de tecnología de semiconductores y también se denomina memoria central, interna o memoria de trabajo.

### 1.10 Lógica digital y componentes electrónicos

Otro enfoque en la descripción de un componente es el nivel de lógica digital. Este nivel permite la descripción con mayor detalle que el definido para un bloque funcional. La figura 1.9 muestra la diferencia de tres niveles: el de arquitectura, el de lógica digital (donde se muestra "ampliado" el diagrama de lógica para la suma de dos bits) y en un tercer nivel se explica cómo realizaría la operación el alumno.

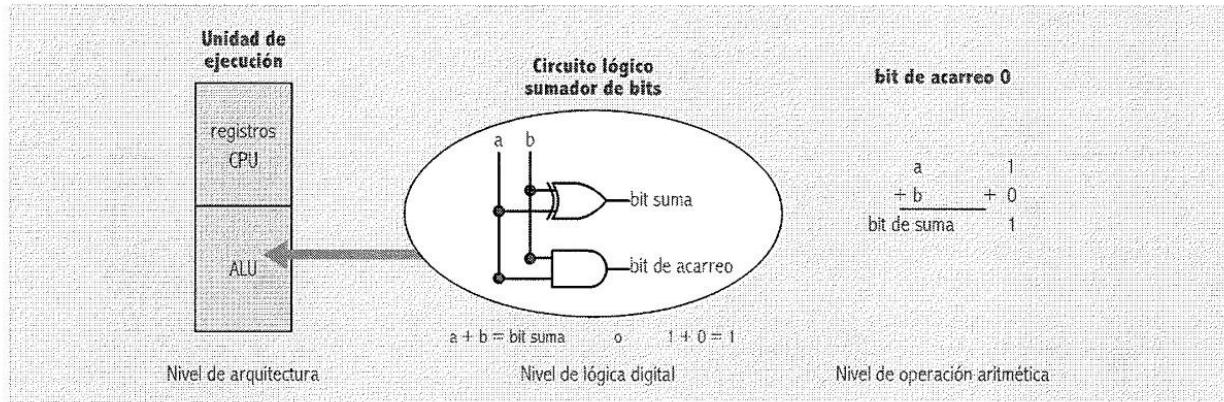


Fig. 1.9. Tres niveles de detalle.

**Chip:** es un circuito electrónico diseñado sobre una estructura de silicio.

En una ALU se pueden sumar muchos más de dos bits y, además, se pueden realizar muchas más operaciones. Por supuesto que describir una ALU con su complejidad actual a este nivel no es posible, por eso en el capítulo de Lógica Digital se tiene como objetivo que el lector conozca desde este enfoque los componentes más utilizados en cualquier computadora. Por ejemplo, se describe un decodificador de dos entradas y cuatro salidas para que se pueda comprender, en los capítulos posteriores, la **función** de decodificación de una dirección de n bits.

La representación del circuito lógico posibilita la comprensión del comportamiento y el estudio detallado de un componente.

Se puede incorporar mucha lógica digital en un chip. Un **chip** es un circuito electrónico diseñado sobre una estructura de silicio, material que se encuentra en la arena de las playas. Sobre la base de silicio se implementan cadenas de interruptores unidas por "pistas o conductores". En una superficie de 0,6 cm de lado aproximadamente, se incluyen millones de componentes electrónicos. Es de bajo costo y con gran capacidad de lógica. Algunos fueron concebidos para almacenar grandes volúmenes de información y otros combinan lógica y registros para construir, por ejemplo, una CPU completa denominada desde entonces **microprocesador**. Un circuito integrado es un soporte físico que incluye en su interior conjuntos de compuertas lógicas.

En los primeros años del diseño de dispositivos electrónicos se utilizaban componentes discretos; se llama así al grupo de elementos constituidos por válvulas, resistencias y condensadores, por nombrar los más comunes.

Las válvulas pronto fueron reemplazadas por transistores y la evolución de técnicas de miniaturización permitió incluir un mayor número de transistores en una misma superficie.

Una compuerta lógica se puede armar con transistores conectados y su configuración permite satisfacer la tabla de verdad o tabla booleana a la que pertenece la compuerta. La evolución constante de la tecnología de fabricación de IC (o *Integrated Circuit*) permite agregar más y más compuertas en el mismo espacio. Según su complejidad, los IC se clasifican en:

- Integrados de pequeña escala (SSI o *Small Scale Integration*) a los circuitos, que incluyen hasta diez compuertas.
- Integrados de mediana escala (MSI o *Medium Scale Integration*) a los circuitos, que presentan menos de 100 compuertas.
- Integrados de gran escala (LSI o *Large Scale Integration*) a los circuitos, que tienen hasta 1.000 compuertas.
- Integrados de escala muy grande (VLSI o *Very Large Scale Integration*) a los circuitos, que superan las 1.000 compuertas.

Los IC vienen encapsulados en paquetes con un número de serie que informa las características del circuito que se incluyen en los catálogos dispuestos por el fabricante. El número de serie se distingue por una combinación numérica que designa básicamente el tipo de familia lógica y la función digital que realiza.

Cada bloque incluido en una cápsula de IC es un arreglo de transistores, diodos, resistencias y condensadores soldados a patas externas, o patillas o terminales, que permiten su conexión con el resto de los componentes del sistema. Por supuesto, la técnica de fabricación para lograr una mayor integración de componentes es distinta a la de menor integración y más costosa, lo que conduce a que las empresas que diseñan computadoras utilicen, en el caso de microprocesadores, algunos ya disponibles en el mercado; por ejemplo, un diseño actual de la empresa Hewlett Packard utilizó algunos microprocesadores de Intel. Las compañías que se dedican al desarrollo de microprocesadores (como Intel, AMD) los diseñan en grupos estándar para diversas aplicaciones.

La **palabra de procesador** es la unidad de trabajo o cantidad de información que puede procesar en un paso, expresada en bits; por ejemplo, cuántos bits como máximo pueden tener dos operandos para que se puedan sumar en forma simultánea. Las longitudes de procesador más comunes en el mercado actual son de 32 y 64 bits.

La **capacidad de dirección** se puede determinar por la cantidad de líneas que transfieren los bits de una dirección física, por ejemplo con 32 bits se pueden obtener  $2^{32}$  combinaciones distintas que representan  $2^{32}$  direcciones posibles. Este parámetro es importante, ya que determina la cantidad de memoria principal a la que puede acceder: cuanto mayor sea la cantidad de direcciones de memoria, mayor será su capacidad de almacenamiento y, por lo tanto, mayor su capacidad para almacenar programas y datos disponibles para su ejecución.

El número de instrucciones indica cuántas operaciones diferentes puede llevar a cabo una CPU; son ejemplos de operaciones los verbos sumar, restar, transferir, incrementar.

La filosofía de trabajo implementada en "máquinas CISC" otorga al programador de aplicaciones gran cantidad de instrucciones diferentes, que le permitan diseñar programas en los que la lógica compleja de un algoritmo se representa con unas pocas instrucciones de alta complejidad. La filosofía de trabajo implementada en "máquinas RISC" sostiene que la mayor parte de los programas utiliza 80% de instrucciones simples y sólo 20% de instrucciones complejas, razón por la que tienen un set de instrucciones constituido por pocas operaciones simples y rápidas. Por este motivo, programar un algoritmo con una lógica compleja requiere muchas instrucciones y, por esta razón, los programas son mucho más largos. En ambas se persigue alcanzar la mayor "velocidad de ejecución", en la primera con programas más cortos y en la segunda con instrucciones más rápidas. EPIC pretende combinar ambas,

**La arquitectura de set de instrucciones se puede clasificar en tres grupos:**

<b>CISC</b> <i>(Complex Instruction Set Computer)</i>
<b>RISC</b> <i>(Reduced Instruction Set Computer)</i>
<b>EPIC</b> <i>(Explicitly Parallel Instruction Computer)</i>

utilizando como estrategia "para ganar velocidad" la "ejecución de múltiples instrucciones en paralelo".

Las instrucciones operan sobre datos que están en memoria principal y que son llevados a los registros de CPU, que se utilizan para el almacenamiento temporal mientras se ejecuta una instrucción o varias de ellas. La denominación de cada uno, así como su cantidad y tamaño, dependen del procesador al que pertenezcan.

La **velocidad de ejecución** de un procesador depende en primer término de la velocidad del reloj del sistema. La ejecución de instrucciones se lleva a cabo al ritmo de señales que provienen del reloj, por lo tanto, la determinación de la velocidad está incluida en etapa de diseño de la computadora.

Denominaremos señal de reloj o *clock* a una señal que oscila a intervalos regulares entre 0 y 1. Se debe considerar que hay un tiempo de transición entre 0 y 1 o entre 1 y 0, debido a que el cambio de valor no es instantáneo. Se lo puede representar según el diagrama de la figura 1.10, en el que los grises marcan "las transiciones" mencionadas y las líneas punteadas gruesas, el intervalo que identifica un ciclo.

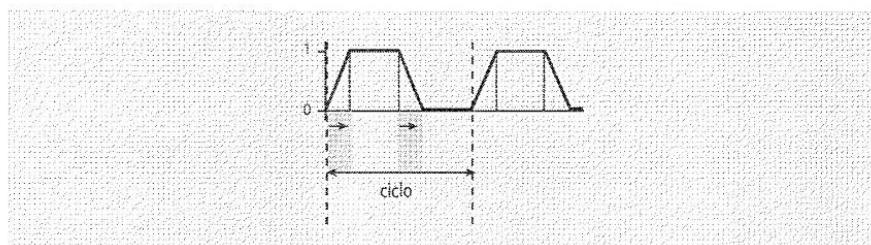


Fig. 1.10. Señal de reloj o *clock*.

La palabra **ciclo** se refiere a la señal representada en el diagrama, al instante en el que comienza la transición de "0 a 1", el tiempo que se mantiene en 1, el tiempo que transcurre hasta el final de la transición de "1" a "0", el tiempo que su valor es cero, hasta el comienzo de la nueva transición de "0" a "1".

El tiempo que transcurre en completarse un ciclo es un "período de reloj". Para generar la señal se utiliza un circuito oscilador que aplica una tensión a un cristal, por ejemplo, el cuarzo, que "vibra" a una frecuencia regular y que por ello puede utilizarse para generar señales que "oscilen" a intervalos regulares. Se denomina frecuencia a la cantidad de ciclos por segundo.

La frecuencia se expresa en Hz, con distintos multiplicadores (kilo, mega, giga, etc.), de acuerdo con la relación  $T = 1/f$ . Si la frecuencia es de 1 GHz = 1 000 000 000 de ciclos por segundo =  $10^9$  ciclos, entonces  $1/10^9 = 10^{-9}$  seg = 1 nanosegundo, que es una unidad de tiempo muy utilizada en relación con la velocidad de determinadas operaciones.

El procesador y los demás componentes de una computadora operan con el suministro de corriente de una **fuente de alimentación**. Su función es convertir corriente alterna de alto voltaje (p. ej., 220 V) a corriente continua de bajo voltaje (p. ej., +5 V, -5V), además de estabilizar la tensión. La capacidad de la fuente se mide en watts, que es una medida de potencia.



El Hertz es la unidad de medida del Sistema Internacional de Unidades. Se aplica a la cantidad de veces que se repite una onda en un segundo, de modo que un Hertz quiere decir que se repite una vez.

### Caso ejemplo: La placa madre de una computadora personal

Desde su aparición en el mercado, las microcomputadoras (sistemas basados en microprocesadores) incluyeron la mayor parte de sus componentes en una placa de circuito impreso, que se ha denominado de diversas maneras: placa madre o *mother board*, placa principal o placa de sistema. Esta placa sirve de soporte para la interconexión de los componentes básicos de cualquier sistema con microprocesador. Esta interconexión se realiza por medio de líneas "dibujadas" o "impresas" en la placa, que permiten la conducción de señales binarias. Estas señales "viajan" por las líneas mencionadas, que también se denominan **buses**, y que se clasifican según el tipo de agrupaciones de bits que transfieren en:

- Buses de control.
- Buses de datos.
- Buses de direcciones.

Los componentes fundamentales de una placa madre son:

- Zócalo de microprocesador o *socket*.
- Microprocesador (CPU).
- Reloj del sistema.
- Zócalo o *slot* para conectar la fuente de alimentación.
- Zócalos o *slots* para conectar los módulos de memoria, placas de memoria, etcétera.
- Zócalos para buses de expansión (conexión a periféricos).

Los dispositivos que permiten la comunicación del microprocesador y las placas de memoria con el entorno de la computadora se denominan **periféricos** y para relacionar con ambos se utilizan **interfaces** (que involucran al microprocesador en la transferencia) o **unidades de acceso directo a memoria (DMA o Direct Memory Access)**, que transfieren datos entre la memoria y el periférico sin su intervención.

Los periféricos permiten el ingreso de datos (**periféricos de entrada**), la salida de resultados (**periféricos de salida**) y el almacenamiento a largo plazo (**periféricos de E/S o memorias externas**, por ejemplo, memorias soportadas en discos).

Desde el punto de vista del funcionamiento de los periféricos, los aspectos más importantes que se han de tener en cuenta son dos:

- Su conexión a la computadora.
- Los programas que definen su funcionamiento, llamados comúnmente manejadores o *drivers*.

El dispositivo periférico puede estar constituido por dos partes físicas:

- Una parte electromecánica (por ejemplo, conformada por los motores para el giro y el posicionamiento del brazo en un disco).
- El **controlador del periférico o unidad de control del periférico**, o simplemente **controlador**, que se encarga de la comunicación (de uno o varios periféricos de la misma clase) con un bus y está constituido (fig. 1.11) por:
  - Un *buffer* interno (físicamente una RAM), que permite el almacenamiento de la información que viaja desde o hacia el soporte.
  - Una lógica de control, que interpreta comandos y genera señales de control para la operación del periférico.

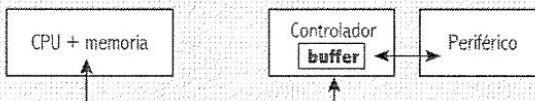


Fig. 1.11. Ubicación relativa del controlador.

Su función se puede resumir en estas operaciones básicas:

- Aislar el hardware del software que se ocupa de la transferencia y permitir un estándar de industria bien definido.
- Compatibilizar la velocidad de la transferencia de información entre los periféricos y la CPU.
- Convertir el formato de datos (estructura de datos) de la CPU al formato de datos de los periféricos y al revés.
- Amplificar las señales entre la CPU y los periféricos.

Un sistema típico tiene entre sus componentes:

- Un adaptador de video.
- Un controlador de teclado.
- Puertos
- Controladores para discos rígidos y otros medios de almacenamiento masivo.

Controladores, interfaces, puertos y adaptadores son dispositivos físicos, que controlan la comunicación entre los periféricos y la computadora. Un controlador no siempre es una placa; en nuestra computadora el controlador del video es un pequeño CI integrado en la *mother board*.

Los periféricos son más lentos que la CPU, debido a que su operación involucra movimientos mecánicos, como el desplazamiento del papel en la impresora o el giro del disco alrededor de su eje. Un controlador acepta comandos propios del periférico que gobierna y establece su traducción a un "lenguaje operativo"; por ejemplo, un comando de inicialización de una transferencia en disco implica, como primera operación, el arranque del motor que permite el giro. De la misma manera, una operación de lectura implica, entre otras, una operación de selección y activación de sólo una de las cabezas de lectura de la unidad.

Por lo general, para establecer la comunicación con los periféricos se indica la dirección que identifica el periférico, denominada dirección de E/S o *port*.

Las direcciones de E/S son identificadores que se utilizan para direccionar a las placas asociadas a los periféricos (controlador, adaptador, etc.). Estas placas se insertan en la placa madre en forma directa (en los zócalos) o indirecta (en algún dispositivo que actúe de intermediario insertado, a su vez, en la placa madre). De esta forma, se establece un vínculo entre los pares CPU-memoria y controlador-periférico.

Sabemos que para leer o almacenar datos la CPU se comunica con la memoria a través de direcciones y, de la misma manera, puede establecer la comunicación con un periférico.



**Puerto:** es uno de los componentes de la comunicación, que permite que la CPU se enlace con un periférico

Un puerto es uno de los componentes de la comunicación que permite que la CPU se enlace con un periférico; desde el punto de vista del software un *port* es una dirección del espacio de direccionamiento en memoria principal, que actúa de memoria temporal para el soporte de datos que van a enviarse o recibirse desde algunos tipos de periféricos.

Un puerto paralelo actúa básicamente como intermediario para el envío de una agrupación de bits en paralelo, esto quiere decir que todos los bits del grupo son enviados al mismo tiempo. Los puertos paralelos permiten la transferencia de datos en forma bidireccional.

Un puerto serie es un intermediario bidireccional, que permite el envío o la recepción de bits en serie, esto es, uno tras otro.

## 1.11 El Sistema Operativo. La Dinámica del Sistema

Asemeja el hardware de una computadora a los elementos que componen un juego de ajedrez. Para quien no conoce las **reglas** del juego, el tablero y las figuras representan objetos de poca utilidad. Así, el sistema operativo de la computadora indica las reglas que **coordinan** el trabajo de las piezas físicas, inútiles por si solas.

Quien creó el juego de ajedrez relacionó de manera **coherente** figuras, tablero y reglas. Lo mismo ocurre con un sistema de computadora; el desarrollo físico se relaciona con el desarrollo de un conjunto de reglas de operación, que hacen productivo el trabajo de cada parte física. Estas reglas se describen en programas y constituyen el **sistema de operaciones o sistema operativo**. Para jugar ajedrez usted debe conocer las reglas del juego. Si su conocimiento es elemental, su juego será pobre; si su conocimiento es profundo, su juego será cada vez más interesante. El mayor conocimiento, por parte de un programador avanzado, acerca del software que utiliza su computadora, produce como resultado el mayor aprovechamiento de su herramienta de trabajo. Cuanto más conozca las posibilidades que le brinda el sistema operativo y la arquitectura de su computadora, mejor será la calidad de su trabajo.

Los programas del sistema operativo pueden estar almacenados en distintos soportes y esto tiene que ver con el tipo de servicio que ese programa presta. Así, las actividades críticas para el funcionamiento de la computadora se agrupan constituyendo un núcleo y permanecen en memoria principal la mayor parte del tiempo, de modo que intervienen con rapidez cuando es necesario durante el procesamiento de otro programa. Este núcleo toma distintos nombres según cada sistema operativo (p.ej., kernel para el sistema operativo Linux). El resto de los programas de servicio permanece en una memoria masiva (por ejemplo, un disco rígido) y son invocados por comandos del usuario, o por un proceso mediante "llamadas al sistema". Se puede afirmar que el software de base (sistema operativo y utilitarios) y de aplicación, o aplicaciones, se ejecutan alternativamente en la CPU y, de este modo, permiten hacer efectiva la tarea del procesamiento de los datos.

## 1.12 Resumen

El capítulo comienza con la especificación de qué se conoce como organización de computadoras y qué se entiende por arquitectura de computadoras. La relación entre organización y arquitectura es muy estrecha, ya que la organización del computador o conjunto de componentes y relaciones son parte del diseño de su arquitectura.

La función más importante de una computadora es procesar los datos. Las funciones básicas que puede llevar a cabo una computadora se pueden identificar por sus componentes:

el procesamiento de datos (CPU), la transferencia de datos y resultados (buses) y el almacenamiento de datos y resultados a corto (en memoria principal) y a largo plazo (en memorias secundarias). La unidad de control, como su nombre lo indica, controla el funcionamiento del hardware, ejecutando una instrucción en lenguaje de máquina. Una computadora transfiere los datos entre la memoria y el mundo exterior a través de periféricos de entrada y de periféricos de salida.

Se establece la clásica división en generaciones de computadoras, cuyo propósito es mostrar la incorporación de elementos de hardware y software, en función de la evolución tecnológica durante los últimos sesenta años, y de las necesidades que fueron surgiendo, primero en el ámbito científico y luego en el ámbito empresarial.

### 1.13 Contenido de la página Web de apoyo

El material marcado con asterisco (\*) sólo está disponible para docentes.



#### Resumen gráfico del capítulo

#### Autoevaluación

#### Lecturas adicionales

*Las comunicaciones. Conceptos básicos*, de Antonio Castro Lechmaler y Rubén Fusario, es parte del libro "Telecomunicaciones para Ingenieros de sistemas" (de próxima aparición), de Alfaomega Grupo Editor (64 páginas). Agradecemos a sus autores por permitir que su escrito sea parte de las lecturas complementarias de esta obra.

#### Presentaciones \*

# 2

## Sistemas numéricos

### Contenido

2.1 Introducción .....	26
2.2 Sistemas de notación posicional .....	26
2.3 Métodos de conversión de números enteros y fraccionarios .....	30
2.4 Operaciones fundamentales en binario .....	37
2.5 Operaciones fundamentales en octal y hexadecimal .....	39
2.6 Complemento de un número .....	42
2.7 Resumen .....	44
2.8 Ejercicios propuestos .....	46
2.9 Contenido de la página Web de apoyo .....	47

### Objetivos

- Justificar la utilización de dígitos binarios como elementos del lenguaje interno de la computadora.
- Justificar el empleo de los sistemas hexadecimal y octal como medio para “empaquetar” entidades binarias.
- Incorporar las nociones de operaciones en sistema binario, suma hexadecimal, suma octal y complemento binario.