

CAPÍTULO IV INFORMÁTICA Y DERECHO

Sergio L. MATUTE C.
Héctor FIX FIERRO

Presentación	173
------------------------	-----

PRIMERA PARTE EL DESARROLLO DE A INFORMÁTICA Y DE LOS IMPLEMENTOS DE CÁLCULO AUTOMÁTICO

1. Antecedentes de la informática	174
---	-----

CAPÍTULO IV

INFORMÁTICA Y DERECHO

Sergio L. MATUTE C.

Héctor FIX FIERRO

PRESENTACIÓN

Este trabajo pretende ofrecer un panorama, que por fuerza no puede ser exhaustivo, del desarrollo de las modernas computadoras, situadas en su contexto económico y social, y de la correlación entre esta tecnología y el derecho.

Se ha dividido por ello en dos partes. La primera contiene un panorama de la evolución de los instrumentos de cálculo automático. Consideramos de interés este panorama por diversas razones. La informática constituye un fenómeno que afecta directamente todos los ámbitos de nuestra sociedad y es previsible que este influjo se incremente en el futuro. Podemos decir que en cierto modo nos encontramos en una fase de transición donde lo viejo y lo nuevo conviven a veces en una problemática tensión.

Por otro lado, el surgimiento y difusión de las actuales tecnologías de la información puede considerarse ejemplar de la empresa en que se han convertido la ciencia y la tecnología en nuestra época. Por tratarse de un fenómeno muy moderno, su evolución está muy bien documentada y su conocimiento resulta de gran interés.

En efecto, si seguimos esta evolución podemos percibir claramente de qué manera el desarrollo de esta tecnología pasó de ser producto de esfuerzos individuales y aislados, a una empresa industrial y comercial de gran complejidad, impulsada por las necesidades de cambio social. Así también, conforme aumenta su importancia económica y se convierte en factor de productividad en otras ramas de actividad, su cre-

ciente peso económico genera poderosos intereses que determinan más tarde el desarrollo mismo de la tecnología y las modalidades de la regulación jurídica, como es el caso de los programas de cómputo o *software*.¹

De otra parte, en las tecnologías de la información confluyen diversas líneas evolutivas, por ejemplo, avances teóricos que en su momento no la tenían, encuentran después una aplicación práctica. Pero, sobre todo, confluyen en ellas las líneas de desarrollo más dinámicas en la actualidad: las comunicaciones, la electrónica, la microintegración, las tecnologías ópticas. Para completar una lista no exhaustiva deben mencionarse, en un nivel conceptual, la investigación de operaciones y de los procesos cognoscitivos.

La segunda parte examina las dos caras de la relación entre la informática y el derecho: la *informática jurídica* y el *derecho de la informática*. En ambos, ya puede observarse que la tecnología tiene efectos sobre la manera cómo se concibe y se opera con el derecho, así como sobre las categorías e instrumentos al alcance de la regulación jurídica.

PRIMERA PARTE

EL DESARROLLO DE LA INFORMÁTICA Y DE LOS IMPLEMENTOS DE CÁLCULO AUTOMÁTICO

1. ANTECEDENTES DE LA INFORMÁTICA

Uno de los problemas que suscitan con mayor intensidad la atención de los más diversos sectores de la cultura, ocupando así un lugar predominante, es la inserción del hombre en la era tecnológica.

Día a día se va asumiendo el complejo fenómeno tecnológico, que responde al hecho evidente de que los computadores forman parte integral de la estructura de la convivencia social de nuestros días, especialmente en las sociedades más evolucionadas.

Cada día son más las personas que en su vida profesional o privada experimentan las transformaciones surgidas del nacimiento de esta nueva técnica en diversos sectores de la vida social.

La informática emerge como ciencia llamada a cumplir un papel importante y a constituirse en uno de los medios más poderosos para

1 Véase, *infra*, segunda parte.

la superación de las dificultades derivadas de la aceleración del progreso y de la incalculable explosión informativa contemporánea.

La informática se define como la ciencia del tratamiento lógico y automático de la información.² Como tal, ha sido considerada comúnmente como una ciencia particular integrada a la cibernética. A pesar de presentarse esta opinión como algo lógico y evidente, entre las dos disciplinas existen diferencias. La cibernética se ocupa de los fenómenos de control y comunicación.³ La informática, si bien hace uso de las tecnologías desarrolladas con auxilio de la cibernética, se ocupa de las cuestiones de tratamiento, representación y manejo automático de la información. Además, la aplicación de procedimientos automáticos al manejo de la información es anterior al nacimiento formal de la cibernética, y los intentos por mecanizar las operaciones de cálculo son aún más antiguos.⁴

A. Los primeros implementos de cálculo

Ambición del hombre desde tiempo inmemorial ha sido el estar en posibilidad de realizar procesos por medio de mecanismos que lo liberen de la carga de llevar a cabo esos mismos, procesos de manera manual. El desarrollo de estos mecanismos tanto de producción cuanto de cálculo, así de control como de información, constituye la historia misma de la tecnología.

El primer instrumento manual de cálculo fue el llamado *ábaco*. El ábaco básicamente consistía en una caja dividida en un compartimiento superior y otro inferior, divididas a su vez por un elemento transversal, y ambas dotadas de hileras de cuentas que se deslizan por alambres colocados en forma vertical. El valor de un número se expresa moviendo las cuentas hacia la tabla que separa los compartimientos.

A través de una larga evolución el ábaco pasó de ser una tableta de barro ranurada hasta la forma que le conocemos actualmente. Este

2 Mathelot, Pierre, *L'informatique*, París, 1971, p. 7; Delpiazzo, Carlos E., "Una experiencia en el campo de la informática jurídica", *La Justicia Uruguaya*, tomo LXXXVII, p. 54, sección doctrina.

3 Pérez Luño, Antonio Enrique, *Cibernética, informática y derecho. (Un análisis metodológico)*, Bolonia, Publicaciones del Real Colegio de España, 1976, p. 17; Gutiérrez Chavero, Rafael, "La cibernética como ciencia del control y la comunicación", *Revista Mexicana de Ciencia Política*, México, nueva época, año XX, núm. 76, abril-junio 1974, p. 77, donde considera que la cibernética abarca a la informática como una de sus áreas fundamentales.

4 Fix Fierro, Héctor, *Informática y documentación jurídica*, presentación de Enrique Cáceres, México, UNAM, 1990, p. 44.

instrumento fue el dispositivo más importante de cálculo a lo largo de cuatro mil años, y difundido y utilizado en una amplia zona geográfica.

Muchos años habrían de pasar antes de que, en el año de 1642, Blas Pascal, físico y matemático francés, diseñara y construyera la primera máquina de sumar mecánica. Esta ingeniosa máquina es concebida por Pascal con un fin específico: auxiliar a su padre, por entonces recaudador de impuestos en la ciudad de Rouen, en sus labores de contabilidad.

En la máquina de Pascal una serie de ruedas, que representan unidades, decenas, centenas, etcétera, se engranan entre sí de manera que un giro completo de una de ellas produzca un avance de un paso en la siguiente. De esta forma se simula mecánicamente el acarreo aritmético, y a partir de este efecto se conseguía realizar sumas y restas de modo mecánico.

Los principios del mecanismo ideado por Pascal siguió siendo durante casi trescientos años el fundamento de las máquinas de cálculo mecánico. Sin embargo, pocos ejemplares de la máquina de Pascal son elaborados. La precisión necesaria para la manufactura de los engranes estaba fuera de las posibilidades de los artesanos de la época.

De cualquier modo, la máquina de Pascal no podía usarse en todos los problemas de cálculo, ya que sólo podía sumar y restar. Sin embargo, en 1761, Gottfried Wilhelm von Leibniz, filósofo y matemático alemán, aplicando el mecanismo de acarreo automático de Pascal, diseñó una calculadora que era capaz de multiplicar y dividir a base de sumas o restas sucesivas. De nuevo, al igual que la calculadora de Pascal, el diseño de Leibniz tropieza con las limitaciones de la tecnología mecánica de la época.

Sólo hasta después de la Revolución Industrial, con el perfeccionamiento de las técnicas de producción, es posible construir industrialmente aparatos tan refinados como las máquinas de Pascal o de Leibniz.

B. *Charles Babbage*⁵

El primer ser humano que conceptualiza una máquina que pudiese realizar cálculos matemáticos y otras operaciones a través de procesos mecánicos es el matemático inglés Charles Babbage. Este sabio británico fue también el inventor del velocímetro y del apartapiedras de los

5 Golden, Frederic. "Machine of the Year. Big Dimwits and Little Geniuses", *Time*, enero 3, 1983.

ferrocarriles, e igualmente fue él quien desarrolló las primeras tablas de esperanza de vida confiables.

Exasperado por las imprecisiones y errores de cálculo que encontró en las tablas matemáticas de su tiempo, el ingenioso Babbage llevó su fértil cerebro a la creación de una máquina que pudiera calcular, de manera rápida y precisa, largas listas de funciones, tales como los logaritmos.

El resultado fue un intrincado sistema de engranes y palancas llamado *máquina diferencial*, por estar basado su diseño en un algoritmo de cálculo como *método de las diferencias*.

Babbage únicamente logró construir un ejemplar de la máquina diferencial, dado que la tecnología mecánica de la época, aunque mucho más desarrollada que en tiempos de Pascal y Leibniz, difícilmente era capaz de elaborar las delicadas piezas que requería el dispositivo con la precisión y calidad necesarias.

Sin embargo, el temperamental genio había concebido ya una nueva idea aún más atrevida y compleja de llevar a la práctica. Esta idea lo llevó al diseño de la que llamó “Máquina analítica”. Aún más compleja que su antecesora, la máquina analítica involucraría muchos de los conceptos fundamentales en una computadora moderna.

La máquina de Babbage tenía un centro de proceso lógico, al cual Babbage llamaba *Molino*, que manipulaba datos de acuerdo a ciertas reglas. Igualmente, incorporaba una memoria o *almacén* para guardar datos temporales. Poseía una unidad de control que gobernaba la secuencia de realización de las operaciones. Y, finalmente, tenía los medios para llevar a cabo la entrada de datos o la comunicación de resultados. Además, lo más importante de todo, sus procedimientos operativos podían ser variados según las necesidades, es decir, la máquina analítica era programable.

Babbage trabajó en forma obsesiva por cerca de cuarenta años. Hasta su muerte, ocurrida en 1871, realizó un sinnúmero de diseños buscando simplificar los mecanismos que componían la máquina. A pesar de ello, la máquina analítica resultaba desesperadamente compleja en su construcción. Requería de millones de engranes, levas y bandas, todos ellos trabajando con absoluta precisión.

Para los constructores mecánicos de la época, que habían producido con grandes dificultades una máquina diferencial, resultaba imposible la elaboración de la nueva máquina. Aun para los más hábiles mecánicos de la época, con la tecnología de la época era imposible lograr la enorme precisión necesaria para la elaboración de los componentes de la máquina analítica.

Prácticamente nadie comprendía la importancia del trabajo que desarrollaba Charles Babbage, la enorme complejidad del diseño y las maravillas que prometía realizar hacían parecer el proyecto un sueño irrealizable. Sin embargo, existió una notable excepción: la bella y talentosa Ada Byron, hija del conocido poeta inglés lord Byron, condesa de Lovelace, quien se convirtió en confidente, auxiliar y abogada pública del genio. Cuando el gobierno inglés decidió suprimir los fondos para el proyecto de la máquina analítica, Ada y Babbage idearon un sistema de apuestas para recuperar el dinero. Perdieron miles de libras en ello.

La máquina analítica, finalmente, jamás fue construida. Pudo haber sido tan grande como un campo de fútbol y se calcula que habría requerido la potencia de media docena de locomotoras de vapor para activar sus mecanismos. Sin embargo, muchos de los conceptos de Babbage habrían de ser reinventados decenios más tarde y aplicados a las modernas computadoras. Por ejemplo, Babbage había concebido la idea de usar tarjetas perforadas como las empleadas para controlar diseño y colores en los telares diseñados por el francés Joseph M. Jacquard, para comunicar datos a la máquina. Ada describía poéticamente la imagen de la siguiente manera: “La máquina analítica teje patrones algebraicos tal como los telares de Jacquard tejen hojas y flores”. La arquitectura concebida por Babbage para la máquina resulta sorprendentemente similar a la arquitectura de una computadora moderna.

C. Herman Hollerith

a) El censo estadounidense de 1890

Ya desde el siglo XIX se hacían censos de población en los Estados Unidos de América cada diez años. Para el año de 1887, sin embargo, no estaban terminados todavía los cálculos del censo cuyos datos habían sido recogidos en 1880. Elaborado manualmente por centenas de empleados que utilizaban calculadoras de tipo mecánico, la obtención de estadísticas del censo se hacía por medio de largos y penosos procesos.

Si el censo de 1880 tomaba más de siete años de trabajo para obtener datos, era fácil suponer que el siguiente censo, el de 1890, se llevaría más de diez años de proceso antes de entregar resultados, que ya serían obsoletos, debido al rápido crecimiento poblacional que tenía a finales del siglo la Unión Americana.

Todo esto llevaba a una paradoja: el ciclo de levantamiento de información resultaba menor que el ciclo de producción de estadísticas. Se tomaban datos cada diez años y se entregaban resultados más de diez años después. De seguir el proceso, los resultados del censo de 1890 se tendrían, digamos, en 1902, para iniciar la evaluación del censo de 1900 con dos años de atraso y concluirlo, quizá, en 1917, y así sucesivamente.

El problema parecía grave y por ello se hacía necesaria una revisión de la metodología aplicada a la producción de los resultados. En previsión del censo del año de 1890, undécimo en la historia de los Estados Unidos, la oficina del censo lanzó una convocatoria para obtener un nuevo sistema de cálculo. El contrato lo obtuvo un joven experto en estadística, quien se hizo cargo del proyecto: Herman Hollerith.

Hollerith desarrolló un sistema de codificación para representar el nombre, la edad, el sexo, la dirección y otros datos esenciales de cada persona, por medio de agujeros hechos en una tarjeta de cartón, de manera muy similar a la ideada años atrás por Babagge, y su conteo se haría después por medio de equipo electromecánico. Particularmente, Hollerith aplica un efecto muy simple: la conductividad eléctrica.

Con gran ingenio, Hollerith, quien ya antes había registrado en la oficina de patentes el diseño de un freno electromagnético, concibe una serie de equipos e instrumentos utilizables en el proceso: perforadoras de tarjetas, lectores, contadores, etcétera. Aprovechando esta nueva tecnología, el gobierno de los Estados Unidos obtiene los resultados del nuevo censo en tan sólo dos años y medio, a pesar de que el crecimiento de la población había sido de alrededor de un 26% (de cincuenta millones en 1880, a sesenta y tres millones en 1890).

El gran éxito logrado en el censo estadounidense de 1890 provocó que las máquinas diseñadas por Hollerith fueran empleadas pocos años después en los censos de Austria y Noruega. Igualmente, fueron utilizados en el año de 1896 para efectuar el primer censo de la historia realizado en Rusia, en el cual se perforaron más de cien millones de tarjetas. Entre 1890 y 1925 una veintena de países como Inglaterra, Egipto, Portugal y Australia aplicaron las máquinas tabuladoras de Hollerith para realizar sus propios censos de población.

b) Una nación contada por electricidad

Todos los datos relativos a los núcleos familiares de los Estados Unidos (nombre, dirección, edad, etcétera), contenidos en trece millones de módulos creados por el censo de 1890, se transformaban en una

serie de agujeros en una tarjeta de cartón mediante un instrumento especial similar a un pantógrafo.

La tarjeta estaba dividida en doscientas cuarenta zonas, cada zona con un significado particular; por ejemplo, un agujero en una cierta zona indicaba que la edad del censado es de 30 años; en otra zona, que habita en la ciudad de Chicago, etcétera.

Para leer los datos registrados en estas tarjetas, eran colocadas, una a la vez, en un mecanismo especial que contenía ciertas agujas. Accionando una palanca, las agujas, recorridas por energía eléctrica, se aplicaban a la tarjeta; donde encontraban un agujero, pasaba la aguja y tocaba el plano inferior, que tenía recipientes con mercurio; se cerraba así el circuito eléctrico y se hacía avanzar en una unidad un contador.

La presencia de cuarenta dispositivos de conteo en la máquina “tabuladora” permitía contar simultáneamente muchas respuestas dadas por las personas censadas, mientras que otra máquina, la “clasificadora”, dividía rápidamente en bloques las tarjetas según la edad, sexo, lugar de nacimiento, etcétera. En cuanto se detectaba un agujero, o un grupo de agujeros específicos, se abría automáticamente un determinado recipiente, en el cual era colocada la tarjeta.

D. Las máquinas tabuladoras en el mundo de los negocios

En 1896 Hollerith funda la Tabulating Machine Company, con sede en la ciudad de Washington, para la elaboración de equipos de tarjeta perforada. Las máquinas de Hollerith se modifican, perfeccionan y se hacen más veloces. En particular, son ampliadas para realizar una mayor diversidad de operaciones con las tarjetas perforadas. Muy pronto las máquinas tabuladoras pasarían de las oficinas gubernamentales a las grandes empresas, y a las industrias, para resolver problemas de cálculo, en especial, procesos contables y administrativos.

Para fijar un estándar en el tamaño físico de la tarjeta y en el número de datos registrados en la misma, Hollerith elige la dimensión del billete de un dólar estadounidense⁶ y cambia las dimensiones y la posición de las perforaciones.

En los primeros años de este siglo, Herman Hollerith viaja incansablemente por América y Europa para promover sus máquinas de tarjetas perforadas.

⁶ Ese es precisamente el formato general que se utilizó en las tarjetas para computadora, hasta que cayeron en desuso en años relativamente recientes.

De 1900, cuando se realiza su introducción comercial, a 1940, estos equipos son modificados y perfeccionados constantemente. Se desarrollan nuevas máquinas basadas en los mismos principios, capaces de ejecutar, cada una, determinadas operaciones con las tarjetas perforadas. Las máquinas de Hollerith favorecieron y acompañaron la rápida expansión de la economía y la industria en todo el mundo, particularmente en los Estados Unidos.

Para 1910 se instalan las primeras máquinas de tarjetas perforadas en Europa. En Alemania la Empresa Eléctrica de Berlín y la I. G. Farben, de Leverkusen, adquieren sus equipos. A finales de la década funcionaban ya más de un centenar de instalaciones en Europa, casi todas en Alemania e Inglaterra. Tres años más tarde había ya cincuenta técnicos dedicados al mantenimiento de doscientas máquinas instaladas solamente en la región de Alemania y Austria-Hungría.

Las máquinas de registro unitario, como se conoce también a las máquinas a base de tarjetas perforadas, estaban en condiciones de reproducir los datos introducidos, de clasificarlos, subdividirlos, sumarlos, restarlos, multiplicarlos o dividirlos. Podían efectuar comparaciones y búsquedas, preparar resúmenes y prospectos, perforar sobre una tarjeta los resultados de sus propias operaciones e incluso imprimirlas.

Las empresas fabricantes de estos equipos pronto hicieron posible que los datos aceptados y emitidos por la máquina no solamente fueran números, sino también letras, permitiendo así la presentación de los resultados de un proceso de una manera más comprensible y amable.

E. Una economía en crecimiento

El rápido crecimiento de las empresas, el aumento de las tareas confiadas a los agentes públicos, el desarrollo de la industria y de la economía, especialmente en los Estados Unidos, requerían de nuevos instrumentos contables y organizativos.

El aumento en las dimensiones y la complejidad de las empresas generó la necesidad de disponer en forma rápida de una documentación cada vez más amplia. El valor de las máquinas de registro unitario para resolver problemas del mundo comercial, y productivo, consistía en su capacidad de reducir los archivos y la correspondencia, ya de por sí demasiado voluminosos, y obtener en tiempos más cortos resultados más precisos con la correspondiente disminución de costos. En especial, el procesamiento de datos a partir de máquinas de registro unitario permitía conocer, en todo momento, la situación exacta en que se encontraba una empresa.

Además, el impacto de la máquina de tarjeta perforada se dio no sólo en la mecanización de labores antes desarrolladas manualmente, sino en que permitía el desarrollo de otras tareas que hasta entonces resultaban imposibles, como el análisis de costos y de ventas. Las primeras organizaciones que utilizaron las máquinas a base de tarjeta perforada fueron las empresas encargadas de recolectar y elaborar grandes cantidades de información: las compañías telefónicas, para registrar y cobrar las llamadas; los ferrocarriles, para controlar el transporte de mercancía; las sociedades de seguros, para efectuar estadísticas de mortalidad y accidentes, etcétera.

Una de las empresas promotoras de este cambio fue la Computing Tabulating-Recording Company, que había nacido en 1911 de la fusión de la compañía fundada por Hollerith con otras dos pequeñas empresas, la International Time Recording y la Dayton Scale Co. Esta empresa cambia su nombre, en 1924, por el que conserva hasta la actualidad: International Business Machines Corporation (IBM). Su presidente desde 1914, Thomas J. Watson, previó siempre con gran entusiasmo el enorme potencial que tenían las máquinas de registro unitario aplicadas a los negocios.

En el año de 1928, manteniendo todavía la dimensión del billete de un dólar, la capacidad de la tarjeta para contener información casi se duplica y las columnas aumentan su número de 45 a 80. Los agujeros toman una forma rectangular y cada columna es perforada con una combinación de uno o más agujeros, los cuales representan una letra, un dígito, o un carácter especial.

Aplicaciones especiales de las tarjetas se lograban al subdividirla de manera conveniente mediante líneas verticales, o empleando colores para resaltar y diferenciar fácilmente ciertas zonas.

Con objeto de aumentar la cantidad de información archivada en una tarjeta, se recurría desde entonces al establecimiento de “códigos”; por ejemplo, para identificar productos se emplearon números preestablecidos en lugar de los nombres de los productos mismos, que pueden ser notablemente largos.

F. La elaboración del registro unitario

La elaboración de datos por medio de máquinas de registro unitario comprendía tres fases principales: introducción de datos en la tarjeta (perforación), su elaboración (clasificación, intercalación, cálculo, etcétera), la obtención de resultados, bajo la forma de perforaciones sobre otra tarjeta o en formas impresas (tabulación).

a) La fase de perforación

En la fase de perforación, los datos contenidos en el documento original, ya sea una forma de levantamiento de datos del censo, una orden de un cliente, una nota de entrega, etcétera, eran digitados por un operador sobre un teclado y convertidos en perforaciones sobre la tarjeta. Simultáneamente, esos datos se imprimen en forma normal sobre el borde superior de la tarjeta para lograr una comprensión más fácil del significado de las perforaciones.

Esta primera fase era la única que requería de la intervención directa del hombre, lo que ya desde entonces solía ser fuente de errores al teclearse incorrectamente algún dato. La corrección de las tarjetas se verificaba entonces por medio de otra máquina especial, llamada precisamente *verificadora*.

b) Clasificación, intercalación y cálculo

Las fases sucesivas a la perforación eran efectuadas por medio de máquinas que operaban de manera automática, con excepción de la transferencia de los grupos de tarjetas de una máquina a otra. El procesamiento de los datos perforados sobre la tarjeta frecuentemente se hacía en varias operaciones recorriendo los diversos tipos de máquinas.

La máquina *clasificadora* se encargaba de poner en orden las tarjetas según códigos preestablecidos; por ejemplo, introduciendo a la máquina un grupo de tarjetas, eran ordenadas según el número de código progresivo, o bien, subdivididas en más grupos según códigos diferentes y reunidas en casilleros específicos. Por otra parte, la llamada *intercaladora* funcionaba reuniendo varios grupos de tarjetas y generando un grupo único, ordenado según un criterio programado.

La forma de proceso más frecuente lo era, por supuesto, el cálculo, que se desarrollaba por medio de máquinas calculadoras que se programaban de forma que llevaban a cabo automáticamente operaciones aritméticas, utilizando para ello los datos contenidos en cada tarjeta, y con la capacidad de perforar los resultados sobre esta misma o en una nueva tarjeta.

c) La impresión de los resultados

Los resultados de procesamiento, además de ser perforados sobre tarjetas, podían ser también presentados en forma de documentos o forma impresa. Esta última fase se realizaba por medio de las máquinas

tabuladoras, las que imprimían directamente los datos contenidos en cada tarjeta; o por medio de dispositivos aritméticos especiales era posible sumar grupos de datos e imprimir los resultados y totales relativos de los diversos grupos de información.

G. *La tecnología electromecánica*

Las máquinas de registro unitario fueron posibles gracias a la aplicación de una nueva tecnología que hacía viable el sueño de Charles Babage: la tecnología electromecánica. En ella algunos implementos fueron los específicamente responsables de su funcionamiento y resultaban su corazón mismo.

a) El relé electromagnético

Las máquinas de tarjeta perforada tenían como componente básico los relés o relevadores electromagnéticos. En su forma más simple, el relé está constituido por una bobina de alambre y una armadura metálica; al hacer pasar una corriente eléctrica a través de la bobina, ésta induce un campo electromagnético en su núcleo y atrae a la armadura, provocando así el movimiento de los dispositivos mecánicos de la máquina, ya sea liberando una leva, provocando la rotación o parada de una rueda dentada, la transferencia de un juego de contactos eléctricos, etcétera.

Cientos de relés eran necesarios para la construcción de una máquina de registro unitario. El tiempo necesario para que un relé pase de una posición a otra es del orden de las centésimas de segundo, lo que hacía que este equipo resultara mucho más veloz que las máquinas mecánicas.

b) La escobilla de lectura

El procesamiento de la tarjeta perforada era posible en la medida que existían dispositivos de lectura que percibían las perforaciones, transformándolas en impulsos eléctricos.

El mecanismo, del que ya se ha hablado y del que se valió Hollerith para detectar la presencia de una perforación en una tarjeta, se sustituyó tiempo después por mecanismos más elaborados y veloces. Primero, las agujas y el recipiente de mercurio fueron sustituidos por escobillas retráctiles y superficies de contacto de alta conductividad, sistema al que se le añadió un mecanismo de banda para hacer pasar las tarjetas una por una frente al detector. Más adelante, con el desarrollo de la

electrónica, el sistema lector de perforaciones fue sustituido por luz y dispositivos fotosensibles que hicieron el proceso mucho más veloz y confiable.

c) El tablero de control

Para adecuar las máquinas de registro unitario a la solución de diferentes problemas, como pasar de la preparación de pagos a la emisión de facturas, era necesario hacer los cambios de programación correspondientes sobre un tablero de control.

El tablero de control estaba compuesto por una placa que presentaba una serie de orificios en los que se conectaban cables con una terminación metálica, la cual establecía una interconexión con los diversos mecanismos internos de la máquina, de una manera similar a la que se usaba en un conmutador telefónico antiguo. Al hacer las conexiones en el tablero se ponían en contacto los diferentes circuitos de la máquina, de manera que operaba en secuencias establecidas por las conexiones mismas.

d) Los contadores y la memoria

La ejecución de la operaciones aritméticas estaba a cargo de los mecanismos de cálculo o contadores, formados por grupos de ruedas y engranes dentados en movimiento, cuyas diferentes posiciones correspondían a las varias cifras decimales. Si, durante el curso de una operación, un dato tiene que ser utilizado más de una vez en operaciones sucesivas, intervenía la "memoria", un dispositivo electromecánico que era detenido en una cierta posición, "recordando" así la cifra en cuestión por todo el tiempo que fuera necesario.

e) Procesamiento de datos

Antes de la introducción de las máquinas de registro unitario, todos los procedimientos administrativos (desde la contabilidad de los clientes, hasta la liquidación de las facturas y pago de nóminas a los empleados) se efectuaban manualmente, con la intervención de un gran número de empleados y a través de sucesivas transcripciones en los libros de contabilidad, dando lugar a notables atrasos y frecuentes errores.

Mediante los procedimientos de registro unitario, toda la información era registrada una sola vez sobre las tarjetas perforadas, que podrán ser utilizadas en forma sucesiva, y podían ser elaboradas, según las nece-

sidades, de muchas maneras diferentes, hasta llegar a los resultados deseados. Se eliminaban de esta forma los errores causados por las continuas transcripciones y se evitaban también las costosas repeticiones en el registro de datos similares.

Además, por primera vez fue posible satisfacer requerimientos imprevistos de información (por ejemplo: un listado de todos los clientes deudores del mes anterior) y obtener estadísticas sobre la situación de la empresa día por día.

El fenómeno que, en el censo de 1890, causó la invención de las máquinas de registro unitario se hacía presente a principios de siglo en las grandes empresas. Así como en el censo de 1890 una forma de operación se había hecho obsoleta y la entrega de resultados se hacía cuando los mismos ya eran anticuados, así algunas organizaciones estaban sufriendo problemas de operación que hacían casi imposible su funcionamiento.

En este marco las máquinas de tarjeta perforada fueron una solución que apareció oportunamente en un mundo que se transformaba rápidamente hacia la modernidad. En pocos años casi todas las grandes empresas fueron creando sus centros de cálculo, basados en equipo de registro unitario, y adaptando sus procesos para orientarlos a la nueva tecnología.

H. El desarrollo de las aplicaciones

Las aplicaciones de los centros de registro unitario eran numerosas y podían, como en el caso de las computadoras electrónicas desarrolladas más tarde, cubrir casi todas las actividades de una empresa pública o privada.

Era ya posible, por ejemplo, mecanizar la contabilidad de una tienda, desde la adquisición de los productos hasta su almacenaje y, posteriormente, su venta. Esto permitía, además de conocer en cualquier momento la disponibilidad de un cierto artículo, saber cuál era el valor total de todos los productos en el almacén.

La producción de una fábrica podía ser controlada por programas desarrollados para ese efecto, desde los varios procesos de maquila, o la cantidad de piezas por producir. Así era posible determinar, tras un cierto proceso, el costo de venta de cada producto. Igualmente resultaba fácil preparar facturas para enviar al cliente, controlando de esta forma todas las modalidades de pago y las facturas vencidas.

A través del registro de las horas trabajadas por cada uno de los empleados, automáticamente se preparaban las tarjetas que cubrían el

pago de sus servicios, mientras de toda esta información se obtenía un reporte general de contabilidad fiscal, con datos particulares sobre cualquier actividad desarrollada.

Existían también muchas aplicaciones particulares a ciertas empresas o instituciones como, por ejemplo, la preparación de recibos de la luz o del gas, y el registro de los impuestos pagados por los causantes en una determinada región o país.

Sin embargo, el desarrollo de cada aplicación requería de la programación del equipo, lo cual se hacía a través de un alambrado en el panel de cada uno de los equipos. Esto hacía de la programación una labor compleja que sólo unos pocos especialistas podían realizar. Un pequeño cambio en el proceso solía representar horas o días para ser establecido en la programación del equipo. La programación de aplicaciones se hacía generalmente sólo para aplicaciones genéricas por el costo que representaba para las empresas el desarrollo de programas específicos de acuerdo a sus necesidades.

I. Las máquinas de registro unitario en el mundo

Es después de la Segunda Guerra Mundial cuando nacen las primeras calculadoras electrónicas y se empieza su construcción en serie, y los centros de registro unitario continúan desarrollándose en gran escala en todo el mundo.

Las máquinas de tarjetas perforadas se hacen cada vez más perfectas y más veloces, gracias a la adición de circuitos electrónicos capaces de llevar a cabo nuevas y más complejas operaciones.

a) Los centros de registro unitario en Europa

En los primeros diez años del siglo XX, las máquinas de registro unitario tuvieron, como ya se ha mencionado, mucho éxito en Inglaterra y Alemania, instalándose también en otros países de Europa. Mientras, se continuó el empleo de las instalaciones de Hollerith para los censos de población desde Noruega hasta Egipto y de Portugal hasta Bulgaria.

Un centenar y medio de máquinas habían sido instaladas en Europa en el primer decenio del siglo, por cuenta de organismos públicos, empresas industriales y organizaciones comerciales. Para los años veinte en Inglaterra se contaba ya con cien instalaciones, y en Alemania funcionaban ciento dieciséis tabuladoras y un centenar de clasificadoras.

La primera instalación de máquinas de registro unitario en Italia se lleva a cabo en 1914, cuando algunas unidades son entregadas a la

Compañía Pirelli y al Instituto Nacional de Seguros. Al inicio de los años treinta, diversos centros fueron instalados para empresas de gobierno. De esta forma, para 1940, Italia contaba con sesenta instalaciones y, de una ligera disminución sufrida a raíz de la guerra, el número se eleva rápidamente a ochenta en 1948, y ciento treinta y nueve para 1950.

En la Unión Soviética, el control del gigantesco Plan Quinquenal, iniciado en 1927, requirió la instalación masiva de equipo de registro unitario con lo que en 1929 este país ya era el tercer usuario en volumen de equipo de tarjeta perforada, superado solamente por Estados Unidos y Alemania.

En Francia se constituye, en 1919, la Société Internationale des Machines Commerciales, con sede en París, para la comercialización, en Francia y otros países de Europa, del equipo a base de tarjetas perforadas. Entre los primeros clientes franceses se encontraban la Compagnie des Chemins de Fer du Nord, la Renault y la perfumería Roger et Gallet.

b) Los centros de registro unitario en América Latina

A Brasil le correspondió el honor de instalar los primeros centros de registro unitario en América Latina. Fue en 1921 y se instalaron en: Ferrocarril Oeste de Minas, Ferrocarril Central de Brasil, el Departamento de Salud Pública y el Ministerio de Guerra.

En 1925 se instalan centros similares en Argentina, en la Dirección de Estadísticas, en La Plata; y en Buenos Aires y en el Banco Hipotecario Nacional; en Chile, en los Ferrocarriles Chilenos del Estado.

México tuvo su primer centro en 1927 en los Ferrocarriles Nacionales, y, en 1928, las empresas Petróleos El Águila, la fábrica de papel San Rafael y el Banco de México realizaron sus propias instalaciones. En 1929 se instaló equipo en la Compañía de Luz y en el Departamento Central. En ese mismo año, la empresa Petróleos El Águila puso en marcha centros de registro unitario en Tampico y Coatzacoalcos, que fueron las primeras instalaciones fuera de la capital del país. El Departamento de Estadísticas, por otra parte, equipó un centro de cálculo para preparar la realización del Censo de Población del año 1930.

En el año de 1930, el gobierno de Perú instala su primer centro de registro unitario en la Superintendencia General de Aduanas.

El primer centro de cálculo con equipo de tarjeta perforada instalado en Centroamérica tuvo su sede en Guatemala, cuando se instala un

equipo registro unitario en la empresa Ferrocarriles Internacionales de Centroamérica.

Las primeras máquinas capaces de procesar no sólo números, sino textos, de América Latina, se instalaron en 1934 en Brasil y México.

Las tarjetas, el elemento básico para la operación de los centros, fueron fabricadas en Argentina desde 1927, en México a partir de 1928, y en Brasil desde 1935. Los otros países de la región las tenían que importar.

Los demás territorios de América Latina se fueron incorporando paulatinamente a la instalación de centros de cálculo, y así tenemos que ingresan al grupo, en 1938, Colombia, Uruguay y Venezuela; en 1941, Panamá, en la Agencia de Seguro Social; para 1942, Bolivia; en 1944, Costa Rica en la Caja de Seguro Social, y Paraguay; durante 1945, El Salvador en su Ministerio de Hacienda.

En 1946, en México, se abren sucursales de venta de equipo de tarjetas perforadas en las ciudades de Guadalajara y Monterrey. En el año de 1949, Honduras abre su primer centro en el Ferrocarril de Tela. El último país latinoamericano en contar con un centro de cálculo mecánico fue Nicaragua, en 1954, que instaló el gobierno a través del Ministerio de Finanzas y Crédito Público.

J. La Mark I

La aplicación de la máquinas de registro unitario tenía, para los años treinta, como ya se ha comentado, una amplia difusión en las grandes empresas y agencias gubernamentales. Sin embargo, la necesidad de implementos de cálculo para resolver aplicaciones científicas aún se encontraba insatisfecha.

Desde luego, se habían realizado aplicaciones de máquinas de tarjeta perforada al cálculo científico, entre las que cabe destacar la experiencia de L. J. Comrie, científico inglés, quien calcula la órbita lunar en 1935 con una máquina tabuladora, empleando para ello medio millón de tarjetas perforadas. Sin embargo, la complejidad de cálculo es mucho mayor en una aplicación científica, como el cálculo astronómico, que en un proceso administrativo. Por ello diferentes proyectos surgieron, especialmente en algunas universidades, para el desarrollo de máquinas con un poder de cálculo mayor.

Después de siete años de diseño y planeación, en 1944 el profesor Howard H. Aiken, de la Universidad de Harvard (Estados Unidos), en colaboración con la empresa IBM, desarrolla el primer calculador au-

tomático universal de tipo electromecánico que resultaba totalmente funcional. En el diseño fueron aplicados, en gran medida, los conceptos fundamentales desarrollados por Charles Babbage casi cien años antes.

Coincidiendo con las ideas de Babbage y recogiendo la experiencia generada en el diseño de los dispositivos de tarjeta perforada desarrollados por Herman Hollerith, Aiken aplicaba la alimentación de datos por medio de perforaciones practicadas en algún material.

Bautizada como *Mark I*, la máquina de Aiken era definida por su creador como un calculador controlado por secuencia automática (*Automatic Sequence Controlled Calculator*). Era guiado, para su funcionamiento, por una secuencia de instrucciones codificadas por medio de perforaciones en una cinta de papel o en tarjetas de cartón.

Leyendo las instrucciones y los datos, introducidos por medio de las cintas perforadas o por medio de interruptores manuales, la máquina continuaba su operación sin intervención humana, y comunicaba los resultados de sus cálculos por medio de dos máquinas de escribir eléctricas que tenía conectadas, o bien perforándolos sobre nuevas tarjetas de una manera muy similar a la utilizada en el equipo de registro unitario.

Familiarmente llamado *Bessie*, el Mark I estaba en realidad constituido por 78 calculadoras electromecánicas interconectadas entre sí en forma de cascada, de manera que el resultado de una calculadora era llevado a la siguiente, y así sucesivamente. Requería de cerca de cuatro mil relés que accionaban todo tipo de elementos mecánicos como acumuladores a rueda, contadores, etcétera. La capacidad de cálculo del Mark I resultaba sorprendente para aquel tiempo, pues era capaz de sumar dos cifras de 23 dígitos en sólo tres décimas de segundo y multiplicarlos empleando únicamente seis segundos para ello.

El Mark I pesaba cinco toneladas y fueron necesarios en su alambrado cerca de ochocientos kilómetros de cable eléctrico.

Notablemente la experiencia de Aiken, en Estados Unidos, tenía un paralelo en Alemania, donde Konrad Zuse había construido, en la sala de la casa paterna y con medios rudimentarios, una calculadora electromecánica en 1936. A esa máquina, llamada Z1, le siguieron modelos cada vez más perfeccionados: Z2, Z3 y Z4, que utilizaban millares de relés. El gobierno de Alemania financió parcialmente el desarrollo de Zuse durante la Segunda Guerra Mundial. Aun cuando Zuse no tenía conocimiento alguno de los trabajos que se realizaban en los Estados Unidos e Inglaterra, introdujo en sus equipos dos principios

fundamentales de las computadoras modernas: la representación binaria de los números y el control programado por medio de cinta perforada.⁷

La serie Mark desarrollada por Aiken alcanzó su cuarta edición. El modelo más avanzado de computadora del tipo electromecánico que se construyó jamás, la Mark IV, fue desmontada a principios de la década de los años sesenta. La tecnología electromecánica, como en su tiempo la tecnología de tipo netamente mecánica, había sido superada. Al ser desmontada la Mark IV, una época terminaba, las máquinas electromecánicas se desvanecían ante una nueva tecnología que entraba en su etapa de consolidación: la electrónica.

2. LA ERA DE LA COMPUTACIÓN ELECTRÓNICA

A. *La primera generación de computadoras*

La tecnología electromagnética había permitido la construcción de los primeros equipos capaces de realizar el cálculo automático. Sin embargo, la velocidad de cálculo, que al principio parecía pasmosa, resultaba cada vez más insatisfactoria, especialmente en la realización de cálculos complejos. Aunado a esto, la dificultad de la construcción de estos equipos parecía insuperable. Cuando la arquitectura se hacía compleja, la parte mecánica de estas máquinas resultaba el aspecto más débil.⁸

De una manera casi simultánea al proyecto de la Universidad de Harvard, la Universidad de Pennsylvania propone, en 1943, al Ejército de los Estados Unidos de América, la realización de una máquina de cálculo similar en cuanto a sus funciones. La diferencia fundamental del proyecto de Pennsylvania era la aplicación de una tecnología radicalmente distinta.

La ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), nombre con que el se conoció esta máquina, se basaba en un nuevo y revolucionario dispositivo desarrollado pocos años antes: la válvula termiónica o bulbo.

7 El ingenio de Zuse y la situación de austeridad durante la guerra lo llevó a soluciones realmente ingeniosas. Por ejemplo, usó película fotográfica vieja de 35 mm para alimentar datos a sus máquinas. Aprovechaba que esta película tenía la consistencia suficiente y perforaciones en los bordes que hacían posible moverla por medio de engranes.

8 "Los problemas científicos superan nuestra capacidad de solución no por causa de las dificultades teóricas, sino por las limitaciones del cálculo mecánico" (Howard H. Aiken).