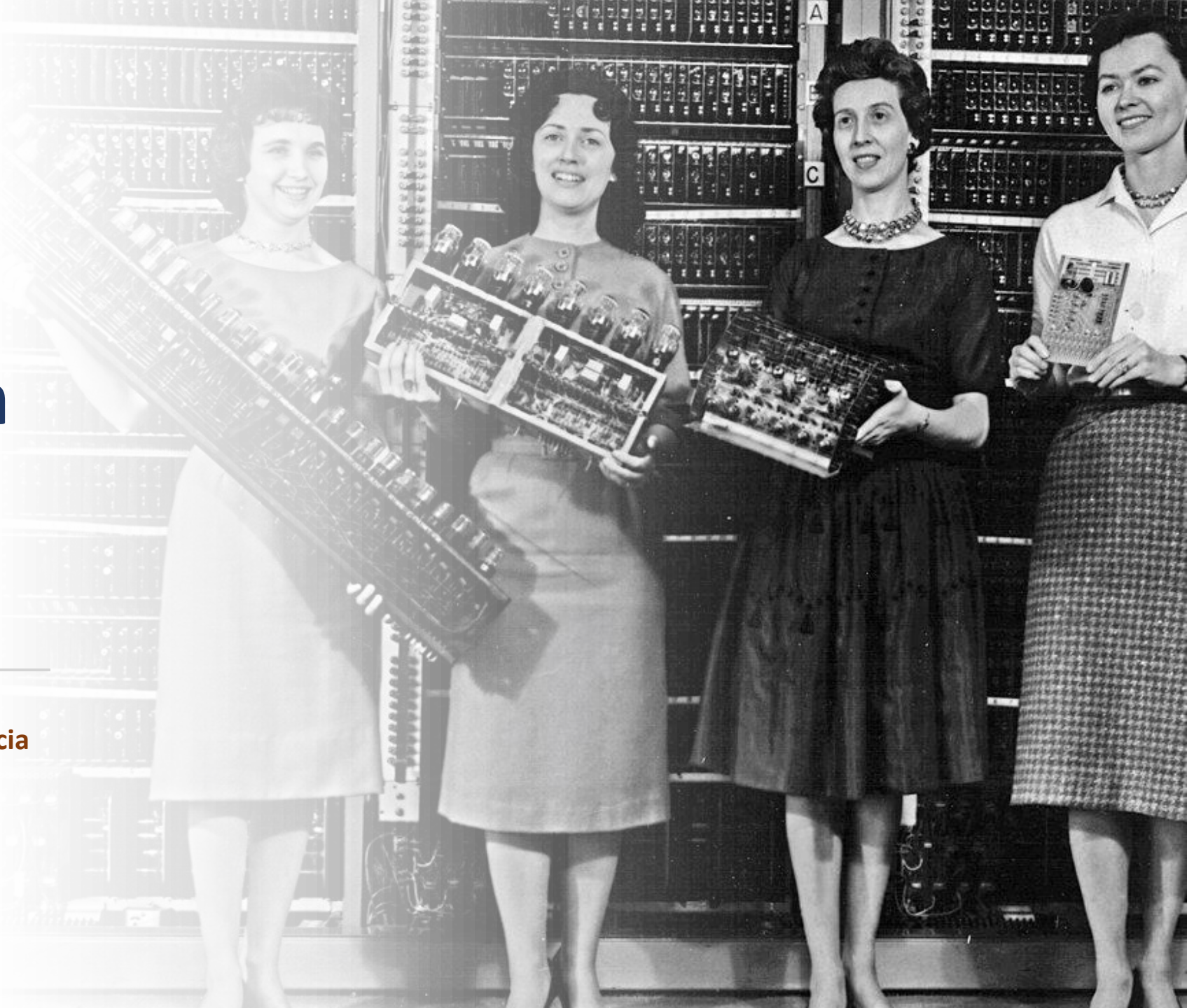


TEMA 2.2.

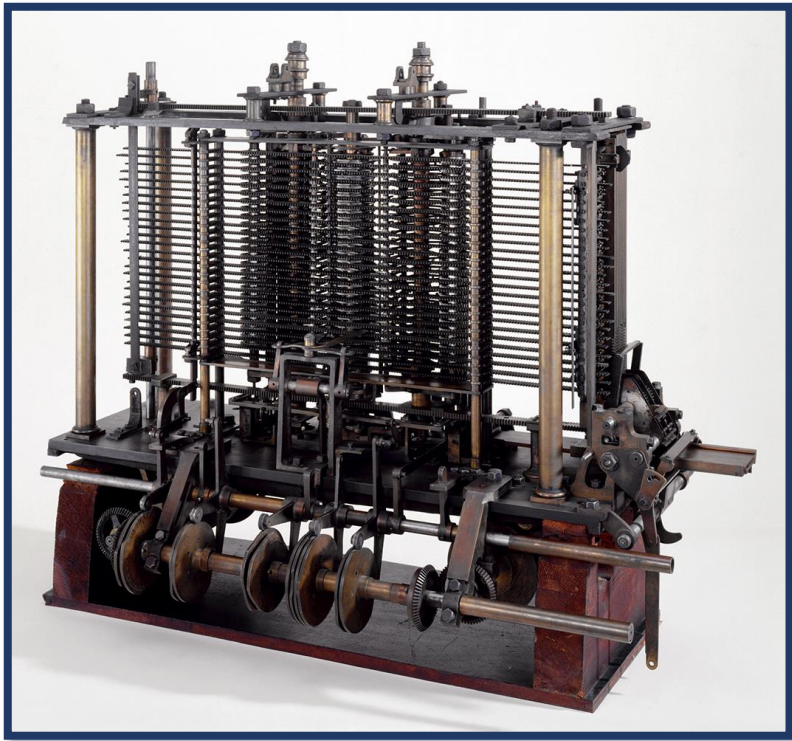
La computación y los primeros ordenadores

Antecedentes y desarrollo de la Inteligencia
Artificial

Grado en Inteligencia Artificial



Charles Babbage y la máquina analítica

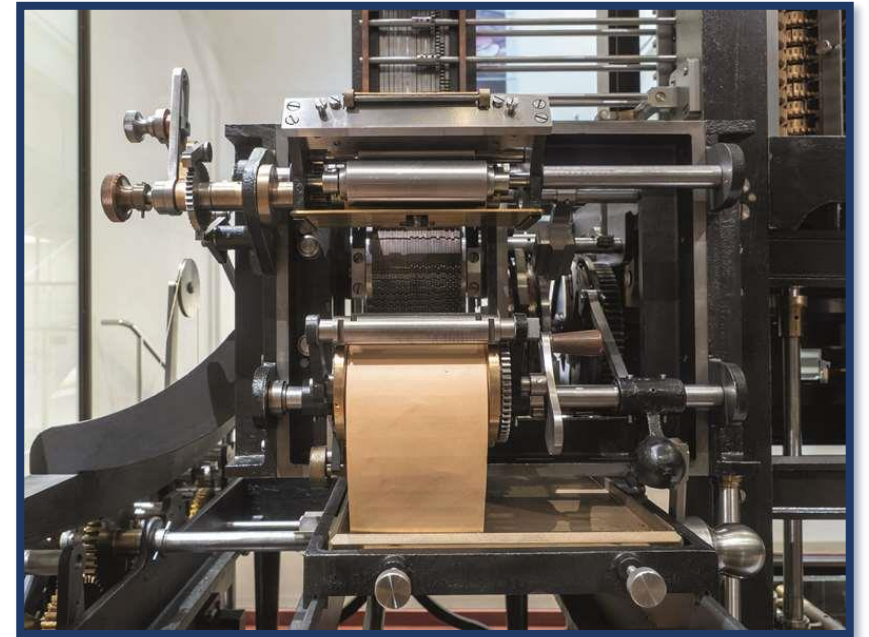


Charles Babbage fue un matemático y científico de la computación británico. Desarrolló una calculadora mecánica (la máquina diferencial) capaz de calcular tablas de funciones numéricas por el método de diferencias. Entre 1833 y 1842 diseñó la máquina analítica para hacer cualquier tipo de cálculo, sin embargo nunca llegó a construirla. Hoy en día se considera a la **máquina analítica** de Babbage como la **primera computadora**. La máquina analítica tenía **dispositivos de entrada** basados en las tarjetas perforadas de Jacquard, un **procesador aritmético**, que calculaba números, una **unidad de control** que determinaba qué tarea debía ser realizada, un **mecanismo de salida** y una **memoria** donde los números podían ser almacenados hasta ser procesados.

La computación y los primeros ordenadores

Charles Babbage y la máquina analítica

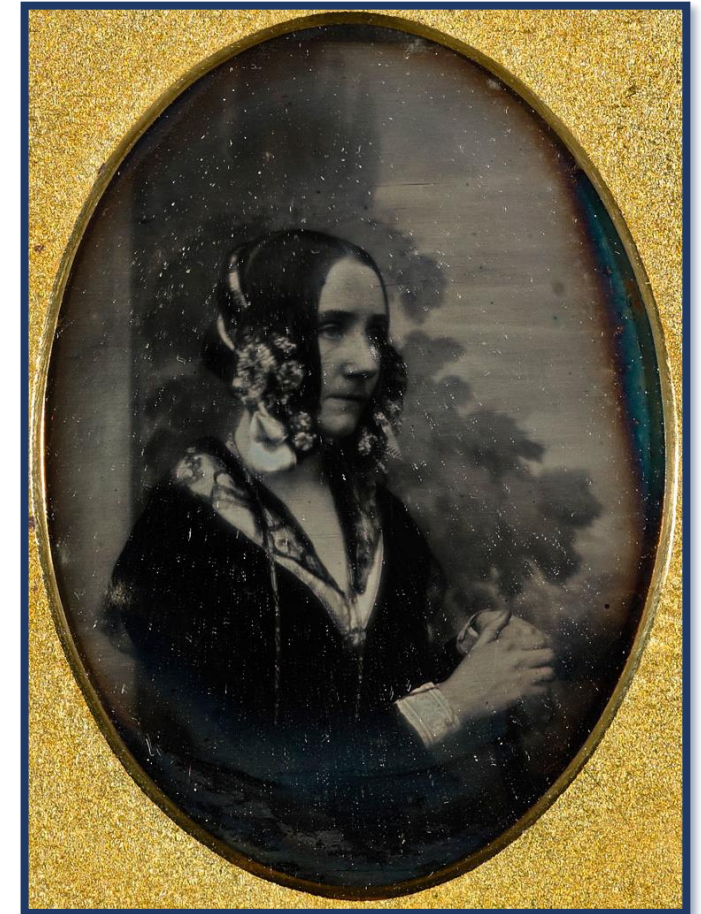
Además de la máquina analítica, Babbage también diseñó una **impresora mecánica** que era capaz de imprimir en papel los resultados de las operaciones que ejecutase el aparato. Desgraciadamente, por una serie de cuestiones políticas y económicas, la máquina de Babbage **nunca llegó a ser construida**. Sin embargo, en la década de 1990 científicos del Museo de Ciencias de Londres realizaron una **réplica funcional de la máquina analítica** a partir de los planos de Babbage y sin apenas modificaciones, comprobando así su funcionalidad. En la década siguiente, también desde el Museo de Ciencias de Londres, se realizó una **réplica funcional de la impresora** diseñada por el célebre científico de la computación.



La computación y los primeros ordenadores

La máquina analítica. Ada Lovelace y el primer programa de ordenador

Ada Lovelace (también conocida como Ada Byron), fue una matemática y escritora británica, célebre sobre todo por su trabajo acerca de la computadora mecánica de uso general de Charles Babbage, la mencionada **máquina analítica**. Fue la primera en reconocer que la máquina tenía aplicaciones más allá del cálculo puro y en haber publicado lo que se reconoce hoy como el **primer algoritmo destinado a ser procesado por una máquina**, por lo que se la considera como la **primera programadora de ordenadores**. Lovelace fue la única hija legítima del poeta lord Byron y su esposa lady Byron.

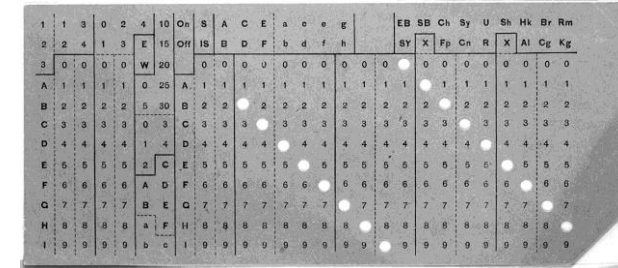


La computación y los primeros ordenadores

Almacenamiento de datos. Herman Hollerith y la máquina tabuladora

En la **oficina del censo de los EEUU** en el año 1887 todavía se estaba llevando a cabo a mano el censo del año 1880. Según los cálculos de los trabajadores de la oficina, teniendo en cuenta el enorme aumento de población que se estaba produciendo en aquellos momentos, para realizar el censo de 1890 necesitarían más de 10 años.

En 1890, **Herman Hollerith** había desarrollado un sistema de **tarjetas perforadas eléctricas** y basado en la **lógica de Boole**, aplicándolo a una **máquina tabuladora** de su invención. Esta máquina se utilizó para realizar el censo de los Estados Unidos ese mismo año, y en total todo el proceso duró tan solo dos años y medio.



1	1	3	0	2	4	10	On	S	A	C	E	a	c	e	E	EB	SB	Ch	Sy	U	Sh	Hk	Br	Rm
2	2	4	1	3	E	15	Off	IS	B	D	F	b	d	f	h	BY	X	Fp	Cn	R	X	Al	Cg	Kg
3	0	0	0	0	W	20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	1	1	1	1	0	25	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	2	2	2	2	5	30	B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C	3	3	3	3	0	3	C	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
D	4	4	4	4	1	4	D	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E	5	5	5	5	2	5	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	6	6	6	6	A	6	F	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
G	7	7	7	7	B	7	G	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
H	8	8	8	8	A	8	H	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
I	9	9	9	9	b	9	I	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9



La computación y los primeros ordenadores

De la Tabulating Machine Company hasta IBM

En 1896, Hollerith fundó la **Tabulating Machine Company** con el objetivo de comercializar su máquina por el mundo. Esta empresa se fundiría con otras tres dedicadas fundamentalmente a la producción de relojes de fichar, dando lugar en 1911 a la **Computing Tabulating Recording Company** (CTRC). Unos años más tarde, en 1924, la empresa fue renombrada con el nombre que ha mantenido hasta la actualidad, **International Business Machines**, que todos conocemos por las siglas de **IBM**.



¿Teoría, Ley o Teorema?

PROPOSICIÓN: Enunciación de una verdad demostrada o que se trata de demostrar.

POSTULADO: Proposición cuya verdad se admite sin pruebas para servir de base en posteriores razonamientos.

AXIOMA: Proposición tan clara y evidente que se admite sin demostración.

TEOREMA: Proposición demostrable lógicamente partiendo de axiomas, postulados o de otras proposiciones ya demostradas.

LEY: Es una regla o un conjunto de normas, que describen las relaciones que existen entre los componentes que intervienen en un fenómeno o un sistema concreto. Deben ser reglas invariables (que no pueden ser modificadas), universales (que deben ser válidas para todos los elementos del fenómeno que describe) y necesarias (que deben bastarse por sí mismas para describir el fenómeno en cuestión).

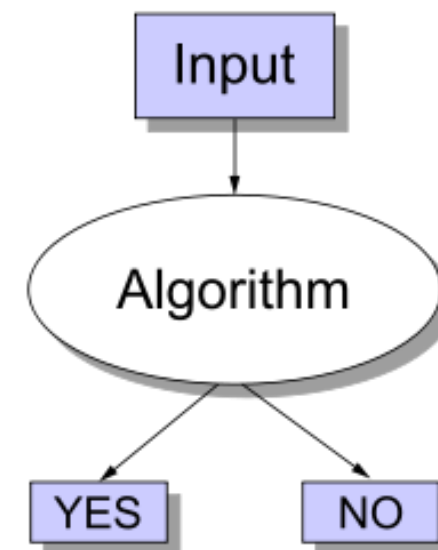
TEORÍA: Es un sistema de conocimientos estructurados de forma lógica, establecido a partir de un conjunto de axiomas, datos empíricos y postulados, cuyo objetivo es consignar bajo qué condiciones se generan determinados supuestos. Trata de describir y comprender una parte de la realidad o de un campo científico en particular.

La computación y los primeros ordenadores

El problema de decisión y los algoritmos en la computación.

El problema de decisión (Entscheidungsproblem) fue un reto en lógica simbólica para encontrar un **algoritmo general** que decidiera si una fórmula de cálculo de primer orden es un **teorema**. El problema fue planteado inicialmente por Leibniz en el siglo XVII luego de construir su máquina mecánica de cálculo. **David Hilbert** formalizó el problema en el VII Congreso Internacional de Matemáticas (Bologna, 1928), planteando la búsqueda de un procedimiento algorítmico válido para solucionar las posibles cuestiones matemáticas, a través de tres preguntas:

- ¿Son las matemáticas completas?
- ¿Son las matemáticas consistentes?
- ¿Son las matemáticas decidibles?



El problema de decisión y los algoritmos en la computación.

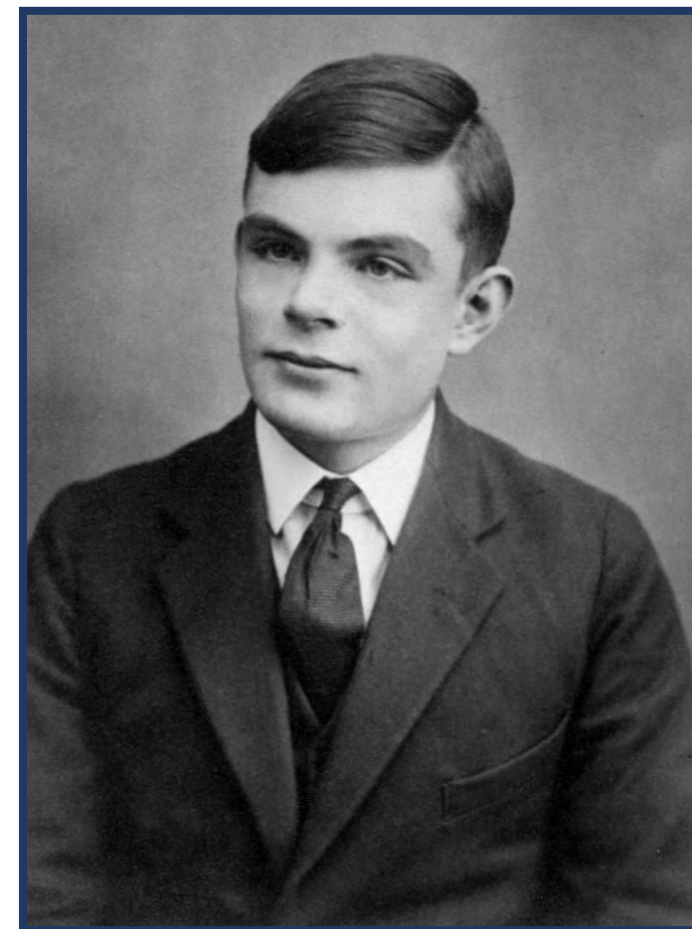
Kurt Gödel, mediante los **teoremas de Incompletitud** demostró que las dos primeras preguntas no eran ciertas, debido a que “En cualquier formalización consistente de las matemáticas que sea lo bastante fuerte para definir el concepto de los números naturales, se puede construir una afirmación que ni se puede demostrar ni se puede refutar dentro de ese sistema”.

Sin embargo, no podían resolver la tercera pregunta. La dificultad estaba en la ausencia de significado de lo que se entiende por un “**procedimiento mecánico**”. En 1936, **Alan Turing** en su trabajo *Acerca de los números computables*, introduce el concepto de la **máquina de Turing** y, junto a Alonzo **Church**, ambos demostraron de forma independiente que es **imposible escribir tal algoritmo**. Como consecuencia, es también **imposible decidir con un algoritmo general si ciertas frases concretas de la aritmética son ciertas o falsas**. Estos trabajos supusieron el marco teórico para el desarrollo de la computación moderna.

Alan Turing (1912-1954) y la revolución de las computadoras

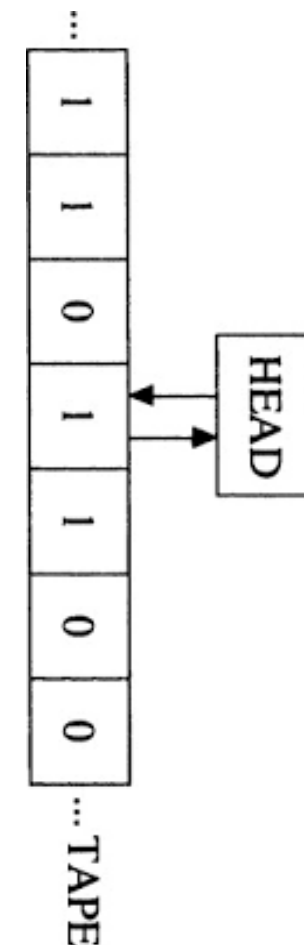
Alan Mathison Turing fue un matemático, lógico, informático teórico, criptógrafo, filósofo y biólogo teórico británico. Es especialmente recordado por haber dirigido el proceso de descryptación de la **máquina enigma** de los nazis durante la **Segunda Guerra Mundial**. Según diversos expertos, la descryptación de estos mensajes cifrados no solamente habrían ayudado a los aliados a ganar la guerra, sino que probablemente también redujo la duración del conflicto en al menos dos años.

Además de esta importante contribución, Alan Turing es recurrentemente identificado como el **padre de la informática** moderna gracias a que diseñó y describió la denominada **máquina de Turing**.



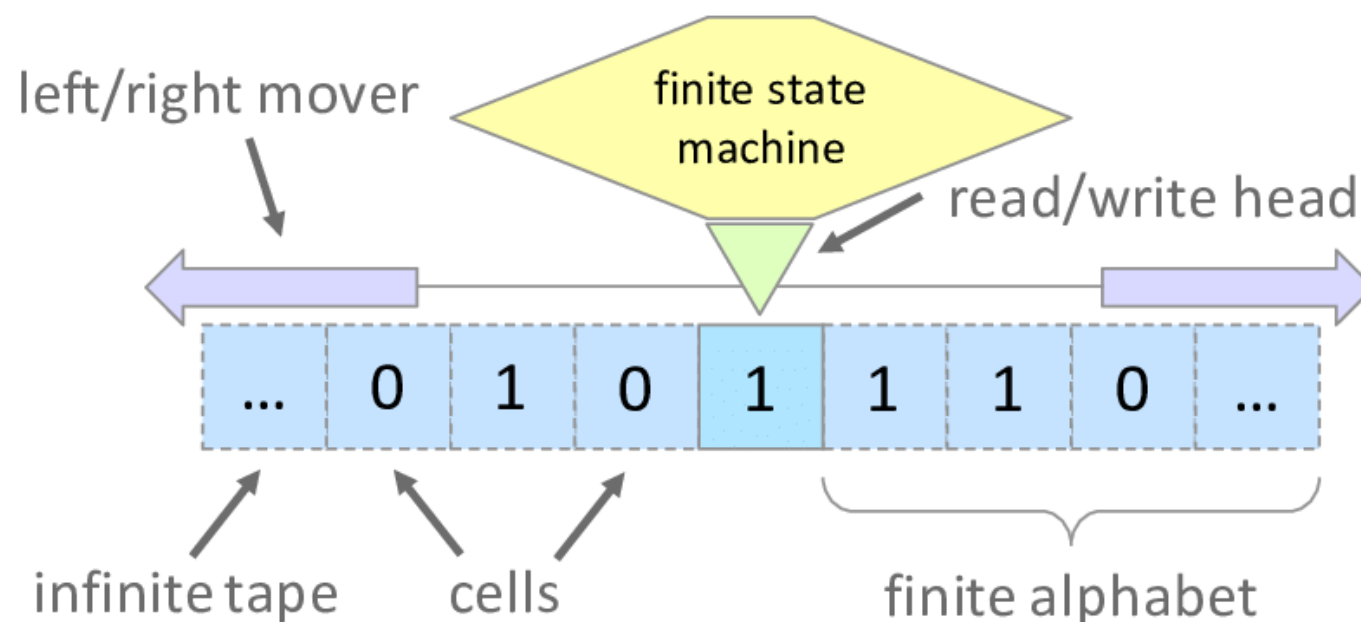
La máquina universal de Turing

Una **máquina de Turing** es un dispositivo que **manipula símbolos sobre una tira de cinta de acuerdo con una tabla de reglas**. A pesar de su simplicidad, una máquina de Turing puede ser adaptada para simular la lógica de cualquier algoritmo de computador y es particularmente útil en la explicación de las funciones de una **CPU** dentro de un ordenador. **Turing** demostró que dicha máquina era capaz de resolver cualquier problema matemático que pudiera representarse mediante un algoritmo. Llegó a probar que no había ninguna solución para el problema de decisión, demostrando primero que el problema de la parada para las máquinas de Turing es irresoluble: **no es posible decidir** algorítmicamente si una **máquina de Turing** dada **llegará a pararse o no**. Aunque su demostración se publicó después de la demostración equivalente de **Alonzo Church** respecto a su cálculo lambda, el estudio de Turing es mucho más accesible e intuitivo.



La máquina universal de Turing

La **máquina de Turing** modela matemáticamente a una máquina que opera mecánicamente sobre una **cinta**. En esta cinta hay **símbolos** que la máquina **puede leer y escribir**, uno a la vez, usando un **cabezal lector/escritor** de cinta. La operación está completamente determinada por un conjunto finito de **instrucciones elementales**.



La computación y los primeros ordenadores

La máquina universal de Turing

La **máquina de Turing** modela matemáticamente a una máquina que opera mecánicamente sobre una **cinta**. En esta cinta hay **símbolos** que la máquina **puede leer y escribir**, uno a la vez, usando un **cabezal lector/escritor** de cinta. La operación está completamente determinada por un conjunto finito de **instrucciones elementales**.



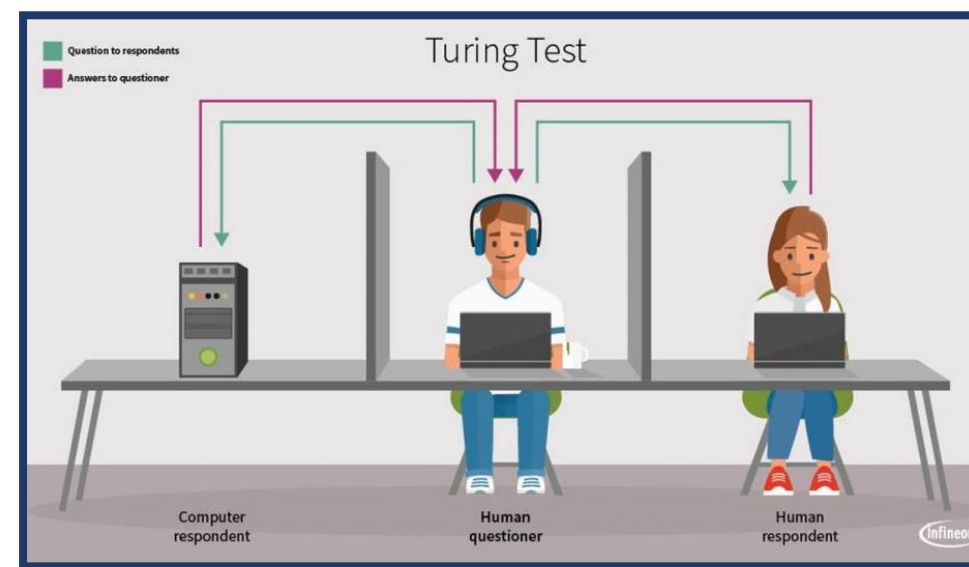
¿Qué es una máquina de Turing?

La computación y los primeros ordenadores

El Test de Turing y la inteligencia artificial

Alan Turing no se detuvo aquí, y en 1950 diseñó el llamado “**test de Turing**”, que es un examen de la **capacidad de una máquina** para exhibir un comportamiento **inteligente** similar al de un **ser humano** o indistinguible de éste. Alan Turing propuso que un humano evaluara conversaciones en lenguaje natural entre un humano y una máquina diseñada para generar respuestas similares a las de un humano.

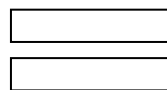
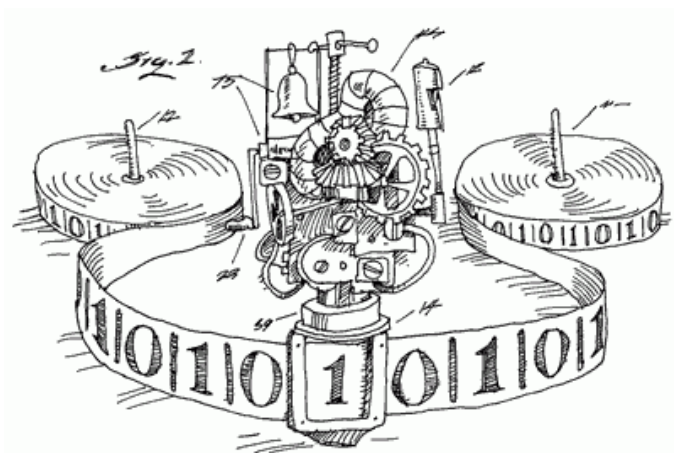
El evaluador sabría que uno de los participantes de la conversación es una máquina y los intervinientes serían separados unos de otros. Esta prueba no evalúa el conocimiento de la máquina en cuanto a su capacidad de responder preguntas correctamente, solo se tiene en cuenta la capacidad de esta de generar respuestas similares a las que daría un humano.



La computación y los primeros ordenadores

Sistemas Turing completos. Replicabilidad

Un sistema **Turing completo** es aquel que tiene un **poder computacional equivalente** a la **máquina de Turing** universal. En otras palabras, el sistema y la máquina universal de Turing pueden emularse entre sí. De forma general, se puede decir que cualquier algoritmo que pueda ser computado por un ordenador, puede ser computado por otro ordenador, o lo que es lo mismo, **todos los ordenadores son equivalentes**. Las computadoras modernas son todas máquinas universales de Turing. Cabe destacar que es imposible construir una máquina Turing completa debido a que para ello debería disponer de memoria infinita, no cometer errores y tener un tiempo de ejecución infinito.



La computación y los primeros ordenadores

El inmerecido final de Alan Turing

La carrera de **Turing** terminó súbitamente tras ser **procesado por homosexualidad en 1952**. Dos años después de su condena, murió (según la versión oficial por suicidio). Después de una campaña pública en 2009, el primer ministro británico, Gordon Brown, **se disculpó públicamente en nombre del gobierno británico por “la forma espantosa en que Turing había sido tratado”**. La reina Isabel II le otorgó un indulto póstumo en 2013.



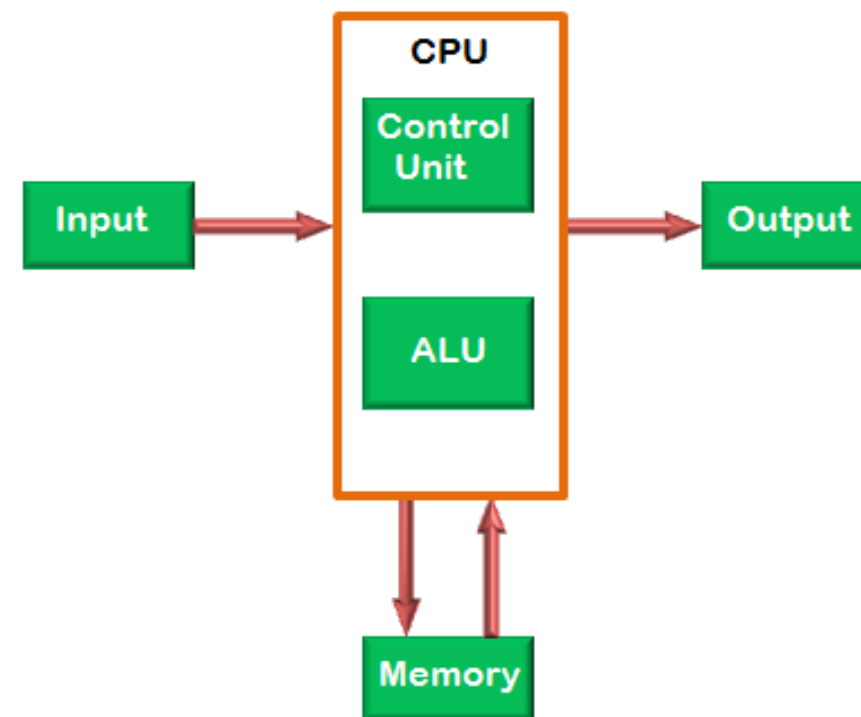
La computación y los primeros ordenadores

¿Que es un ordenador?

Según la RAE es una máquina electrónica que, mediante determinados programas, permite almacenar y tratar información, y resolver problemas de diversa índole. Una definición más técnica nos indica que es una **máquina electrónica digital programable** que **ejecuta una serie de comandos** para **procesar los datos de entrada, obteniendo información** que posteriormente se **envía a las unidades de salida**.

La constituyen dos partes esenciales, **el hardware**, que es su estructura física (circuitos electrónicos, cables, etc.), y **el software**, que es su parte intangible (programas, datos, información, etc).

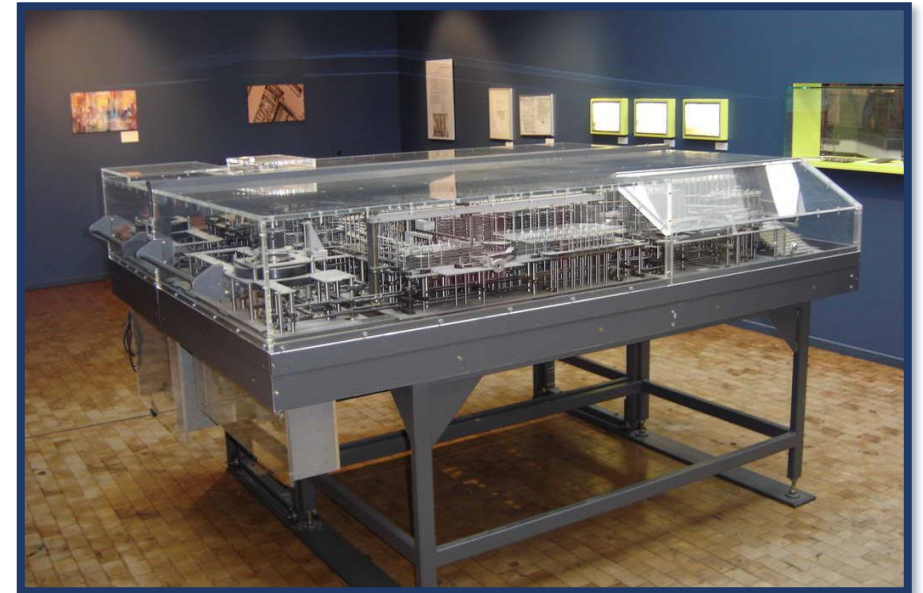
Desde el punto de vista funcional es una máquina que posee, al menos, una **unidad central de procesamiento** (CPU), una **unidad de memoria** y otra **unidad de entrada/salida** (periférico).



La computación y los primeros ordenadores

Konrad Zuse (1941): Z1, Z2, Z3 y Z4

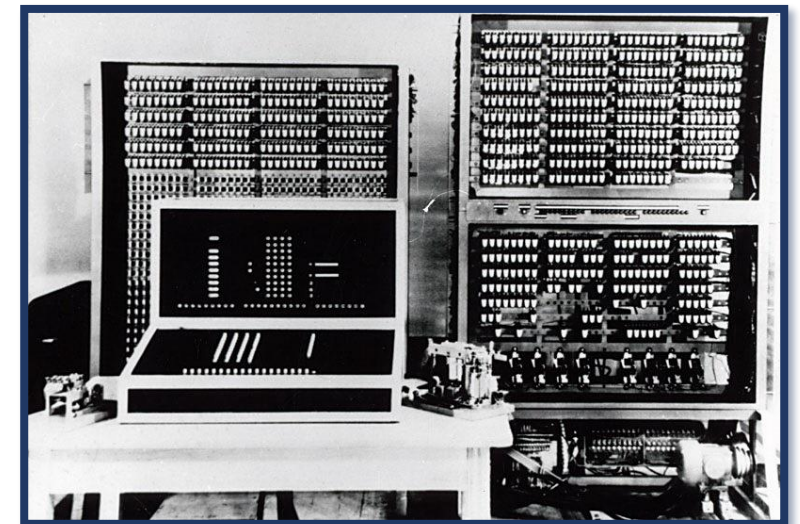
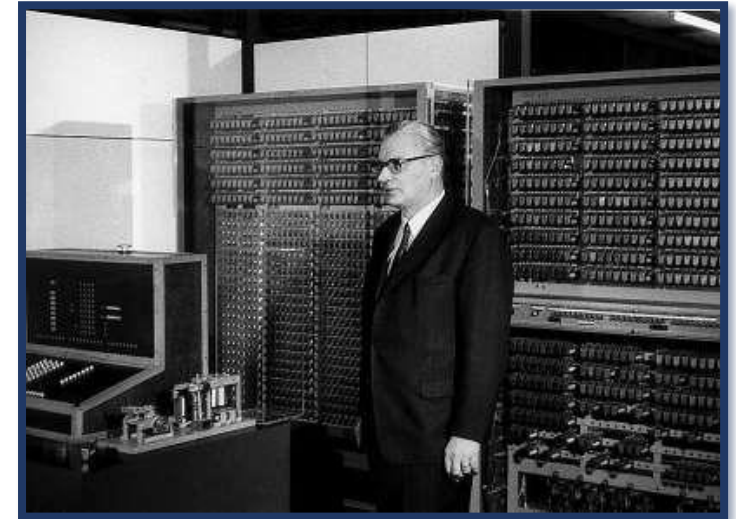
Konrad Zuse fue un ingeniero alemán y un pionero de la computación. Trabajó en el apartamento de sus padres en 1938 hasta lograr su primer intento, llamado **Z1**, que era una **calculadora mecánica binaria operada con electricidad y de programabilidad limitada**. Leía instrucciones desde una **cinta perforada**. La Z1 **nunca funcionó bien** por la falta de suficiente precisión mecánica. La **Z2** fue diseñada a partir de la Z1, ya que crear una máquina mecánica presentaba algunas dificultades, y a ésta **se le añadieron relés telefónicos**.



La computación y los primeros ordenadores

Konrad Zuse (1941): Z1, Z2, Z3 y Z4

Su logro más destacado fue terminar **la primera computadora controlada por programas** que funcionaban, la **Z3** en 1941. Esta puede que haya sido la "primera computadora", aunque hay discrepancias en este sentido, pues si se consideran algunos aspectos, como, por ejemplo, que la máquina de Zuse no era de propósito general, tal vez sea de otro propósito como almacenar palabras o algoritmos y fue la primera en poder hacer 4 ecuaciones matemáticas. En 1998 se probó que la **Z3** era una máquina de **Turing completa**. Tras el éxito de la Z3, Zuse creó la **Z4**, que puede considerarse como la **primera computadora en ser comercializada**.



El código Binario

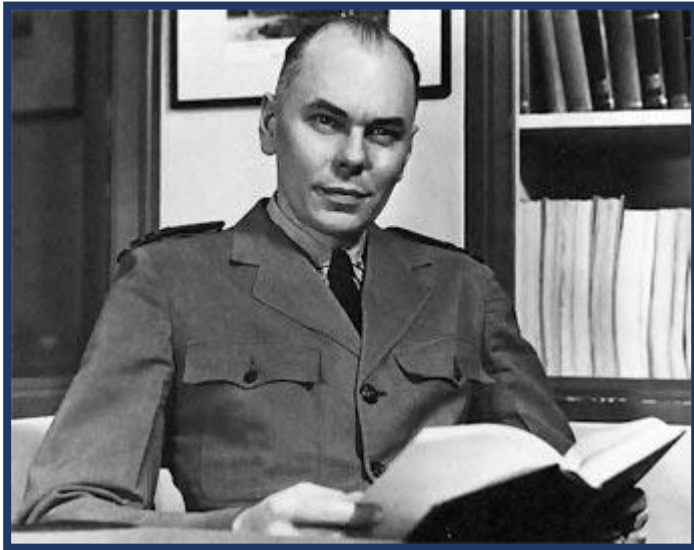
Uno de los mayores éxitos de **Zuse** fue implementar el uso del sistema binario en sus computadoras. Este sistema fue inventado por Leibniz y fue completamente descrito por él en la obra *Explication de l'Arithmétique Binair*. **George Boole**, matemático inglés autodidacta, fue el primero en definirla como parte de un sistema lógico. La denominada **lógica Booleana** es uno de los fundamentos de la computación moderna.



La computación y los primeros ordenadores

Howard H. Aiken: El Harvard Mark 1

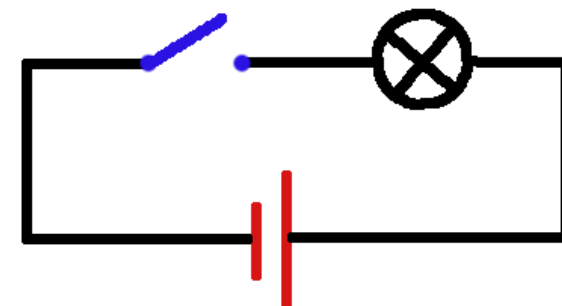
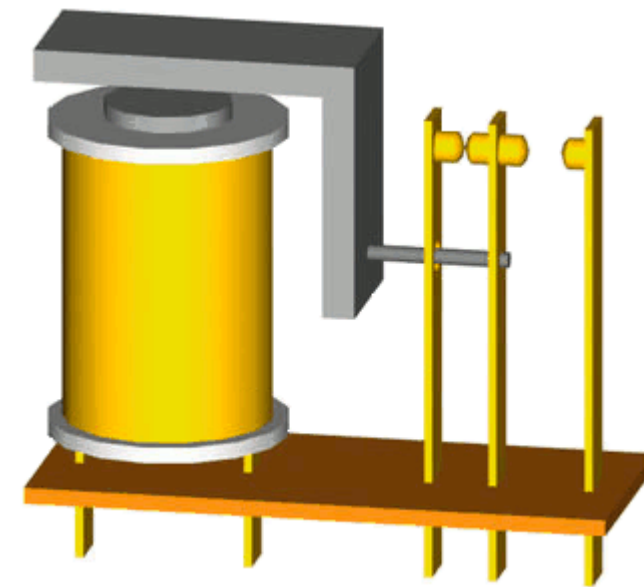
Howard H. Aiken fue un físico estadounidense, pionero en el campo de la informática y científico principal tras el proyecto que dio lugar a la serie de **ordenadores Mark**. El IBM Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC), más conocido como **Harvard Mark I** o Mark I, fue el primer ordenador electromecánico, construido en IBM y enviado a Harvard en 1944, tras la propuesta de Aiken que el propio director de IBM aprobó personalmente.



La computación y los primeros ordenadores

Howard H. Aiken: El Harvard Mark 1

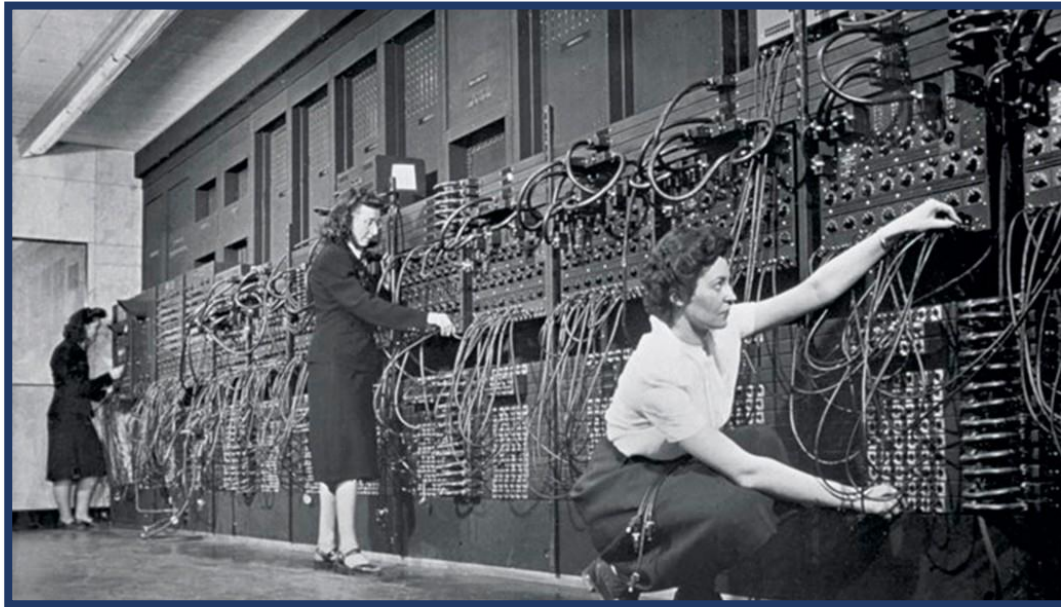
Mark I era una máquina de grandes dimensiones, medía unos 15,5 metros de largo, unos 2,40 metros de alto y unos 60 centímetros de ancho y pesaba aproximadamente unas cinco toneladas. Disponía de unas cubiertas de cristal que permitían que se visualizara toda la maquinaria de su interior. Tenía 760.000 ruedas y 800 kilómetros de cable y se basaba en la **máquina analítica** de Charles **Babbage**. El computador empleaba **señales electromagnéticas** para mover las partes mecánicas. Esta máquina era lenta (tomaba de 3 a 5 segundos por cálculo) e inflexible (la secuencia de cálculos no se podía cambiar); pero ejecutaba operaciones matemáticas básicas y cálculos complejos de ecuaciones sobre el movimiento parabólico. Funcionaba con **relés**, se programaba con **interruptores** y leía los datos de cintas de **papel perforado**.



La computación y los primeros ordenadores

John Presper Eckert y John William Mauchly: ENIAC

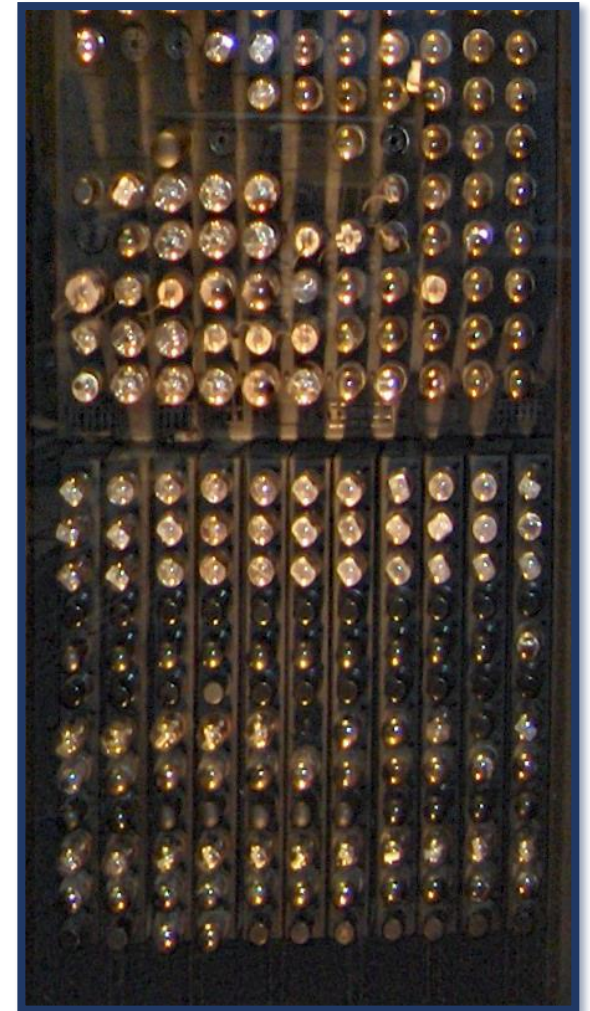
ENIAC, acrónimo de Electronic Numerical Integrator And Computer (Computador e Integrador Numérico Electrónico), fue una de las primeras **computadoras de propósito general**. Era **Turing-completa, digital, y susceptible de ser reprogramada** para resolver una extensa clase de problemas numéricos. Fue inicialmente **diseñada para calcular tablas de tiro de artillería** destinadas al Laboratorio de Investigación Balística del Ejército de los Estados Unidos.



La computación y los primeros ordenadores

John Presper Eckert y John William Mauchly: ENIAC

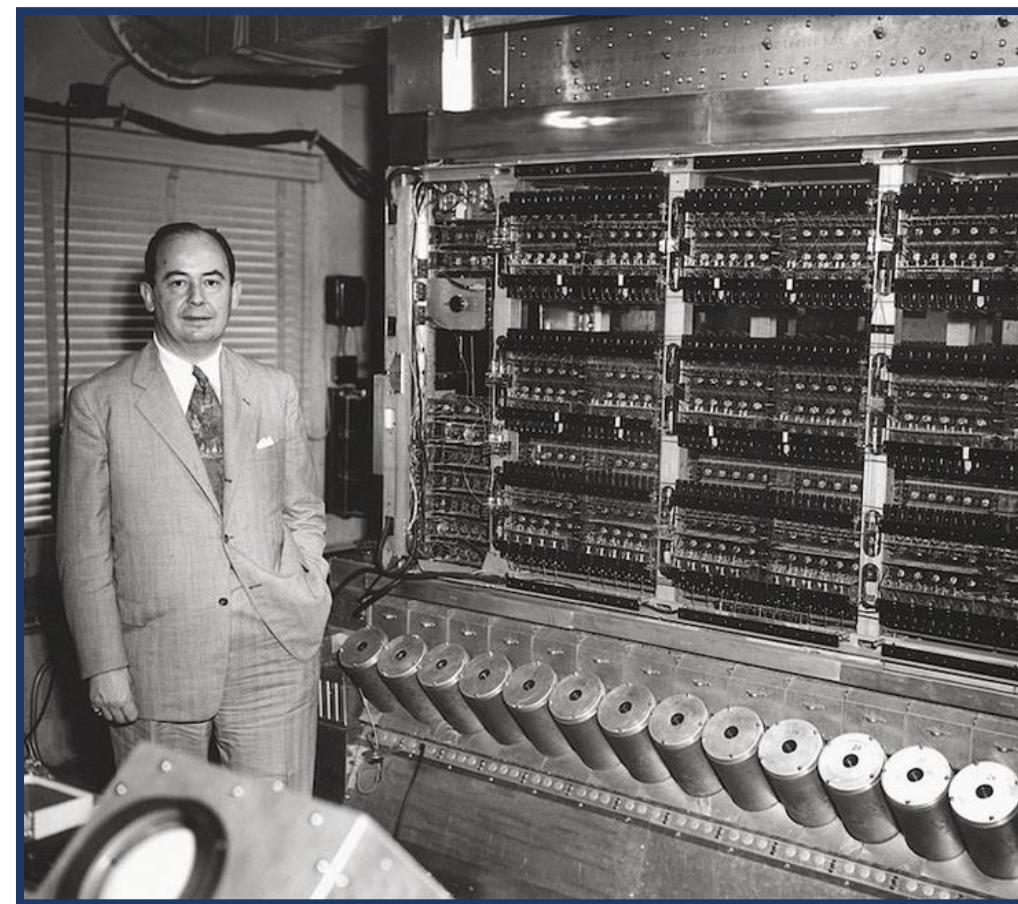
Los ingenieros John Presper Eckert y John William Mauchly estuvieron a la cabeza del desarrollo de **ENIAC**, dedicándose **Eckert** al **diseño del hardware** y **Mauchly** al **diseño conceptual**. La ENIAC fue construida en la Universidad de Pensilvania y ocupaba una superficie de 167 m² y operaba con un total de 17.468 válvulas electrónicas o tubos de vacío que a su vez permitían realizar cerca de **5.000 sumas y 300 multiplicaciones por segundo**. Físicamente, la ENIAC tenía 17.468 tubos de vacío, 7.200 diodos de cristal, 1.500 relés, 70.000 resistencias, 10 000 condensadores y cinco millones de soldaduras. **Pesaba 27 Toneladas, medía 2,4 m x 0,9 m x 30 m**; utilizaba 1.500 conmutadores electromagnéticos y relés; requería la operación manual de unos 6.000 interruptores, y su programa o software, cuando requería modificaciones, demoraba semanas de instalación manual.



La computación y los primeros ordenadores

John Von Neumann (1903-1957): EDVAC

La **EDVAC** (Electronic Discrete Variable Automatic Calculator) fue una de las primeras computadoras electrónicas. A diferencia de la **ENIAC**, no era decimal, sino **binaria**, y tuvo el **primer programa diseñado para ser almacenado en la memoria de la computadora**. Este diseño se convirtió en estándar de **arquitectura** para la mayoría de las **computadoras modernas (Arquitectura de Von Newman)**. El diseño de la EDVAC es considerado un éxito en la historia de la informática. En este nuevo diseño, además de Eckert y Mauchly, participó el matemático húngaro-estadounidense **John von Neumann**, una de las mentes más prestigiosas de su época.

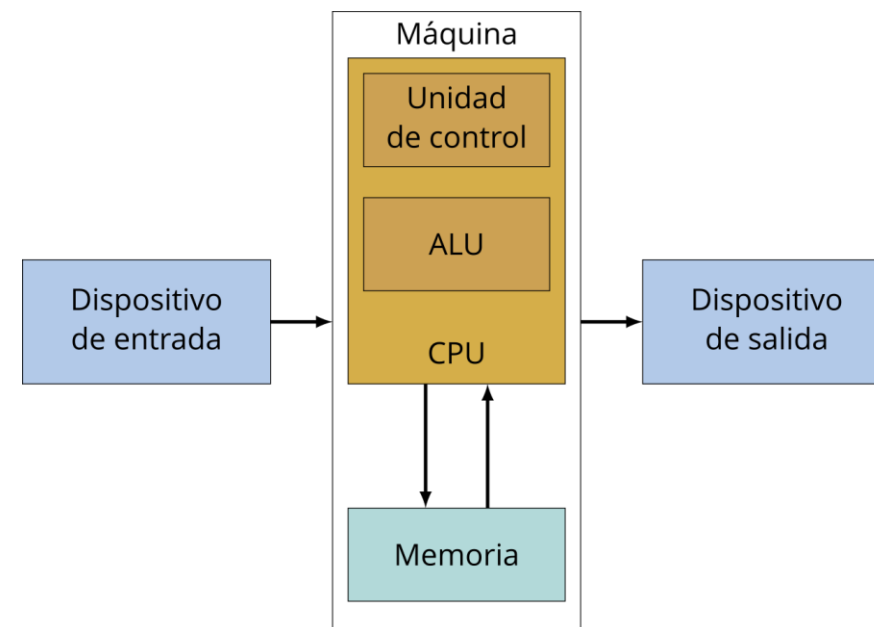


La computación y los primeros ordenadores

John Von Neumann (1903-1957): EDVAC

La **EDVAC** supuso un gran éxito al tratarse de la primera computadora capaz de **almacenar un programa en su memoria**, al igual que los ordenadores modernos. Es decir, tanto los datos a procesar como las instrucciones para el procesamiento, se almacenaban en la memoria de la computadora.

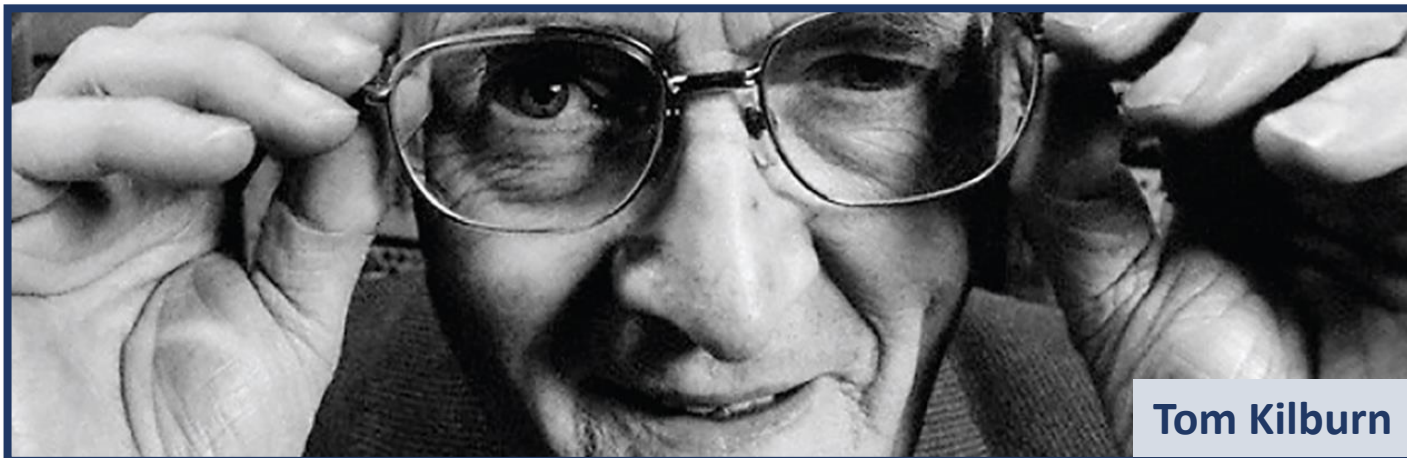
La **Arquitectura Von Neumann** fue descrita por el científico en 1945 en el *“primer borrador de un informe sobre el EDVAC”*. Este describe una arquitectura de diseño para un **computador digital electrónico** con partes que constan de una **unidad de procesamiento** que contiene una unidad aritmética lógica y registros del procesador, una **unidad de control** que contiene un registro de instrucciones y un contador de programa, una **memoria** para almacenar tanto datos como instrucciones, almacenamiento masivo externo, y **mecanismos de entrada y salida**.



La computación y los primeros ordenadores

Williams, Kilburn y Tootill: La SSEM

Aunque la computadora **EDVAC** comenzó a construirse en los años 40, su construcción se prolongó durante varios años. En el transcurso, Frederic C. **Williams**, Tom **Kilburn** y Geoff **Tootill** la Universidad de Manchester creó la denominada **SSEM** (Small-Scale Experimental Machine). La máquina no fue diseñada como un computador práctico, sino que fue **diseñada como un banco de pruebas de los tubos Williams**, uno de los primeros tipos de **memorias de computador**. Aunque se considera "pequeño y primitivo" según las normas de su época, fue la primera máquina de trabajo que **contenía todos los elementos esenciales de una computadora electrónica moderna**.



Tom Kilburn



La computación y los primeros ordenadores

IBM 650

El **IBM 650** fue uno de los primeros ordenadores de IBM, y **el primero que fue fabricado a gran escala**. Fue anunciado en 1953, y se produjeron 2000 unidades desde 1954 hasta 1962. El 650 es una máquina que codifica tanto datos como direcciones de memoria en sistema decimal, guardando cada cifra en **código biquinario**. El código biquinario es un sistema de numeración usado en ábacos y en algunos de los primeros ordenadores que **guarda, mediante varios bits, dos variables**: una con 2 posibles estados, y otra con 5 posibles estados.



La segunda generación de Computadoras

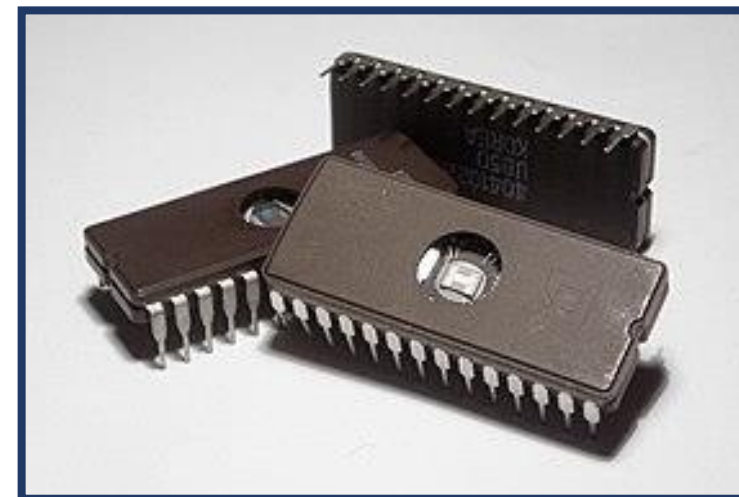


Desde finales de los años 50 y principios de los 60 se desarrolló una nueva generación de computadoras que **reemplazó las válvulas de vacío por los transistores**. Por eso las computadoras de **la segunda generación son más pequeñas y consumen menos electricidad** que las de la anterior. La comunicación con estas nuevas computadoras es mediante **lenguajes más avanzados que el lenguaje de máquina** (sistema de códigos directamente interpretable por un circuito microprogramable).

La computación y los primeros ordenadores

El Circuito Integrado (CI) y el Microprocesador

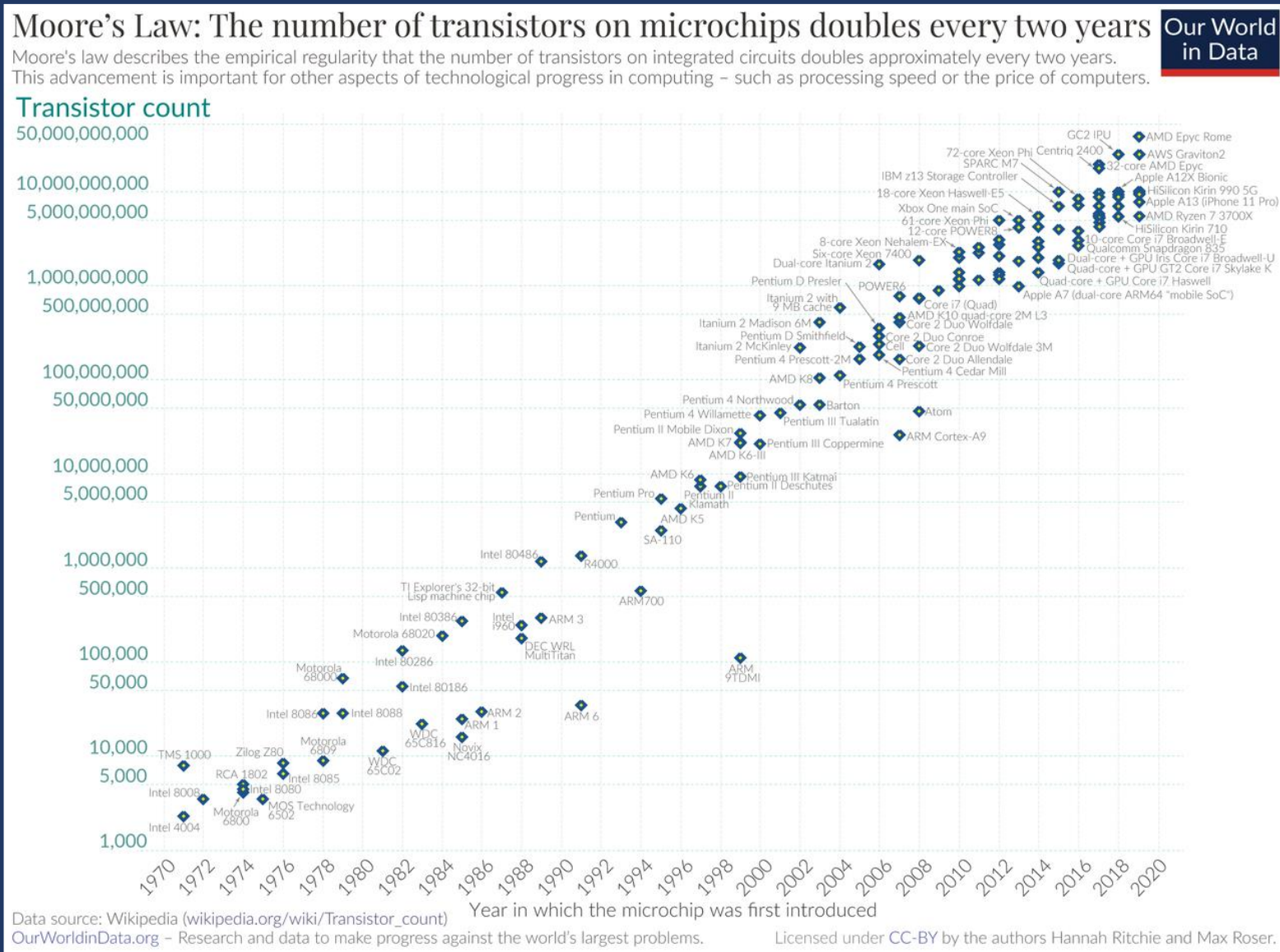
El **circuito integrado (CI)** es un material **semiconductor** (**normalmente silicio**) de algunos milímetros cuadrados de superficie (área), sobre la que se fabrican **circuitos electrónicos** generalmente **mediante fotolitografía** y que está protegida dentro de un encapsulado plástico o de cerámica. Contiene **miles de transistores miniaturizados**. A finales de la década de 1950, se produjo la invención del circuito integrado o chip, por parte de Jack S. **Kilby** y Robert **Noyce**. Después llevó a Ted **Hoff** a la invención del microprocesador, en Intel. Este es un procesador de muy pequeñas dimensiones en el que **todos los elementos están agrupados en un solo circuito integrado**.



La computación y los primeros ordenadores

La ley de Moore

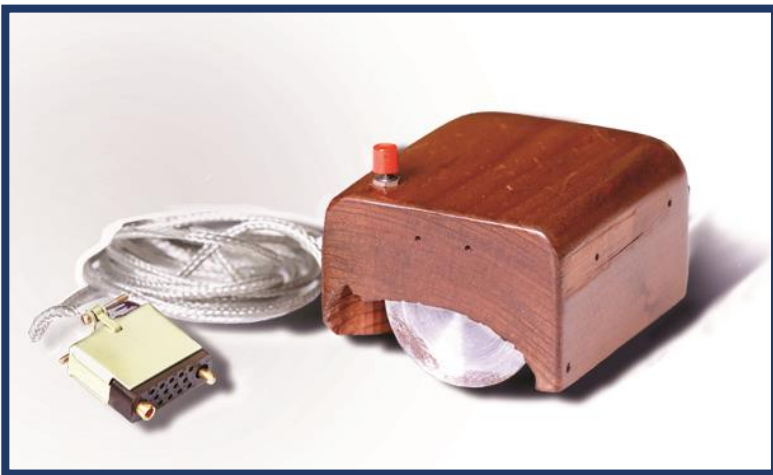
La ley de Moore es la observación de que el número de transistores en un circuito integrado (CI) denso se duplica aproximadamente cada dos años. Se trata de una ley empírica, formulada por el cofundador de Intel, Gordon E. Moore, el 19 de abril de 1965, cuyo cumplimiento se ha podido constatar hasta hoy..



La computación y los primeros ordenadores

La tercera generación de Computadoras

Los ordenadores de **tercera generación** se desarrolla entre 1964 y 1971 y empiezan a utilizar **circuitos integrados en lugar de transistores**. Con la ayuda del CI, el ordenador se vuelve **más fiable, rápido, requiere menos mantenimiento, es de tamaño reducido, genera menos calor y es menos caro**. Los ordenadores de tercera generación reducen el tiempo de cálculo. En la generación anterior, el tiempo de cálculo era de microsegundos y se ha reducido a nanosegundos. En esta generación, **las tarjetas perforadas fueron sustituidas por el ratón y el teclado**.



La computación y los primeros ordenadores

La cuarta generación de Computadoras

Los ordenadores de la **cuarta generación** se desarrollaron entre los años 1971 y 1981. Estas computadoras incluían **dos mejoras** frente a sus predecesoras: El **reemplazo de las memorias con núcleos magnéticos por las de chips de silicio** (lo que facilita su fabricación en masa) y la **microminiaturización de los circuitos electrónicos que permitían la colocación de muchos más componentes en un Chip**. El microprocesador y los chips de silicio hicieron posible la creación de las **computadoras personales (PC)**. Intel fue la primera empresa en desarrollar un microprocesador. El primer "ordenador personal" fue desarrollado por IBM, pertenecía a esta generación.



La computación y los primeros ordenadores

La quinta generación de Computadoras



Esta generación comenzó alrededor de 1981 y es la generación actual de ordenadores y por tanto la más avanzada. Los métodos de entrada incluyen los **modernos lenguajes de alto nivel** como Python, R, C#, Java, etc. Estos ordenadores **están en la frontera de los cálculos científicos modernos** y se utilizan para **desarrollar los componentes de la Inteligencia Artificial** que tendrán la capacidad de pensar por sí mismos. Los ordenadores de esta generación se basan en la tecnología microelectrónica con **gran potencia de cálculo y procesamiento paralelo**.