



---

# MAQUINAS DE TURING

---

Y sus aplicaciones



26 DE OCTUBRE DE 2024

JOSE ARMANDO LOPEZ CRUZ, 7690-21-2673

JOSE LEONEL SALAZAR TEJEDA, 7690-22-8974

JORDANY LEONEL SALAZAR TEJEDA, 7690-16-6870

DANIEL ALEXANDER MIRANDA CASTILLO, 7690-22-17930



## Contenido

<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>Alan Mathison Turing.....</b>	<b>4</b>
<b>Turing y la Máquina Universal .....</b>	<b>4</b>
<b>El Desciframiento de Enigma .....</b>	<b>5</b>
<b>Persecución y Tragedia.....</b>	<b>6</b>
<b>Legado .....</b>	<b>6</b>
<b>Maquina de Turing .....</b>	<b>7</b>
<b>Definición formal .....</b>	<b>7</b>
<b>Funcionamiento.....</b>	<b>8</b>
<b>Tipos de Maquina de Turing .....</b>	<b>9</b>
<b>Máquina de Turing .....</b>	<b>9</b>
<b>Máquina de Turing con Cinta Multipista.....</b>	<b>9</b>
<b>Máquina de Turing Multicinta .....</b>	<b>9</b>
<b>Máquinas de Turing Multidimensional.....</b>	<b>10</b>
<b>Máquinas de Turing No Deterministas .....</b>	<b>10</b>
<b>Máquina de Turing Universal .....</b>	<b>11</b>
<b>Aplicaciones .....</b>	<b>11</b>
<b>Teoría de la Computación.....</b>	<b>11</b>
<b>Problema de la parada.....</b>	<b>12</b>
<b>Maquinas Oráculo.....</b>	<b>12</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>12</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>13</b>

## Introducción

Este trabajo escrito no busca reinventar las maquinas de Turing, su único objetivo es el de exposición de la información. Aquí se busca recopilar las definiciones, formal e informal con las aplicaciones hoy en día de las maquinas de Turing.

El concepto de algoritmo es algo sencillo, se le puede ver como una receta de cocina, una sucesión de eventos pero su definición es mucho mas acertada, *“Una sucesión de pasos consecutivos para llevar a cabo una tarea”*. A primera vista se puede llegar a pensar que un algoritmo puede aplicarse a todo en nuestra vida, como se menciono, a cocinar, al arte, al pensar, al trabajar, pero, lo que desemboco este trabajo es la idea que todo problema matemático puede ser resuelto por una maquina mecánica dado un algoritmo. A este problema se le llamo, el problema de decisión o es su original alemán, Entscheidungsproblem.

Este problema se sostuvo por considerable tiempo, naciendo en 1928 por Hilbert en el Congreso Internacional de Matemáticos, realizado en Bolonia, Italia. Su planteamiento informal es, *“¿Existe algún método o procedimiento mecánico, que pueda en principio, decidir (resolver) todas las preguntas (problemas) matemáticos?”*, Siendo la respuesta, por mucho tiempo, afirmativa. Esta intento ser refutada por varios trabajos, pero el que dejo en claro lo insoluble del problema de decisión fue el trabajo publicado en 1931 por Kurt Gödel, *Über formal und verwandter Systemen*. Pero el trabajo que nos reúne es uno publicado en 1936 por el matemático Alan Mathison Turing, *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*.

## Alan Mathison Turing

Alan Turing, nacido en 1912 en Londres, fue un matemático, lógico y científico británico que dejó un legado indeleble en la historia de la computación y la inteligencia artificial. Su trabajo no solo sentó las bases de lo que hoy conocemos como informática, sino que también fue clave en la derrota de los nazis durante la Segunda Guerra Mundial, al descifrar el código de la máquina Enigma. A lo largo de su vida, Turing demostró una capacidad intelectual extraordinaria, pero también sufrió a manos de una sociedad que no estaba preparada para aceptar su orientación sexual, lo que finalmente lo llevó a un trágico final.

## Turing y la Máquina Universal

Uno de los logros más significativos de Turing fue la conceptualización de lo que hoy conocemos como la "Máquina de Turing", presentada en su influyente artículo de 1936, *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*. La máquina de Turing es un modelo teórico de computación que puede simular cualquier algoritmo, un concepto clave en la teoría de la computabilidad. Su idea de una "máquina universal" es lo que eventualmente dio lugar a la creación de las computadoras modernas. Este fue uno de los primeros pasos hacia la creación de dispositivos que pudieran realizar cálculos automáticos y resolver problemas de una manera programática, sin intervención humana directa.

Lo fascinante de la máquina de Turing es su simplicidad conceptual. Aunque es una idea abstracta, Turing demostró que cualquier problema que pueda ser descrito por un conjunto de reglas lógicas puede ser resuelto por una máquina, siempre y cuando ese problema sea computable. Este concepto sigue siendo relevante hoy en día, ya que la

mayoría de las computadoras modernas están basadas, en esencia, en las ideas que Turing formuló.

### **El Desciframiento de Enigma**

Durante la Segunda Guerra Mundial, Turing trabajó en Bletchley Park, el centro británico de descifrado de códigos, donde jugó un papel crucial en la ruptura del código de la máquina Enigma, utilizada por los nazis para encriptar sus comunicaciones. La máquina Enigma estaba diseñada para producir millones de combinaciones posibles, lo que hacía casi imposible descifrar los mensajes sin conocer la clave exacta. Sin embargo, gracias a la invención de una máquina electromecánica llamada "Bombe", que Turing y su equipo perfeccionaron, lograron descifrar estos códigos.

Este logro no solo permitió a los Aliados anticipar los movimientos militares de los nazis, sino que también acortó significativamente la guerra, salvando millones de vidas. Winston Churchill llegó a describir a los descifradores de códigos como "los gansos que pusieron los huevos de oro y nunca cacarearon". El trabajo de Turing fue vital, aunque permaneció clasificado durante muchos años después de la guerra.

### **La Prueba de Turing y la Inteligencia Artificial**

Más allá de sus contribuciones directas a la computación y a la guerra, Turing también es conocido por haber propuesto uno de los primeros test para evaluar la inteligencia artificial: la famosa "Prueba de Turing". En su ensayo de 1950, *Computing Machinery and Intelligence*, planteó la pregunta "¿Pueden las máquinas pensar?", e introdujo un experimento mental en el que una máquina y un humano se someten a una serie de preguntas escritas por un juez. Si el juez no puede distinguir cuál de las

respuestas proviene de la máquina y cuál del humano, se considera que la máquina ha demostrado inteligencia.

Aunque la Prueba de Turing ha sido criticada y debatida en las décadas posteriores, sigue siendo una referencia clave en la filosofía de la inteligencia artificial. Nos invita a reflexionar sobre la naturaleza de la mente, la consciencia y si las máquinas pueden o podrán en algún momento replicar o superar las capacidades humanas.

### **Persecución y Tragedia**

A pesar de sus grandes contribuciones a la ciencia y la historia, la vida personal de Turing estuvo marcada por el sufrimiento. En 1952, fue procesado bajo las leyes británicas por "indecencia grave" debido a su homosexualidad, que en ese momento era ilegal en el Reino Unido. Como resultado, se le ofreció la opción de ir a prisión o someterse a un tratamiento hormonal forzado (castración química). Turing eligió el tratamiento, lo que tuvo efectos devastadores en su salud física y mental.

El 7 de junio de 1954, Alan Turing fue encontrado muerto por envenenamiento con cianuro, y aunque la causa oficial fue declarada suicidio, algunas teorías sugieren que su muerte pudo haber sido accidental. Su trágico final es un recordatorio de la intolerancia y la persecución que sufren muchas personas por su orientación sexual.

### **Legado**

El legado de Turing sigue vivo. En 2009, el primer ministro británico, Gordon Brown, emitió una disculpa póstuma en nombre del gobierno británico por el trato que recibió Turing. En 2013, la reina Isabel II le otorgó un indulto póstumo. Hoy, Alan Turing es reconocido no solo como el padre de la computación moderna, sino también como un héroe cuyo trabajo salvó millones de vidas y transformó el mundo.

## Maquina de Turing

La Máquina de Turing (MT) fue introducida por Alan M. Turing en 1936, y puede considerarse como un modelo abstracto que formaliza la idea intuitiva de algoritmo. Es un modelo matemático para representar a una maquina teórica. A pesar de su simplicidad tiene el mismo poder computacional de una computadora de propósito general. La Máquina de Turing, es interesante, sobre todo, por el conjunto de lenguajes que permite reconocer y también generar lenguajes recursivamente numerables y por el conjunto de funciones que puede computar.

Su inventor, Alan M. Turing sostiene que la maquina no fue diseñada como una tecnología de computación práctica, sino como un dispositivo hipotético que representa una máquina de computación. Se caracteriza por ser un dispositivo que manipula símbolos sobre una tira de cinta de acuerdo con ciertas reglas. Se puede afirmar que las Maquinas de Turing son una buena formalización del concepto de algoritmo por: Cada programa de una máquina de Turing puede ser implementado. Todos los algoritmos conocidos han podido ser implementados en una Maquina de Turing. Tesis de Crurch: ALGORITMO = MAQUINA DE TURING En resumen, una Maquina de Turing es un modelo matemático que consiste en un autómata capaz de implementar cualquier problema matemático expresado por medio de un algoritmo.

## Definición formal

Se puede definir una maquina de Turing como un sex-tupla:

$$M = (\Gamma, \beta, Q, \delta, s, h)$$

Donde:



$\Gamma$ : es el alfabeto de la cinta.

$\beta$ : es el símbolo en blanco de la cinta

$Q$ : conjunto de estados de la máquina.

$\delta$ : es la función de transición.

$s$ : es el estado inicial de la máquina.

$h$ : es el estado final de la máquina.

Se dice que una Máquina de Turing (M) acepta una cadena de entrada  $w \in \Gamma^*$ , si partiendo del estado inicial  $s$  y en la cinta se encuentra la cadena  $w$  seguida de blancos (

), la Máquina M procesa la cadena y termina en el estado de parada ( $h$ ). Se define el lenguaje aceptado por una Máquina de Turing  $L(M)$ , como el conjunto de todas las cadenas  $w$  aceptadas por la máquina. Los lenguajes aceptados por las Máquinas de Turing se denominan recursivamente enumerables. El valor computado por una Máquina de Turing para una entrada  $w$  se define como el contenido de la cinta cuando la máquina alcanza el estado de parada. Puesto que pueden existir entradas  $w$  para que la Máquina de Turing no alcance nunca un estado final, la función computada por una Máquina de Turing es una función parcial.

## Funcionamiento

La Máquina de Turing está formada por una unidad de control que puede describirse mediante un autómata finito, una cinta de lectura y escritura, que tiene un comienzo a la izquierda y se extiende indefinidamente a la derecha, y un cabezal, que indica la posición de la cinta sobre la que trabaja la máquina en cada paso.

Inicialmente la cinta contiene la cadena de entrada de la máquina ( $w$ ) seguida de celdas en blanco ( $\beta$ ). En cada paso la máquina lee el contenido de la celda sobre la que se encuentra el cabezal, realiza un cambio de estado de la unidad de control, y escribe un dato sobre la celda o mueve el cabezal de izquierda a derecha. La máquina termina

al alcanzar un estado especial llamado estado de parada (halt). La Máquina de Turing puede considerarse como un autómatata capaz de reconocer lenguajes formales. En este sentido es capaz de reconocer los lenguajes recursivamente enumerables. Dada una cadena  $w$ , la máquina puede decir si pertenece al lenguaje o no, generando la salida adecuada. Se dice que el lenguaje es decidible si se puede construir una Máquina de Turing que alcance siempre el estado final y reconozca el lenguaje.

## **Tipos de Maquina de Turing**

### **Máquina de Turing**

con cinta infinita a ambos lados Esta modificación de denota al igual que una Máquina de Turing sencilla, lo que la hace diferente es que la cinta es infinita tanto por la derecha como por la izquierda.

### **Máquina de Turing con Cinta Multipista**

Es aquella mediante la cual cada celda de la cinta de una maquina sencilla se divide en subceldas. Cada celda es capaz de contener varios símbolos de la cinta. Se dice que la cinta tiene múltiples pistas porque cada celda de esta Máquina de Turing contiene múltiples caracteres, el contenido de las celdas de la cinta puede ser representado mediante  $n$ -tuplas ordenadas. Los movimientos que realice esta máquina dependerán de su estado actual y de la  $n$ -tupla que represente el contenido de la celda actual. Debe mencionar que posee un solo cabezal al igual que una Máquina de Turing sencilla.

### **Máquina de Turing Multicinta**

Las Máquinas de Turing con más de una cinta consisten en un control finito con  $k$  cabezales lectores/escritores y  $k$  cintas. Cada cinta es finita en ambos sentidos. La

Máquina de Turing Multicinta define su movimiento dependiendo del símbolo que está leyendo cada uno de sus cabezales, las reglas de sustitución para cada uno de los símbolos y dirección de movimiento para cada uno de los cabezales. Inicialmente empieza con la entrada en la primera cinta y el resto de las cintas en blanco.

### **Máquinas de Turing Multidimensional**

Una Máquina de Turing multidimensional es aquella cuya cinta se extiende infinitamente en más de una dirección, ejemplo más básico sería el de una máquina bidimensional cuya cinta se extendería infinitamente hacia arriba, abajo, izquierda o derecha.

### **Máquinas de Turing No Deterministas**

Es una Máquina de Turing en la que pueden existir varias transiciones a partir del mismo estado y lectura del cabezal. Esto significa que dado un estado y un símbolo de entrada, es posible elegir la transición a efectuar entre varias operaciones. Una Máquina de Turing No Determinista se puede modelar como una Máquina de Turing con una entrada adicional que permite seleccionar la transición a efectuar entre las varias posibilidades a cada paso.

Se pueden reescribir las transiciones añadiendo nuevos estados de manera que en cada caso la elección se efectuó solo entre dos opciones, con lo que el selector podría ser una señal de un bit. 37 Todo lenguaje aceptado por una Máquina de Turing No Determinista puede ser aceptado por una Máquina de Turing Determinista.

## **Máquina de Turing Universal**

Es una Máquina de Turing capaz de simular el comportamiento de cualquier Máquina de Turing sobre cualquier cadena de entrada. Para poder construir una Máquina de Turing Universal es necesario definir una codificación de las Máquinas de Turing, de manera que se pueda controlar a la máquina por medio de su código.

## **Aplicaciones**

### **Teoría de la Computación**

Es una rama de las matemáticas y de las ciencias de la computación que centra su interés en las limitaciones y capacidades fundamentales de las computadoras. Específicamente esta teoría busca modelos matemáticos que formalizan el concepto de hacer un cómputo y la clasificación de problemas de acuerdo con su grado de complejidad. Alan Turing demostró con su Máquina que existen problemas imposibles de ser resueltos algorítmicamente, siendo el Problema de la Parada el más importante. Para estos problemas no existe ni existirá ningún algoritmo que los pueda resolver, no importando la cantidad de tiempo o memoria se disponga en una computadora. Asimismo, con la llegada de las computadoras modernas se constató que algunos problemas resolubles en teoría eran imposibles en la práctica, puesto que dichas soluciones necesitaban cantidades irrealistas de tiempo o memoria para poderse encontrar.

## **Problema de la parada**

El problema de la parada o problema de la detención para máquinas de Turing consiste en: dada una MT  $M$  y una palabra  $w$ , determinar si  $M$  terminará en un número finito de pasos cuando se ejecuta usando  $w$  como entrada. Alan Turing demostró que este problema es indecidible, ninguna máquina de Turing lo puede resolver.

## **Maquinas Oráculo**

La máquina con oráculo, es una Máquina de Turing equipada con un oráculo que es capaz de contestar preguntas sobre la pertenencia a un conjunto específico de números naturales. Una máquina oráculo con el "conjunto parada" en su oráculo puede computar la función del problema de la parada. Mientras este sería un ejemplo trivial del uso del conjunto oráculo, muchas otras funciones de interés pueden ser computadas utilizando el oráculo de la función de la parada. De hecho, esto permite que todas las funciones recursivamente enumerables sean computables.

## **Conclusiones**

Las Máquinas de Turing son muy importantes para comprender de una manera más detallada los Autómatas y los Lenguajes Formales, es muy peculiar comparar una Máquina de Turing con cualquier algoritmo por su similitud. Es importante resaltar el genio del Sr. Turing al poder haber desarrollado una Máquina tan compleja y con tantas aplicaciones prácticas que perduran en la actualidad, con componentes sencillos y una lógica sensacional logro convertirse un uno de los padres de la computación y la informática.

## Referencias

- Turing, A. M. (1937). On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings Of The London Mathematical Society*, s2-42(1), 230-265. <https://doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.230>
- (S/f). Edu.co. Revista Universidad EAFIT, Vol. 32, Num 103(1996)<https://repository.eafit.edu.co/collections/a89a70f8-c199-4b7e-bf7a-a93ac7537f96>