



Universidad
de Huelva

Tema 1

Introducción

1.1. Definiciones.

1.2 Un poco de historia

1.3. Lenguajes, Gramáticas y Autómatas

1.1. Definiciones.

1.2 Un poco de historia

1.3. Lenguajes, Gramáticas y Autómatas

- Lenguaje:
 - Forma de representar información basada en un conjunto finito de signos o símbolos
- Alfabeto:
 - Conjunto de símbolos que forman parte de un lenguaje
- Sentencia o palabra o fórmula bien formada:
 - Secuencia de símbolos correcta.
- Lenguaje formal:
 - Lenguaje descrito mediante un formalismo matemático

- Computar:
 - Procesar información
- Modelo de computación
 - Máquina abstracta que toma como entrada una secuencia de símbolos y los procesa
 - Dependiendo del modelo, el resultado del cómputo puede ser :
 - Una secuencia de acciones
 - Una salida expresada en un cierto lenguaje
 - Una respuesta de aceptación o rechazo de la entrada

- Autómata:
 - Modelo de computación
 - Máquina de estados
 - El funcionamiento de la máquina se basa en transiciones de estados
 - Las transiciones están provocadas por la lectura de los símbolos de entrada

- Informática:
 - Ciencia aplicada que abarca el estudio y aplicaciones del tratamiento automático de la información
- Informática teórica:
 - Disciplina que estudia las capacidades de los modelos de computación y sus límites, así como el tipo de problemas que pueden tratar y la eficiencia con la que pueden ser tratados.

1.1. Definiciones.

1.2 Un poco de historia

1.3. Lenguajes, Gramáticas y Autómatas

- Lógica matemática

Friedrich Ludwig Gottlob Frege

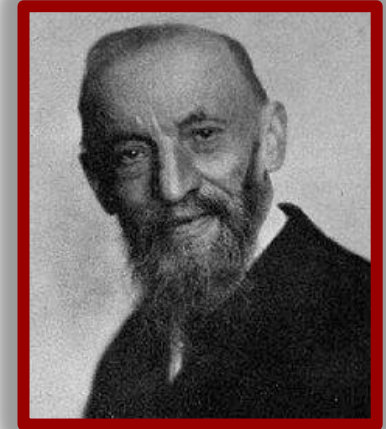
- Nacido en Wismar (Alemania) en 1848
- Muerto en Bad Kleinen en 1945
- Profesor en la Universidad de Jena
- En 1879 publicó *Conceptografía (Begriffsschrift)*
- Desarrollo de la lógica de primer orden
(operadores and, or, not, implicación, para-todo, existe)
- La notación que utilizaba era bastante complicada



- Lógica matemática

Giuseppe Peano

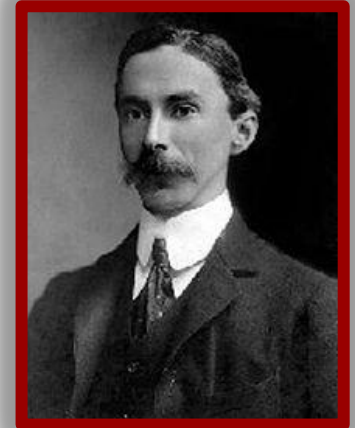
- Nacido en Spinetta (Italia) en 1858
- Muerto en Turín e 1932
- Profesor en la Universidad de Turín
y en la Academia Militar Real
- Matemático y filósofo, propuso la notación actual de la
lógica y estudió los principios de la matemática.
- *Formulario*, enciclopedia con todas las fórmulas y
teoremas conocidos en matemáticas



- Lógica matemática

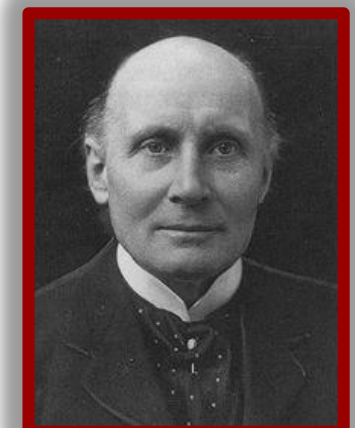
Bertrand Russell (1872-1970)

- Conoce a Peano en el congreso de Filosofía de París (1900)
- Publica *Principia Mathematica* en 1910, 1912, 1913.



Alfred North Whitehead (1861-1947)

- Profesor en las universidades de Londres, Cambridge y Harvard
- Fue profesor de Russell y escribió con él los *Principia Mathematica*



- Lógica matemática

David Hilbert (1862 – 1943)

- Profesor en la Universidad de Gottingen
- El matemático más importante del s. XX.
- Trabajos en análisis funcional, geometría, fundamentos de física cuántica y de relatividad general, lógica...
- Axiomatización de la geometría. Problemas de Hilbert.
- Publica en 1928 *Principios de lógica teórica*
- Problema de la decisión: descubrir un método general para decidir si una fórmula lógica es verdadera o falsa



- Lógica matemática

Kurt Gödel (1906 – 1978)

- Profesor en Viena y en Princeton
- Publica en 1931 el artículo *Sobre proposiciones formalmente indecidibles de Principia Mathematica y sistemas relacionados*
- Teorema de incompletitud:

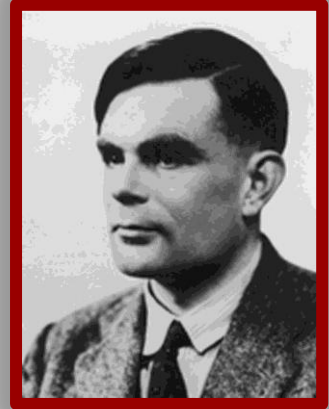
“En cualquier formalización consistente de las matemáticas que sea lo bastante fuerte para definir el concepto de números naturales, se puede construir una afirmación que ni se puede demostrar ni se puede refutar dentro de ese sistema.”



- Computabilidad

Alan Mathison Turing (1912 – 1954)

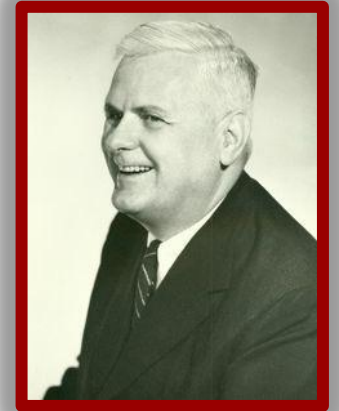
- Estudia en Cambridge y en Princeton (con A. Church)
- Profesor en Cambridge y U. Manchester
- Participa en la ruptura del cifrado de la máquina Enigma
- Publica en 1936 el artículo *Los números computables, con una aplicación al Entscheidungsproblem*. Nacimiento de la Informática Teórica
- Inventa las máquinas de Turing



- Computabilidad

Alonzo Church (1903 – 1995)

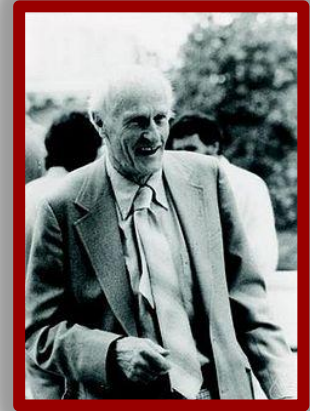
- Profesor en Princeton
- Desarrolla el *cálculo lambda*, basado en funciones recursivas. (Base de los lenguajes funcionales)
- En 1936 demuestra la existencia de problemas indecidibles para el cálculo lambda.
- Entre 1938 y 1939 trabaja con A. Turing
- Tesis de Church-Turing: cualquier modelo computacional existente tiene las mismas capacidades algorítmicas, o un subconjunto, de las que tiene una máquina de Turing.



- Computabilidad

Stephen Kleene (1909 - 1994)

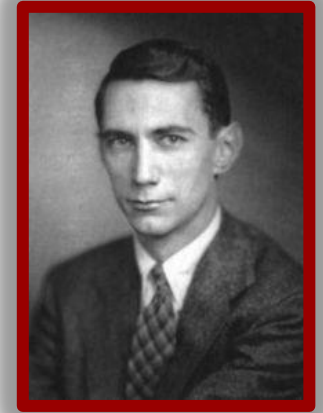
- Profesor de la U. Wisconsin
- Discípulo de A. Church. Estudia la teoría de funciones recursivas.
- Desarrolla las expresiones regulares
- Numerosos estudios en Teoría de Autómatas



- Teoría de autómatas

Claude Elwood Shannon (1916 – 2001)

- Estudia en la U. Michigan. Profesor en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)
- En 1938 publica *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits*. Aplicación de la lógica matemática a los circuitos electrónicos.
- En 1948 publica *Una Teoría Matemática de la Comunicación*. Nacimiento de la Teoría de la Información
- En 1956 edita, junto a McCarthy, *Automata Studies*, sobre máquinas secuenciales y autómatas finitos.



- Teoría de autómatas

Autómatas Finitos Deterministas

- D. A. Huffman, *The synthesis of sequential switching circuits*, J. Franklin Inst., vol. 257, (1954)
- G. H. Mealy, *A method for synthesizing sequential circuits*, Bell System Technical Journal vol. 34 (1955)
- E.F. Moore, *Gedanken experiments on sequential machines*, en *Automata Studies* (1956)

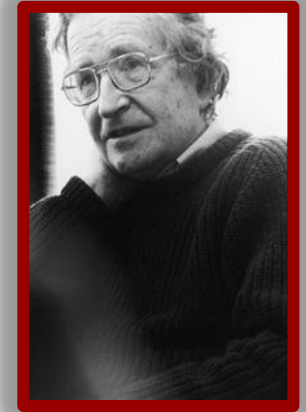
Autómatas Finitos No Deterministas

- M.O. Rabin y D. Scott, *Finite automata and their decision problems*, IBM J. Research and Development, vol. 3 (1959)

- Lingüística

Noam Chomsky (1928 -)

- Profesor del Massachusetts Institute of Technology (MIT)
- Conocido por su activismo político
- Doctorado en 1955 en la U. Harvard con la tesis *Estructura lógica de la teoría lingüística* (que no se publicó hasta 1975)
- En 1957 publica *Estructuras sintácticas* en el que aparece la clasificación de gramáticas (Jerarquía de Chomsky)



- Teoría de autómatas

Autómatas de Pila

- A. G. Oettinger, *Automatic syntactic analysis and the pushdown store*, Proc. Symposia on Applied Math. (1961).
- M.P. Schutzenberger, *On context-free languages and pushdown automata*, Information and Control, vol. 6 (1963)
- P.C. Fisher, *On computability by certain classes of restricted Turing machines*, Proc. 4th Annl. Symposium on Switching Circuit Theory and Logical Design (1963)
- D.E. Knuth, *On the translation of languages from left to right*, Information and Control, vol. 8 (1965).

- Complejidad computacional

Stephen Arthur Cook (1939 -)

- Estudiante en U. Michigan y U. Harvard
- Profesor en U. Berkeley y U. Toronto
- En 1971 publica *The Complexity of Theorem Proving Procedures*, donde define las clases de problemas P, NP, y NP completos.



1.1. Definiciones.

1.2 Un poco de historia

1.3. Lenguajes, Gramáticas y Automatas

- Desde su nacimiento, la teoría de autómatas ha encontrado aplicación en muy diversos campos. Esto se debe a que resulta muy natural considerar, tanto los autómatas como las máquinas secuenciales, sistemas capaces de transmitir (procesar) información. En definitiva, esto es equiparable a cualquier sistema existente en la naturaleza, que recibe señales de su entorno, reacciona ante ellas y emite así nuevas señales al ambiente que le rodea.
- Algunos de los campos donde ha encontrado aplicación la teoría de autómatas son:
 - Teoría de la Comunicación
 - Teoría de Control
 - Lógica de los circuitos secuenciales
 - Ordenadores
 - Teoría lógica de los sistemas evolutivos y auto-reproductivos
 - Reconocimiento de patrones
 - Fisiología del sistema nervioso
 - Traducción automática de lenguajes
 - etc

- Chomsky clasificará los lenguajes formales de acuerdo a una jerarquía de cuatro niveles, conteniendo cada uno de todos los siguientes.
 - El lenguaje más general será, pues, de tipo 0, y no posee restricción alguna. Este conjunto engloba el conjunto de todos los lenguajes posibles.
 - En el segundo nivel aparecen los lenguajes de tipo 1, también llamados lenguajes “sensibles al contexto”, al permitir que el “papel” de las palabras dependa de la posición en que aparezcan (es decir, del contexto). La mayor parte de los lenguajes de ordenador pertenecen a este tipo.
 - En tercer lugar aparecen los lenguajes de tipo 2, o lenguajes “independientes del contexto”. En ellas el significado de una palabra es independiente del lugar que ocupa en la frase.
 - Finalmente, los lenguajes de tipo 3, o lenguajes regulares, son los que presentan una estructura más sencilla.

- Resulta curioso observar como paralelamente a la jerarquía de lenguajes aparece otra de máquinas abstractas equivalentes, como se observa en el esquema siguiente :

| | | |
|------------------|-----------------------------------|---|
| | | Problemas no enumerables |
| Lenguajes Tipo 0 | Máquinas de Turing | Problemas recursivamente enumerables |
| Lenguajes Tipo 1 | Autómatas acotados linealmente | |
| Lenguajes Tipo 2 | Autómatas a pila | |
| Lenguajes Tipo 3 | Autómatas finitos | Expresiones regulares |
| | | |

- Cada uno de estos tipos de máquinas es capaz de resolver problemas cada vez más complicados, hasta llegar a las máquinas de Turing. Como descubrió Turing, existen una serie de problemas que no son computacionalmente abordables y que reciben el nombre de “problemas no enumerables”.

- La relación estrecha entre la Teoría de Lenguajes Formales y la Teoría de Autómatas se pone de manifiesto en este tema. Se establece un isomorfismo entre ambas, estableciendo una conexión entre la clase de lenguajes generados por ciertos tipos de gramáticas y la clase de lenguajes reconocibles por ciertas máquinas.
 - los lenguajes del tipo 0 con los lenguajes reconocidos por una máquina de Turing,
 - los lenguajes de tipo 1 con los Autómatas Linealmente Acotados,
 - los lenguajes de tipo 2 con los Autómatas a Pila
 - los lenguajes de tipo 3 con los Autómatas Finitos, los Autómatas Probabilísticos y los Autómatas de Células de McCulloch-Pitts.
- Cada uno de estos tipos/máquinas añade restricciones al tipo/máquina del nivel superior.

| Gramáticas | Lenguajes | Máquinas |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Sin restricciones o de Tipo 0 | Sin restricciones o de Tipo 0 | Máquina de Turing |
| Sensible al contexto o de Tipo 1 | Sensible al contexto o de Tipo 1 | Autómata linealmente acotado |
| Libre de contexto o de Tipo 2 | Libre de contexto o de Tipo 2 | Autómata con pila |
| Regular o de Tipo 3 | Regular o de Tipo 3 | Autómata Finito |

- Gran parte del temario se basará en problemas que tienen que ver con el procesamiento del lenguaje, por tanto, se repasa la terminología y algunos de los conceptos asociados al proceso de traducción.
 - Se establecen los términos de *lenguaje formal*, definidos por reglas preestablecidas, y de *lenguaje natural*, no cuentan con reglas gramaticales formales.
 - Así, el estudio de los lenguajes se reduce al análisis de la estructura de las frases (Gramática) y del significado de las mismas (Semántica).
 - A su vez, la Gramática puede analizar las formas que toman las palabras (Morfología), su combinación para formar frases correctas (Sintaxis), y las propiedades del lenguaje hablado (Fonética) (única no aplicable a los lenguajes de ordenador).
 - Para realzar el papel de la gramática en el proceso de traducción se indican los componentes básicos de que consta compilador para un determinado lenguaje de programación: análisis léxico, análisis sintáctico y generación de código.