

Laboratorio 1 – Autómata Celular “El Juego de la vida”

Un autómata celular es un modelo matemático para un sistema dinámico que evoluciona en pasos discretos. Es adecuado para modelar sistemas naturales que puedan ser descritos como una colección masiva de objetos simples que interactúen localmente unos con otros.

Son sistemas descubiertos dentro del campo de la física computacional por **John von Neumann** en la década de 1950. La teoría de los autómatas celulares se inicia con su precursor John von Neumann a finales de la década de 1940 con su libro “Theory of Self-reproducing Automata”

Aunque **John von Neumann** puso en práctica los autómatas celulares., estos fueron concebidos en los años 40 por Konrad Zuse y Stanislaw Ulam. Zuse pensó en los “espacios de cómputo” (computing spaces), como modelos discretos de sistemas físicos. Las contribuciones de Ulam vinieron al final de los 40, poco después de haber inventado con Nicholas Metropolis el Método de Montecarlo.

Los autómatas celulares, son muy importante en el desarrollo de la Inteligencia Artificial

Pero, ¿qué es exactamente un autómata celular?

Los autómatas celulares son redes de autómatas simples conectados localmente. Como sabemos, cada autómata simple produce una salida a partir de varias entradas, modificando en el proceso su estado según una función de transición. Sin embargo, y por lo general, en un autómata celular, el estado de una célula en una generación determinada depende única y exclusivamente de los estados de las células vecinas y de su propio estado en la generación anterior.

Ahora bien, no existe una definición formal y matemática aceptada de autómata celular. Sin embargo, se puede describir a un autómata celular como una tupla, es decir, un conjunto ordenado de objetos que cumple las siguientes características:

- Una rejilla de enteros infinitamente extendida, con dimensión $d \in \mathbb{Z}^+$. Cada celda de la cuadrícula se conoce como célula.
- Cada célula puede tomar un valor en \mathbb{Z} a partir de un conjunto finito de estados k .
- Cada célula se caracteriza por su vecindad, que es un conjunto finito de células en las cercanías de ésta.
- A todas las células de la cuadrícula se les aplica una función de transición f , que toma como argumentos los valores de la célula en cuestión y los valores de sus vecinos, y devuelve el nuevo valor que la célula tendrá en la siguiente etapa de tiempo.
-

Y, ¿qué utilidades tiene este tipo de autómatas?

Los autómatas celulares son herramientas útiles para modelar cualquier sistema en el universo. Pueden considerarse como una buena alternativa a las ecuaciones diferenciales y han sido utilizados para modelar sistemas físicos, como interacciones entre partículas, formación de

galaxias, cinética de sistemas moleculares y crecimiento de cristales, así como diversos sistemas biológicos a nivel celular, multicelular y poblacional.

Estos autómatas pueden ser usados para modelar numerosos sistemas físicos que se caractericen por un gran número de componentes homogéneos y que interactúen localmente entre sí. De hecho, cualquier sistema real al que se le puedan aplicar los conceptos de "vecindad", "estados de los componentes" y "función de transición", es candidato para ser modelado por un autómata celular.

Algunas áreas donde se utilizan los autómatas celulares son:

- Modelado del flujo de tráfico y de peatones.
- Modelado de fluidos (gases o líquidos).
- Modelado de la evolución de células o virus (como el VIH).
- Modelado de procesos de percolación (paso lento de fluidos a través de materiales porosos).

El Juego de la Vida

¿Qué es?

Uno de los autómatas celulares más conocidos es el que **John Horton Conway** llamó el **Juego de la Vida**. El Juego de la Vida es un autómata celular bidimensional en cuadrícula con dos estados por celda. Cada celda o célula puede estar viva o muerta, y en cada generación se aplica un algoritmo que sigue estas tres reglas:

- Cada célula viva con dos o tres células vecinas vivas sobrevive a la siguiente generación.
- Cada célula viva con ninguna, una, o más de tres células vivas a su alrededor pasa a estar muerta.
- Cada célula muerta con tres células vecinas vivas resucita en la siguiente generación.

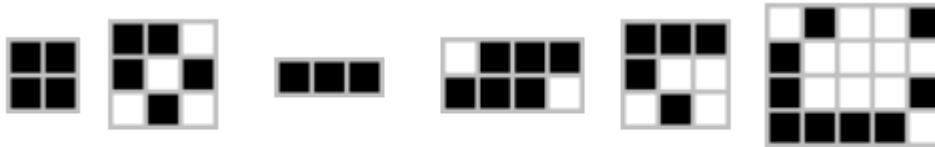
El Juego de la Vida es equivalente a una **máquina universal de Turing**, es decir, todo lo que se puede computar algorítmicamente se puede computar en él.

Además, es interesante el hecho de que presenta configuraciones finales estables. Langton defiende que presenta propiedades de catálisis (acciones de construcción arbitrarias), de transporte (borrando estructuras y reconstruyéndolas en otro lugar del espacio celular), estructurales (como elementos estáticos, barreras, etc.), de regulación, defensa e incluso informativas, y que por tanto estos autómatas virtuales tienen capacidades computacionales suficientes para cumplir los papeles funcionales que juegan las macromoléculas en la lógica molecular de la vida. En definitiva, que funcionalmente, estos autómatas son equiparables a los componentes básicos de la vida en nuestro planeta.

Patrones

Existen numerosos tipos de patrones que pueden tener lugar en el Juego de la Vida, como patrones estáticos ("vidas estáticas"), patrones recurrentes ("osciladores", un conjunto de vidas estáticas) y patrones que se trasladan por el tablero ("naves espaciales").

En la imagen inferior se pueden observar ejemplos de estas tres clases de patrones.

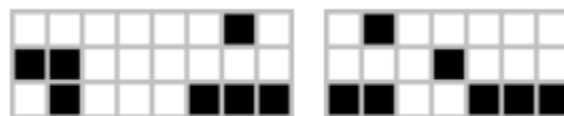


Bloque Barco Parpadeador Sapo Planeador Nave ligera

El bloque y el barco son vidas estáticas, el parpadeador y el sapo son osciladores, y el planeador y la nave ligera son naves espaciales que recorren el tablero a lo largo del tiempo.

Existen, además, más tipos de patrones, como los llamados "Matusalenes", que pueden evolucionar a lo largo de muchos turnos, o generaciones, antes de estabilizarse. Dos ejemplos de este tipo de patrones son el patrón "Diehard", que desaparece después de 130 turnos, y el patrón "Acorn", el cual tarda 5206 turnos en estabilizarse en forma de muchos osciladores, y en ese tiempo genera 13 planeadores.

En la imagen inferior se puede observar ejemplos de patrones del tipo "matusalenes".



Diehard

Acorn

En la aparición original del juego, Conway ofreció un premio de 50 dólares por el descubrimiento de patrones que crecieran indefinidamente. El primero fue descubierto por Bill Gosper en noviembre de 1970.

La Regla 110

¿Qué es?

Otro autómata celular conocido es el llamado la Regla 110, el cual es unidimensional y tiene un conjunto de 0s y 1s que va evolucionando de acuerdo a un conjunto de reglas. El hecho de que un elemento sea 0 ó 1 en la nueva generación depende de su valor actual, así como del valor de dos de sus vecinos.

Reglas

Las reglas que sigue el autómata son las siguientes:

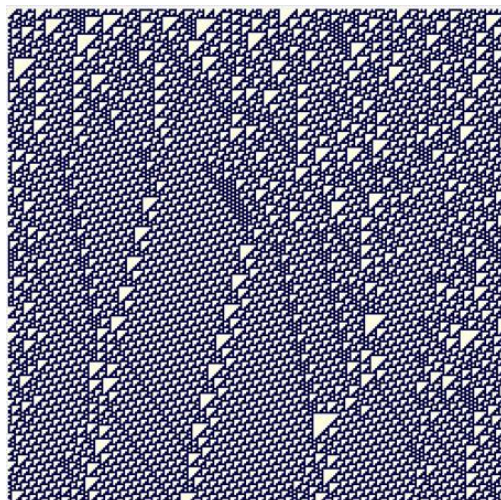
Secuencia actual	111	110	101	100	011	010	001	000
Nuevo estado de la celda central	0	1	1	0	1	1	1	0

El nombre “Regla 110” se deriva del hecho de que esta regla puede ser resumida en la secuencia binaria 01101110 la cual, interpretada como un número binario, corresponde al valor decimal 110.

Ejemplo

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de una evolución de la regla 110 tomada a partir de una configuración global inicial aleatoria con distribución pseudouniforme en el cual el espacio celular es de 250 células, donde el estado 0 se muestra en color claro y el estado 1 se muestra en color oscuro.

Se muestra la historia del autómata a través de 250 generaciones.



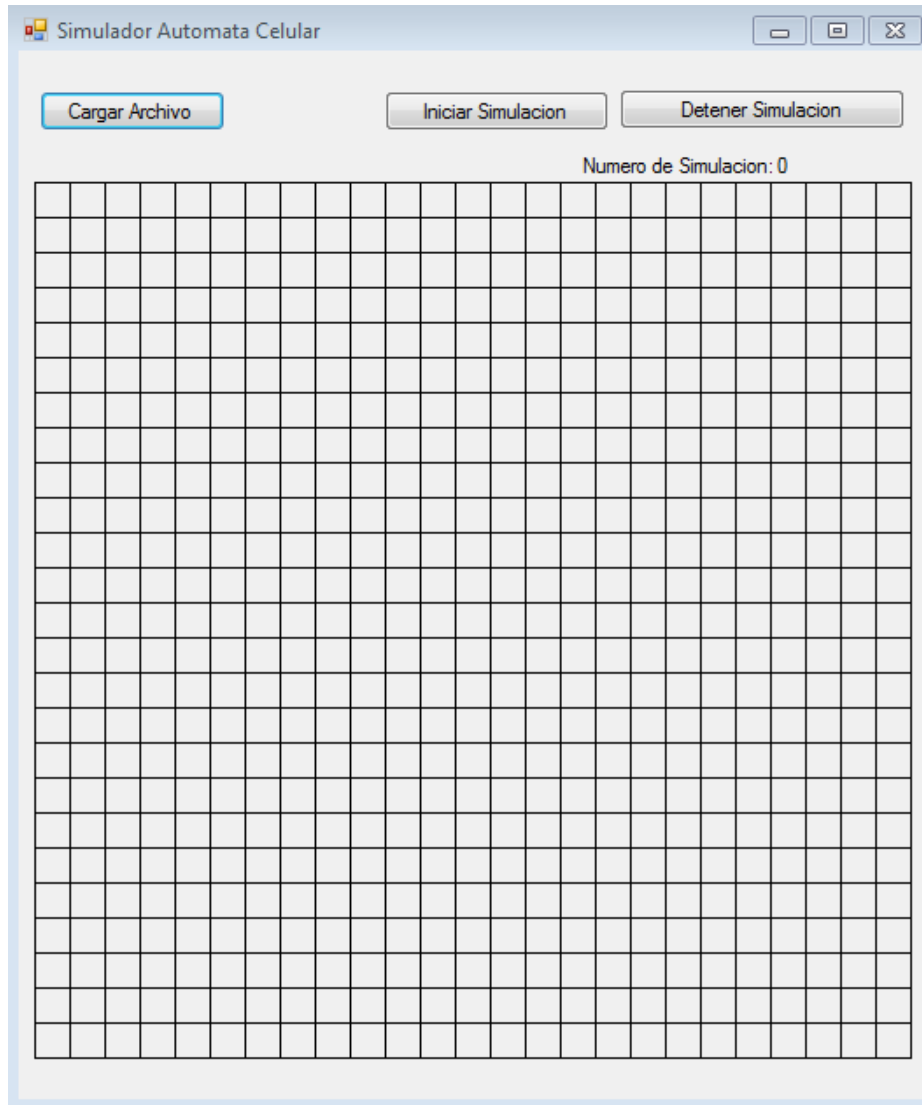
Desarrollo de Laboratorio

Se implementará un Simulador de Autómata Celular, para el Juego de la Vida. Siguiendo los siguientes pasos. A continuación, se detallan los Pasos a desarrollar y los puntos que podrá obtener si cumple con cada punto.

1. Paso 1 (20 puntos)

Crear aplicación de Escritorio en .NET que contenga tres botones (Cargar Archivo, Iniciar Simulación y Detener Simulación), dos Labels los cuales deben indicar “Numero de Simulación” y el número de simulación y finalmente un PictureBox de tamaño 500x500 donde se diseñara cuadrícula bidimensional en la cual vivirán nuestras células Y una

La Cuadrícula debe tener 25 filas y 25 columnas, la cual generara 625 celdas, las cuales representaran a nuestras células. Como se muestra a continuación.



2. Paso 2 (20 puntos)

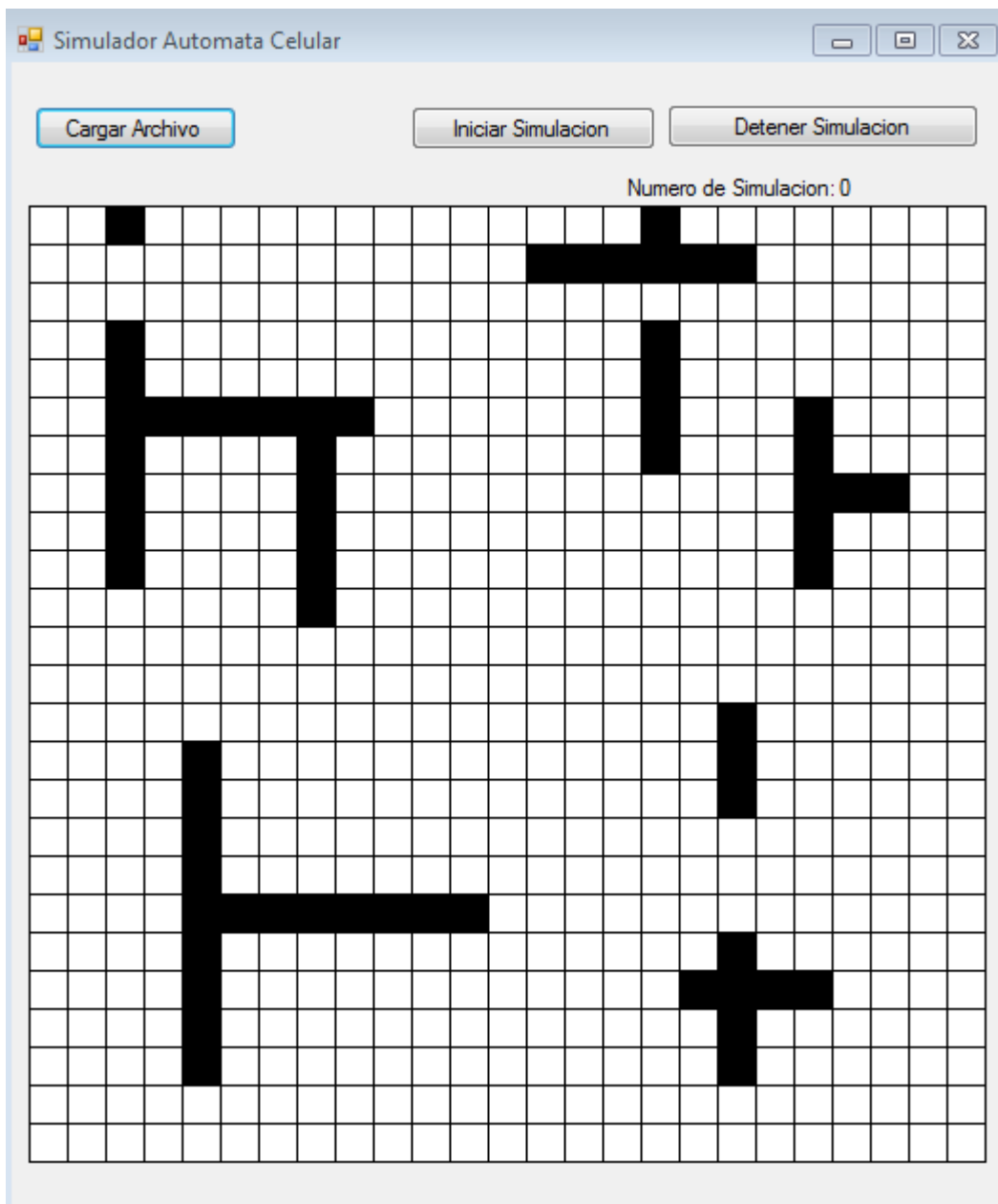
Cargar Archivo, permite cargar un archivo de texto “txt” de Entrada a través de un dialogo de carga de archivo (OpenFileDialog), el cual tendrá la configuración inicial de nuestro Autómata Celular. Este Archivo contiene una matriz de 25x25 de 0 y 1 separados por comas “,” , los que representan a nuestras células y su estado.

- 0 -> célula Muertas
- 1 -> célula Vivas.

Aquí un ejemplo de este archivo de Entrada

[illegible]

Una vez seleccionado el archivo a cargar en el cuadro de dialogo, este deberá ser cargado en la cuadrícula de nuestro formulario. Como se muestra a continuación.

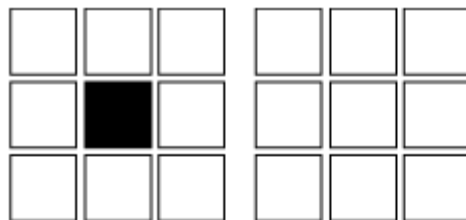


3. Paso 3 (20 puntos)

Iniciar Simulación, se debe agregar un Timer con un Intervalo de 10 milisegundo, e iniciar la simulación según las Reglas del juego de la vida que resumiendo dice lo siguiente.

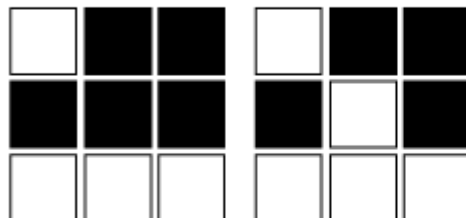
La Cuadrícula o Matriz como un tablero con casillas, donde cada casilla tiene una “célula” y nos referiremos a “vecinos” de un casillero (con o sin célula) para hablar de las células que se encuentran en las 8 casillas que lo rodean (si el casillero se encuentra en la frontera del tablero lo rodean menos casillas), se pintaran negro las casillas con una célula viva y se dejara en blanco la casilla con una célula muerta. Bajo este contexto definimos las siguientes reglas:

- Cada “célula” con 1 o ningún vecino “muere”, es decir, es retirada del tablero en el siguiente estado o en la siguiente actualización;
- Cada célula con 4 o más vecinos “muere” por superpoblación;
- Una célula con 2 o 3 vecinos sobrevive;
- Un casillero vacío rodeado de exactamente 3 vecinos “engendra” una nueva célula, es decir, hay que poner una célula en ese casillero en la siguiente actualización;



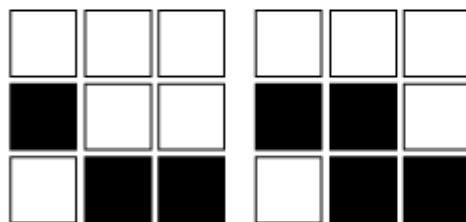
Loneliness

A cell with less than 2 adjoining cells dies.



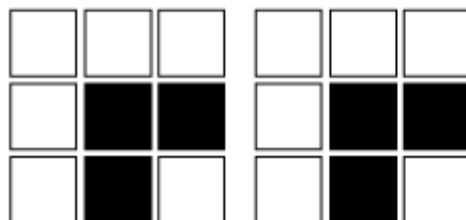
Overcrowding

A cell with more than 3 adjoining cells dies.



Reproduction

An empty cell with more than 3 adjoining cells comes alive.



Stasis

A cell with exactly 2 adjoining cells remains the same.



Bibliografía

https://es.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3mata_celular

http://uncomp.uwe.ac.uk/genaro/Papers/Veranos_McIntosh_files/vida_artificial_Miriam.pdf

https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_de_Turing

https://es.wikipedia.org/wiki/Juego_de_la_vida

https://en.wikipedia.org/wiki/Rule_110