



CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
AUTÓMATAS I
5° "A"

PROYECTO FINAL: NFA

Profesor: Israel de la Parra González

Alumnos:

Espinoza Sánchez Joel Alejandro
Flores Fernández Óscar Alonso
Gómez Garza Dariana
González Arenas Fernando Francisco
Martínez Gaytán Marco Antonio
Ordaz de Vierna Andrea Julieta

Fecha de Entrega: Aguascalientes, Ags., 16 de diciembre de 2020

Índice

1. Especificación del proyecto -	1
2. Plan de trabajo -	2
3. Modelos teóricos de solución -	4
4. Comprobación de los modelos con JFLAP -	7
5. Código en el lenguaje de programación -	14
6. Conclusiones -	15
7. Autoevaluación -	17
8. Bibliografía -	19
9. Anexos -	20

Especificación del proyecto

Los autómatas son herramientas muy útiles para el estudio de gramáticas y alfabetos. Según Hopcroft (2007) la importancia de los autómatas recae en el diseño de software que permita probar el comportamiento de circuitos digitales, analizadores léxicos para la creación de compiladores, software para explorar cuerpos de texto largos y verificadores finitos de estados.

Hopcroft menciona muchas aplicaciones de los autómatas entre las ya aludidas anteriormente; sin embargo, en el presente prototipo se mostrará un ejemplo de aplicación orientado al comportamiento del clima mediante cadenas sencillas.

La meteorología es una ciencia que estudia el comportamiento del clima, como Meteored Noticias (2020) menciona, además de tratar de predecir los cambios de temperatura y los medios por los cuales se puede llevar a cabo precipitación y otros fenómenos atmosféricos.

Estos sucesos climáticos suelen variar dependiendo a las condiciones de ciertos lugares y las características que se fijan en momentos muy precisos previa a la predicción del tiempo.

Para especificar el tratamiento del proyecto, se decidió situar los eventos del proyecto a contextos propios, es decir, el caso de estudio se reduce al estudio del clima en el estado de Aguascalientes, México.

Sin embargo, el estudio meteorológico es muy abundante, pues toda la teoría que esta rama disciplinaria posee permite que se catalogue como área de conocimiento por sí misma, incluso se modela con altísimo encaje usando modelos y propuestas teóricas físico – matemáticos como la Teoría del Caos, por lo que definir minuciosamente un proyecto con prospectos altos de predicción climática es realmente complicado incluso para meteorólogos especializados en el área, por lo que el equipo adoptó y trabajó mediante un modelo propuesto por el mismo grupo que usa cuatro variables que según Meeus (2017) son las más importantes para una predicción de precipitación básica:

- Humedad
- Presión
- Nubosidad
- Estación temporal según el mes en el que se encuentra el análisis.

Mediante estas cuatro variables discretizadas y distribuidas en datos agrupados y explicadas a continuación, se tratará de determinar un porcentaje de probabilidad de lluvia (también agrupando los intervalos) con el objetivo que el autómata lea cada uno de los objetos anteriores y sea capaz de arrojar un porcentaje de probabilidad de precipitación, el cual será explicado, modelado y resuelto posteriormente.

Plan de trabajo

Parte 1.

Para la inicialización del trabajo se organizó una lluvia de ideas. Cada uno proponía un tema de interés y su posible aplicación para el proyecto.

Al haber tantas propuestas fuimos descartando ideas para poder tomar una con la que todo el equipo aceptara y fuera posible de realizar. Esto requirió un profundo análisis, ya que la mayoría de las ideas eran grandes candidatas para elaborar e interesantes en cuanto a la elaboración y planeación.

Parte 2.

La idea resultante de este debate fue elaborar programa que, a base de distintas variables, fuera capaz de determinar un porcentaje de probabilidad de precipitación en base al resultado arrojado. Esta idea nos gustó ya que presentaba un reto pues todo lo que implicaba para determinar si podía o no haber precipitaciones nos mostraba que tendríamos mucho trabajo por delante, y que un error de lógica o repetición podía alejarnos bastante de nuestro objetivo.

Parte 3.

Se realizó una primera investigación para poder saber que variables podíamos considerar en este proceso, ya que, aunque había algunas condiciones muy obvias u otras que no tanto, queríamos usar aquellas que pudieran englobar lo más posible el mayor número de localizaciones posibles sin necesidad de estar incluyendo/excluyendo nuevas variables a considerar. Tras esto, fuimos capaces de tomar en cuenta distintas condiciones que pudieran influenciar el resultado que buscamos.

Parte 4.

Se elaboró una investigación en conjunto para saber cómo manejar las variables deseadas a emplear en nuestro proyecto siendo capaces de determinar los parámetros en cada una de las variables que fueran necesarios para poder dictar un resultado a manera de porcentaje óptimo y acertado.

Parte 5.

Se realizaron varias propuestas para poder dar un valor a cada una de las variables y así poder realizar una formula capaz de llevarnos al resultado que estamos buscando.

Parte 6.

Se planteó una tabla con cada uno de los “camino” posibles junto con sus valores en la cual nos basamos para realizar el autómata. Esta fue una de las primeras

demostraciones que tuvimos para comprender la magnitud de lo que estábamos elaborando y cuanto implicaba cometer un error.

Parte 7.

Con base en los resultados obtenidos de nuestra tabla, se realizó un autómata que nos mostraba claramente que camino recorría cada una de las opciones posibles y a que resultado nos llevaba. Para analizar y programar este autómata se tomó la decisión de la división del trabajo. Se formaron parejas y a cada una se le asignó de seis a siete nodos distintos que debían recorrer y programar para que la máquina pudiera imitar el recorrido del autómata.

Parte 8.

Finalmente, para la documentación, al haber participado todos los miembros de manera activa no hubo ningún tipo de problema en que nos dividiéramos los puntos a tratar para registrar todo lo hecho en este proyecto.

Modelos teóricos de solución

El objetivo es averiguar la probabilidad de lluvia en la ciudad de Aguascalientes con ayuda de un autómata finito no determinista.

1. *El primer punto para tratar fue averiguar qué parámetros influyen en el problema, es decir, qué factores influyen en la probabilidad de lluvia para considerarlos como variables en nuestro modelo.*

VARIABLES

- Temperatura.
- Presión atmosférica.
- Humedad.
- Nubosidad.
- Temporada (mes actual).

2. *Ya que se encontraron qué factores influyen, ahora lo que prosigue es saber el “cómo” con el objetivo de saber qué características debe tener las variables para el cálculo de la probabilidad.*

ARGUMENTOS

Mientras la temperatura se encuentre más baja, se necesita mucho menos cantidad de agua para que ocurra el proceso de condensación en las nubes y haya una precipitación. (Temperatura y Categoría de nubosidad). Un sistema de baja presión atmosférica promueve las precipitaciones, mientras que las altas presiones y poca humedad son desfavorables para que este fenómeno ocurra. Cuando llueve, la humedad alcanza el 100 y en un día fría la humedad es muy baja.

FACTORES DE PRECIPITACIÓN

- Temperatura baja.
- Baja presión atmosférica.
- Alta humedad.
- Alta categoría de nubosidad.
- Meses donde hay más concurrencia de lluvia.

3. *Mientras se pensaba en el desarrollo de este modelo, se decidió asignar dominios a las variables por medio de intervalos.*

PARÁMETROS	DOMINIO
Temperatura (T)	1. $[-10^{\circ}\text{C}, 0^{\circ}\text{C}]$. 2. $[0^{\circ}\text{C}, 10^{\circ}\text{C}]$. 3. $[10^{\circ}\text{C}, 20^{\circ}\text{C}]$. 4. $[20^{\circ}\text{C}, 30^{\circ}\text{C}]$. 5. $[30^{\circ}\text{C}, 40^{\circ}\text{C}]$.
Nubosidad (N)	1. Nubosidad nula. 2. Poca nubosidad. 3. Nubosidad media. 4. Nubosidad moderada. 5. Alta nubosidad.
Presión (P)	1. 1023 hPa. 2. 1024 hPa. 3. 1025 hPa. 4. 1026 hPa. 5. 1027 hPa.
Humedad (H)	1. $[0\%, 20\%]$. 2. $[20\%, 40\%]$. 3. $[40\%, 60\%]$. 4. $[60\%, 80\%]$. 5. $[80\%, 100\%]$.
Meses (M)	1. 1 = Marzo y abril (menos probables) // 0% - 20% 2. 2 = Mayo y junio (más inestables) // 60% - 80% 3. 3 = Julio, agosto y septiembre (los más lluviosos) // 80% - 100% 4. 4 = Octubre, noviembre (los más inestables) // 40% - 60% 5. 5 = Diciembre, enero y febrero (otros menos probables) // 20% - 40%

4. El siguiente paso de la elaboración del programa fue definir los estados. Ésta se creó con la división de los dominios de cada variable, de esta forma asignamos un rango para cada estado.

TASA DE CONDENSACION

VARIABLES	ESTADO 1	ESTADO 2	ESTADO 3	ESTADO 4	ESTADO 5
Probabilidad de lluvia	0% a 20%	20% a 40%	40% a 60%	60% a 80%	80% a 100%
Temperatura	-10C – 0C	0C - 10C	10C-20C	20C-30C	30C – 40C
Nubosidad	1	2	3	4	5
Presión	1027	1026	1025 hPa	1024	1023 hPa

Humedad	0% – 20%	20% – 40%	40% – 60%	60% – 80%	80% - 100%
Meses	1	5	4	2	3

Función Objetivo

Para el desarrollo de la función objetivo se planteó el siguiente alfabeto:

$$\Sigma = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, e_1, e_2, e_3, e_4, e_5\}$$

Mientras la temperatura se encuentre más baja, se necesita mucho menos cantidad de agua para que ocurra el proceso de condensación en las nubes y haya una precipitación. (Temperatura y Categoría de nubosidad). Un sistema de baja presión atmosférica promueve las precipitaciones, mientras que las altas presiones y poca humedad son desfavorables para que este fenómeno ocurra. Cuando llueve, la humedad alcanza el 100 y en un día fría la humedad es muy baja.

Donde cada quintupla de elementos del alfabeto representa un valor de las variables con la siguiente correspondencia:

- 1) Humedad (a)
- 2) Presión (b)
- 3) Nubosidad (c)
- 4) Meses (d)
- 5) Temperatura (e)

La función objetivo se definió con una suma de probabilidades de cada variable acorde a los datos obtenidos en la investigación anterior, con la finalidad de obtener una probabilidad neta o general, la cual resultó:

$$f = 0.35a + 0.30b + 0.20c + 0.15d$$

A partir de que ya se definió la función que evaluará la probabilidad neta, ahora se fijarán a qué estado nos llevará según el resultado anterior lo cual se planteó de la siguiente manera:

$$n = \frac{n_m - 1}{4}$$

Donde n puede ser cualquier variable que afecte a la probabilidad de precipitación, y m puede ser cualquier valor de intervalo de estos mismos.

Ahora se realizaron los cálculos para obtener la probabilidad y finalmente obtengamos el estado resultante (véase documento en Microsoft Excel “Tablas” para consultar los procedimientos de evaluación). Una vez que se contaron con los estados según sus probabilidades, se realizó el modelo del NFA con ayuda de JFLAP (véase archivo en JFLAP “NFA”).

Comprobación de los modelos con JFLAP

Para la representación de nuestro problema se implementó un autómata con base en una tabla desarrollada a partir de los parámetros, que es la siguiente:

a	b	c	d	Prob	Estado
1	1	1	0	1	
1	1	1	2	0,0375	1
1	1	1	3	0,075	1
1	1	1	4	0,1125	1
1	1	1	5	0,15	1
1	1	2	1	0,05	1
1	1	2	2	0,0875	1
1	1	2	3	0,125	1
1	1	2	4	0,1625	1
1	1	3	1	0,1	1
1	1	3	2	0,1375	1
1	1	3	3	0,175	1
1	1	4	1	0,15	1
1	1	4	2	0,1875	1
1	2	1	1	0,075	1
1	2	1	2	0,1125	1
1	2	1	3	0,15	1
1	2	1	4	0,1875	1
1	2	2	1	0,125	1
1	2	2	2	0,1625	1
1	2	3	1	0,175	1
1	3	1	1	0,15	1
1	3	1	2	0,1875	1
2	1	1	1	0,0875	1
2	1	1	2	0,125	1
2	1	1	3	0,1625	1
2	1	2	1	0,1375	1
2	1	2	2	0,175	1
2	1	3	1	0,1875	1
2	2	1	1	0,1625	1
3	1	1	1	0,175	1
3	1	1	1	0,175	1
3	2	1	1	0,275	2
3	2	1	2	0,3125	2
3	2	1	3	0,35	2
3	2	1	4	0,3875	2
3	2	1	5	0,425	2
3	2	2	1	0,325	2
3	2	2	2	0,3625	2
3	2	2	3	0,4	2
3	2	2	4	0,4375	2
3	2	2	5	0,475	2
3	2	3	1	0,375	2
3	2	3	2	0,4125	2
3	2	3	3	0,45	2
3	2	3	4	0,4875	2
3	2	3	5	0,525	2
3	2	4	1	0,425	2
3	2	4	2	0,4625	2
3	2	4	3	0,5	2
3	2	4	4	0,5375	2
3	2	4	5	0,575	2
3	2	5	1	0,475	2
3	2	5	2	0,5125	2
3	2	5	3	0,55	2
3	2	5	4	0,5875	2
3	2	5	5	0,625	2
3	3	1	1	0,375	2
3	3	1	2	0,4125	2
3	3	1	3	0,45	2
3	3	1	4	0,4875	2
3	3	1	5	0,525	2
3	3	2	1	0,325	2
3	3	2	2	0,3625	2
3	3	2	3	0,4	2
3	3	2	4	0,4375	2
3	3	2	5	0,475	2
3	3	3	1	0,375	2
3	3	3	2	0,4125	2
3	3	3	3	0,45	2
3	3	3	4	0,4875	2
3	3	3	5	0,525	2
3	3	4	1	0,425	2
3	3	4	2	0,4625	2
3	3	4	3	0,5	2
3	3	4	4	0,5375	2
3	3	4	5	0,575	2
3	3	5	1	0,475	2
3	3	5	2	0,5125	2
3	3	5	3	0,55	2
3	3	5	4	0,5875	2
3	3	5	5	0,625	2
3	4	1	1	0,325	2
3	4	1	2	0,3625	2
3	4	1	3	0,4	2
3	4	1	4	0,4375	2
3	4	1	5	0,475	2
3	4	2	1	0,325	2
3	4	2	2	0,3625	2
3	4	2	3	0,4	2
3	4	2	4	0,4375	2
3	4	2	5	0,475	2
3	4	3	1	0,325	2
3	4	3	2	0,3625	2
3	4	3	3	0,4	2
3	4	3	4	0,4375	2
3	4	3	5	0,475	2
3	4	4	1	0,325	2
3	4	4	2	0,3625	2
3	4	4	3	0,4	2
3	4	4	4	0,4375	2
3	4	4	5	0,475	2
3	4	5	1	0,325	2
3	4	5	2	0,3625	2
3	4	5	3	0,4	2
3	4	5	4	0,4375	2
3	4	5	5	0,475	2
3	5	1	1	0,275	2
3	5	1	2	0,3125	2
3	5	1	3	0,35	2
3	5	1	4	0,3875	2
3	5	1	5	0,425	2
3	5	2	1	0,275	2
3	5	2	2	0,3125	2
3	5	2	3	0,35	2
3	5	2	4	0,3875	2
3	5	2	5	0,425	2
3	5	3	1	0,275	2
3	5	3	2	0,3125	2
3	5	3	3	0,35	2
3	5	3	4	0,3875	2
3	5	3	5	0,425	2
3	5	4	1	0,275	2
3	5	4	2	0,3125	2
3	5	4	3	0,35	2
3	5	4	4	0,3875	2
3	5	4	5	0,425	2
3	5	5	1	0,275	2
3	5	5	2	0,3125	2
3	5	5	3	0,35	2
3	5	5	4	0,3875	2
3	5	5	5	0,425	2
3	5	6	1	0,225	2
3	5	6	2	0,2625	2
3	5	6	3	0,3	2
3	5	6	4	0,3375	2
3	5	6	5	0,375	2
3	5	7	1	0,225	2
3	5	7	2	0,2625	2
3	5	7	3	0,3	2
3	5	7	4	0,3375	2
3	5	7	5	0,375	2
3	5	8	1	0,225	2
3	5	8	2	0,2625	2
3	5	8	3	0,3	2
3	5	8	4	0,3375	2
3	5	8	5	0,375	2
3	5	9	1	0,225	2
3	5	9	2	0,2625	2
3	5	9	3	0,3	2
3	5	9	4	0,3375	2
3	5	9	5	0,375	2
3	5	10	1	0,225	2
3	5	10	2	0,2625	2
3	5	10	3	0,3	2
3	5	10	4	0,3375	2
3	5	10	5	0,375	2
3	5	11	1	0,225	2
3	5	11	2	0,2625	2
3	5	11	3	0,3	2
3	5	11	4	0,3375	2
3	5	11	5	0,375	2
3	5	12	1	0,225	2
3	5	12	2	0,2625	2
3	5	12	3	0,3	2
3	5	12	4	0,3375	2
3	5	12	5	0,375	2
3	5	13	1	0,225	2
3	5	13	2	0,2625	2
3	5	13	3	0,3	2
3	5	13	4	0,3375	2
3	5	13	5	0,375	2
3	5	14	1	0,225	2
3	5	14	2	0,2625	2
3	5	14	3	0,3	2
3	5	14	4	0,3375	2
3	5	14	5	0,375	2
3	5	15	1	0,225	2
3	5	15	2	0,2625	2
3	5	15	3	0,3	2
3	5	15	4	0,3375	2
3	5	15	5	0,375	2
3	5	16	1	0,225	2
3	5	16	2	0,2625	2
3	5	16	3	0,3	2
3	5	16	4	0,3375	2
3	5	16	5	0,375	2
3	5	17	1	0,225	2
3	5	17	2	0,2625	2
3	5	17	3	0,3	2
3	5	17	4	0,3375	2
3	5	17	5	0,375	2
3	5	18	1	0,225	2
3	5	18	2	0,2625	2
3	5	18	3	0,3	2
3	5	18	4	0,3375	2
3	5	18	5	0,375	2
3	5	19	1	0,225	2
3	5	19	2	0,2625	2
3	5	19	3	0,3	2
3	5	19	4	0,3375	2
3	5	19	5	0,375	2
3	5	20	1	0,225	2
3	5	20	2	0,2625	2
3	5	20	3	0,3	2
3	5	20	4	0,3375	2
3	5	20	5	0,375	2
3	5	21	1	0,225	2
3	5	21	2	0,2625	2
3	5	21	3	0,3	2
3	5	21	4	0,3375	2
3	5	21	5	0,375	2
3	5	22	1	0,225	2
3	5	22	2	0,2625	2
3	5	22	3	0,3	2
3	5	22	4	0,3375	2
3	5	22	5	0,375	2
3	5	23	1	0,225	2
3	5	23	2	0,2625	2
3	5	23	3	0,3	2
3	5	23	4	0,3375	2
3	5	23	5	0,375	2
3	5	24	1	0,225	2
3	5	24	2	0,2625	2
3	5	24	3	0,3	2
3	5	24	4	0,3375	2
3	5	24	5	0,375	2
3	5	25	1	0,225	2
3	5	25	2	0,2625	2
3	5	25	3	0,3	2
3	5	25	4	0,3375	2
3	5	25	5	0,375	2
3	5	26	1	0,225	2
3	5	26	2	0,2625	2
3	5	26	3	0,3	2
3	5	26	4	0,3375	2
3	5	26	5	0,375	2
3	5	27	1	0,225	2
3	5	27	2	0,2625	2
3	5	27	3	0,3	2
3	5	27	4	0,3375	2
3	5	27	5	0,375	2
3	5	28	1	0,225	2
3	5	28	2	0,2625	2
3	5	28	3	0,3	2
3	5	28	4	0,3375	2
3	5	28	5	0,375	2
3	5	29	1	0,225	2
3	5	29	2	0,2625	2
3	5	29	3	0,3	2
3	5	29	4	0,3375	2
3	5	29	5	0,375	2
3	5	30	1	0,225	2
3	5	30	2	0,2625	2
3	5	30	3	0,3	2
3	5	30	4	0,3375	2
3	5	30	5	0,375	2
3	5	31	1	0,225	2
3	5	31	2	0,2625	2
3	5	31	3	0,3	2
3	5	31	4	0,3375	2
3	5	31	5	0,375	2
3	5	32	1	0,225	2
3	5	32	2	0,2625	2
3	5	32	3	0,3	2
3	5	32	4	0,3375	2
3	5	32	5	0,375	2
3	5	33	1	0,225	2
3	5	33	2	0,2625	2
3	5	33	3	0,3	2
3	5	33	4	0,3375	2
3	5	33	5	0,375	2
3	5	34	1	0,225	2
3	5	34	2	0,2625	2
3	5	34			

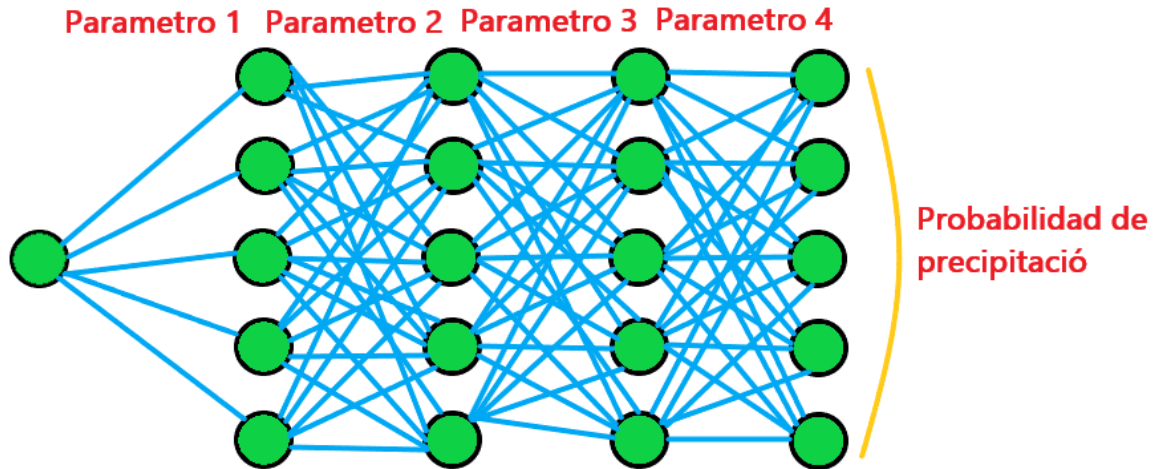
4	2	3	3	0.5125	3	1	5	5	5	0.65	4	3	5	4	1	0.625	4	4	4	3	4	0.7	4	
4	2	3	4	0.55	3	2	4	4	5	0.6125	4	3	5	4	2	0.6625	4	4	4	3	5	0.7375	4	
4	2	3	5	0.5875	3	2	4	5	4	0.625	4	3	5	4	3	0.7	4	4	4	4	1	0.6375	4	
4	2	4	1	0.4875	3	2	4	5	5	0.6625	4	3	5	4	5	0.7375	4	4	4	4	2	0.675	4	
4	2	4	2	0.525	3	2	5	3	4	0.6	4	3	5	5	1	0.675	4	4	4	4	4	0.75	4	
4	2	4	3	0.5625	3	2	5	3	5	0.6375	4	3	5	5	2	0.7125	4	4	4	4	5	0.7875	4	
4	2	5	1	0.5375	3	2	5	4	3	0.6125	4	3	5	5	3	0.75	4	4	4	5	1	0.6875	4	
4	2	5	2	0.575	3	2	5	4	4	0.65	4	3	5	5	4	0.7875	4	4	4	5	2	0.725	4	
4	3	1	1	0.4125	3	2	5	4	5	0.6875	4	4	1	5	5	0.8125	4	4	4	5	3	0.7625	4	
4	3	1	2	0.45	3	2	5	5	2	0.625	4	4	2	4	4	0.6	4	4	5	1	2	0.6	4	
4	3	1	3	0.4875	3	2	5	5	3	0.6625	4	4	2	4	5	0.6375	4	4	5	1	3	0.6375	4	
4	3	1	4	0.525	3	2	5	5	4	0.7	4	4	2	5	3	0.8125	4	4	5	1	4	0.675	4	
4	3	1	5	0.5625	3	2	5	5	5	0.7375	4	4	2	5	4	0.85	4	4	5	1	5	0.7125	4	
4	3	2	1	0.4625	3	3	2	5	5	0.6	4	4	2	5	5	0.6875	4	4	5	2	1	0.6125	4	
4	3	2	2	0.5	3	3	3	4	5	0.625	4	4	3	2	5	0.6125	4	4	5	2	2	0.65	4	
4	3	2	3	0.5375	3	3	3	5	3	0.6	4	4	3	3	4	0.625	4	4	5	2	3	0.6875	4	
4	3	2	4	0.575	3	3	3	5	4	0.6375	4	4	3	3	5	0.6625	4	4	5	2	4	0.725	4	
4	3	3	1	0.5125	3	3	3	5	5	0.675	4	4	3	4	2	0.6	4	4	5	2	5	0.7625	4	
4	3	3	2	0.55	3	3	4	2	5	0.6	4	4	3	4	3	0.6375	4	4	5	3	1	0.6625	4	
4	3	3	3	0.5875	3	3	4	3	4	0.6125	4	4	3	4	4	0.675	4	4	5	3	2	0.7	4	
4	3	3	4	1	0.5625	3	3	4	3	5	0.65	4	4	3	4	5	0.7125	4	4	5	3	3	0.7375	4
4	4	1	1	0.4875	3	3	4	4	3	0.625	4	4	3	5	1	0.6125	4	4	5	3	4	0.775	4	
4	4	1	2	0.525	3	3	4	4	4	0.6625	4	4	3	5	2	0.65	4	4	5	4	1	0.7125	4	
4	4	1	3	0.5625	3	3	4	4	5	0.7	4	4	3	5	3	0.6875	4	4	5	4	2	0.75	4	
4	4	2	1	0.5375	3	3	4	5	1	0.6	4	4	3	5	4	0.725	4	4	5	4	3	0.7875	4	
4	4	2	2	0.575	3	3	4	5	2	0.6375	4	4	3	5	5	0.7625	4	4	5	5	1	0.7625	4	
4	4	3	1	0.5875	3	3	4	5	3	0.675	4	4	4	1	4	0.6	4	5	1	3	5	0.6	4	
4	4	3	2	0.625	3	3	4	5	4	0.7125	4	4	4	1	5	0.6375	4	5	1	4	4	0.6125	4	
5	1	1	3	0.425	3	3	4	5	5	0.75	4	4	4	2	3	0.8125	4	5	1	4	5	0.65	4	
5	1	1	4	0.4625	3	3	5	1	5	0.825	4	4	4	2	4	0.65	4	5	1	5	3	0.625	4	
5	1	1	5	0.5	3	3	5	2	3	0.8	4	4	4	2	5	0.6875	4	5	1	5	4	0.6625	4	
5	1	2	1	0.4	3	3	5	2	4	0.6375	4	4	4	3	2	0.625	4	5	1	5	5	0.7	4	
5	1	2	2	0.4375	3	3	5	2	5	0.675	4	4	4	3	3	0.6625	4	5	2	2	5	0.625	4	

5	2	2	5	0.625	4	5	4	1	5	0.725	4	5	3	5	4	0.8125	5	5	3	5	5	0.85	5
5	2	3	3	0.6	4	5	4	2	2	0.6625	4	5	4	3	5	0.825	5	5	4	3	5	0.875	5
5	2	3	4	0.6375	4	5	4	2	3	0.7	4	5	4	4	3	0.8	5	5	4	4	0.8375	5	
5	2	3	5	0.675	4	5	4	2	4	0.7375	4	5	4	4	4	0.8375	5	5	4	4	5	0.875	5
5	2	4	2	0.6125	4	5	4	2	5	0.775	4	5	4	4	5	0.8125	5	5	4	5	2	0.8125	5
5	2	4	3	0.65	4	5	4	3	1	0.675	4	5	4	5	3	0.85	5	5	4	5	3	0.8875	5
5	2	4	4	0.6875	4	5	4	3	2	0.7125	4	5	4	5	4	0.8875	5	5	4	5	4	0.925	5
5	2	5	1	0.625	4	5	4	3	3	0.75	4	5	4	5	5	0.925	5	5	4	5	5	0.95	5
5	2	5	2	0.6625	4	5	4	4	1	0.725	4	5	4	5	2	0.8125	5	5	4	5	2	0.8375	5
5	2	5	3	0.7	4	5	4	4	2	0.7625	4	5	4	5	3	0.85	5	5	4	5	3	0.875	5
5	2	5	4	0.7375	4	5	4	4	3	0.7875	4	5	4	5	4	0.8875	5	5	4	5	4	0.9125	5
5	2	5	5	0.775	4	5	4	5	1	0.65	4	5	4	5	5	0.925	5	5	4	5	5	0.95	5
5	3	1	4	0.6125	4	5	5	1	2	0.6875	4	5	4	5	3	0.85	5	5	5	5	3	0.8375	5
5	3	1	5	0.65	4	5	5	1	3	0.725	4	5	4	5	4	0.8875	5	5	5	5	4	0.9	5
5	3	2	3	0.625	4	5	5	2	3	0.75	4	5	4	5	5	0.9	5	5	5	5	5	0.925	5
5	3	2	4	0.6625	4	5	5	2	4	0.7875	4	5	4	5	5	0.925	5	5	5	5	5	0.95	5
5	3	2	5	0.7	4	5	5	2	5	0.825	5	5	4	5	5	0.95	5	5	5	5	5	0.975	5
5	3	3	1	0.6	4	5	5	2	2	0.7375	4	5	5	5	2	0.8125	5	5	5	5	5	1	5
5	3	3	2	0.6375	4	5	5	2	3	0.775	4	5	5	5	3	0.85	5	5	5	5	5	1	5
5	3	3	3	0.675	4	5	5	3	2	0.7875	4	5	5	5	3	0.875	5	5	5	5	5	1	5
5	3	3	4	0.7125	4	5	5	3	3	0.825	5	5	5	5	3	0.9	5	5	5	5	5	1	5
5	3	3	5	0.75	4	5	5	4	1	0.8	5	5	5	5	3	0.925	5	5	5	5	5	1	5
5	3	4	1	0.65	4	4	4	5	4	0.8	5	5	5	4	1	0.8	5	5	5	5	5	1	5
5	3	4	2	0.6875	4	4	4	5	5	0.8375	5	5	5	4	2	0.8375	5	5	5	5	5	1	5
5	3	4	3	0.725	4	4	4	5	5	0.8625	5	5	5	4	3	0.875	5	5	5	5	5	1	5
5	3	4	4	0.7625	4	4	4	5	5	0.8875	5	5	5	4	4	0.9125	5	5	5	5	5	1	5
5	3	5	1	0.7	4	4	5	5	2	0.8	5	5	5	4	5	0.95	5	5	5	5	5	1	5
5	3	5	2	0.7375	4	4	5	5	3	0.8375	5	5	5	5	1	0.85	5	5	5	5	5	1	5
5	3	5	3	0.775	4	4	5	5	4	0.875	5	5	5	5	2	0.8875	5	5	5	5	5	1	5
5	4	1	2	0.6125	4	4	5	5	5	0.9125	5	5	5	5	3	0.925	5	5	5	5	5	1	5
5	4	1	3	0.65	4	5	3	4	5	0.8	5	5	5	5	4	0.9625	5	5	5	5	5	1	5
5	4	1	4	0.6875	4	5	3	5	4	0.8125	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	1	5

Después se optimizó un poco el autómata dado que se iba a construir un autómata de 2540 estados aproximadamente, por lo que se trató de implementa un autómata lo más simplificado posible, con un producto de 310 estados.

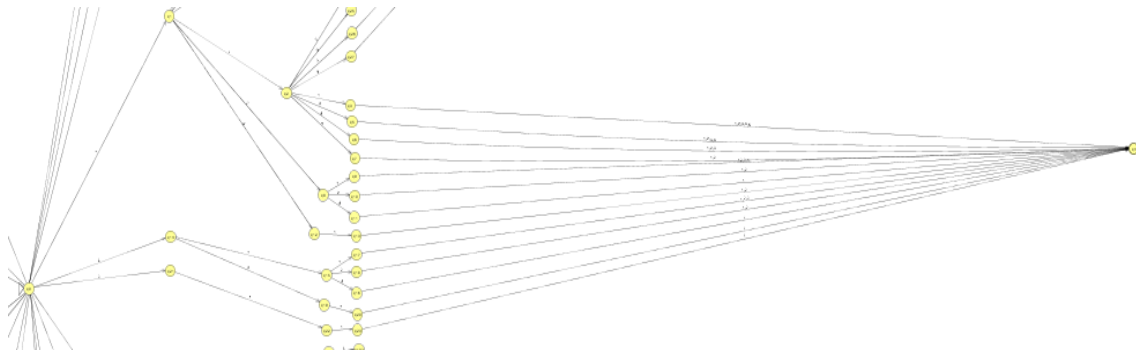
El autómata empieza en el estado q0, el cual era el estado central en donde se comienza a leer la cadena de caracteres, en el autómata se diseñó de tal manera que se viera como las 4 transiciones de los parámetros, como un especie de árbol en donde primero lee un parámetro luego dependiendo a su valor se pasa al siguiente y así sucesivamente hasta terminar la cadena y llegue a un estado final, la única manera en que no llegue a un estado de aceptación es que la cadena introducida sea diferente de 4 caracteres.

La predicción de precipitación necesita de esos 4 parámetros dado a que con uno solo que falte podría varias mucho el resultado por lo que se arrojaría un resultado incompleto y eso no mostraría con exactitud el comportamiento climático, por lo que es necesario de esos 4 parámetros, para dar una predicción más acertada de la precipitación. La topología presentada en el autómata como un árbol se muestra en el siguiente ejemplo:

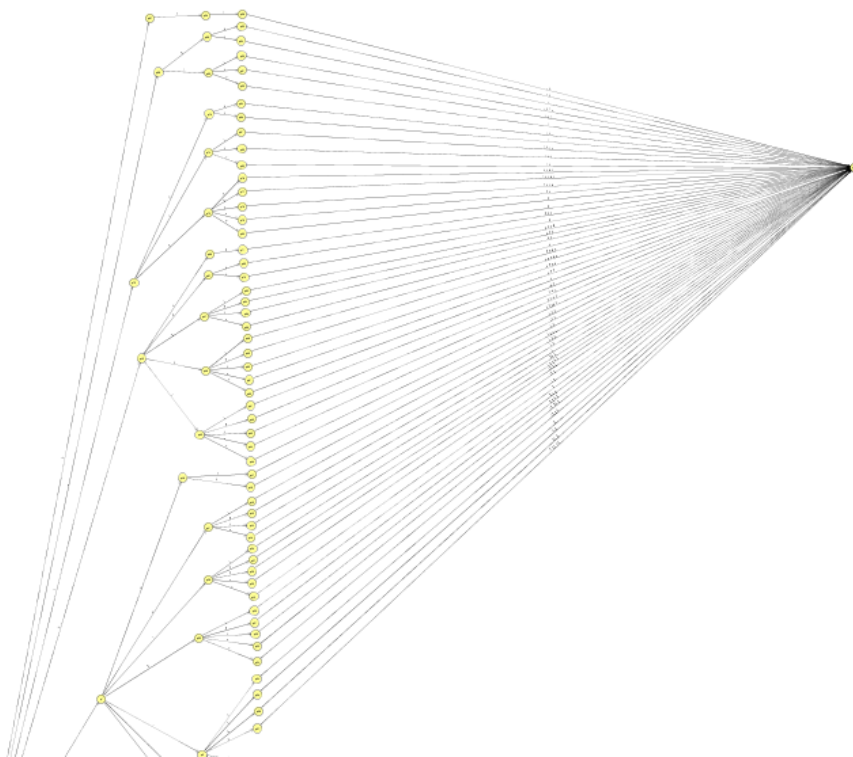


Ya visto la representación del autómata se implementó con cada estado final los cuales son 5 estados, en los que indican las probabilidades de precipitación de 0% a 20%, 30% a 40%, 40% a 60%, 60% a 80%, 80% a 100%, respectivamente. El cual se usa una especie de árbol en cada estado final por lo que se ve como si fueran 5 topologías de árbol conectadas por el estado inicial el cual comenzara a leer el primer parámetro, parámetro importante para comenzar a predecir la probabilidad de precipitación.

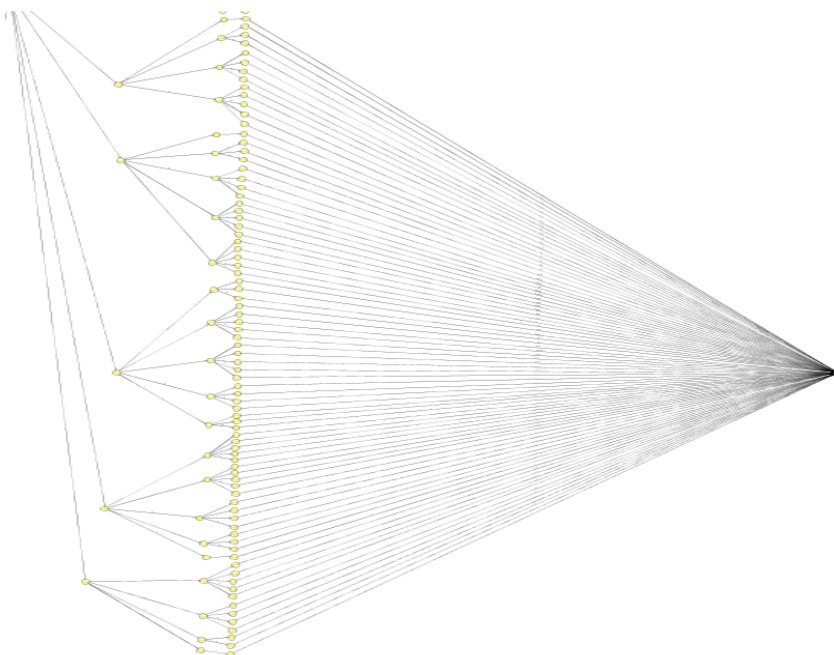
Esta ramificación conduce a un estado final el cual indica que la probabilidad de precipitación será del 0% a 20%.



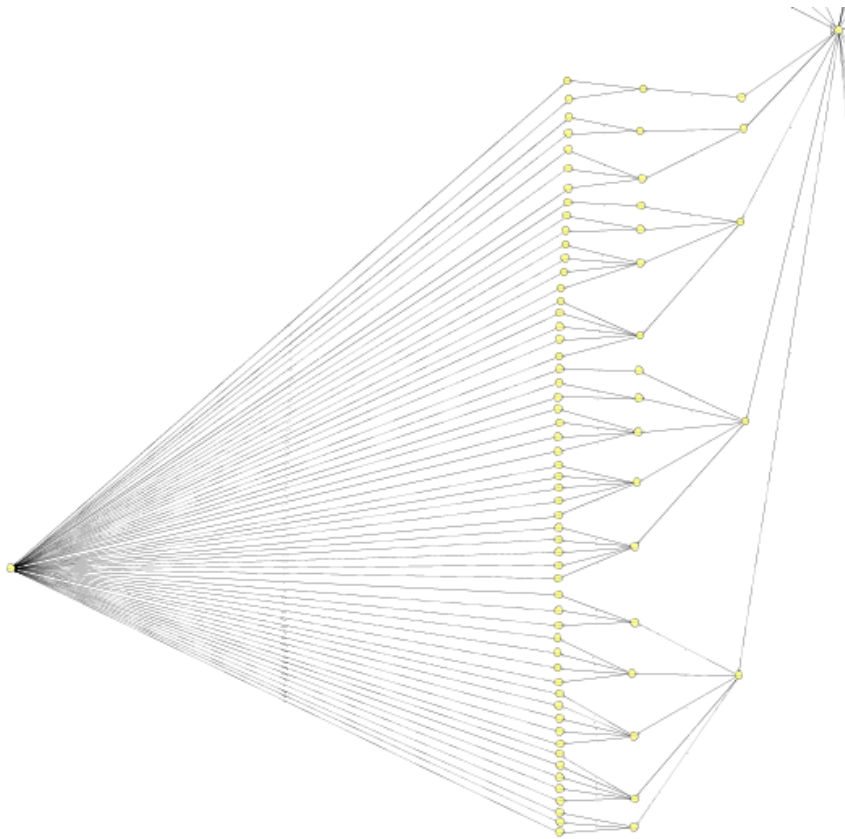
Esta ramificación conduce a un estado final el cual indica que la probabilidad de precipitación será del 20% a 40%.



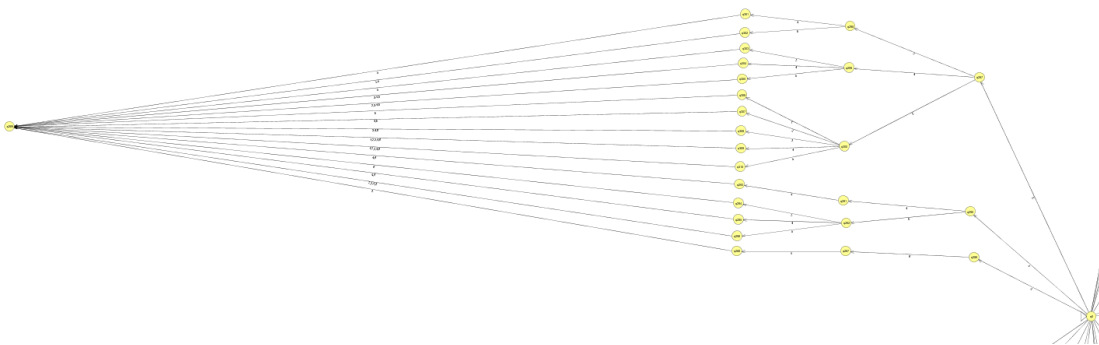
Esta ramificación conduce a un estado final el cual indica que la probabilidad de precipitación será del 40% a 60%.



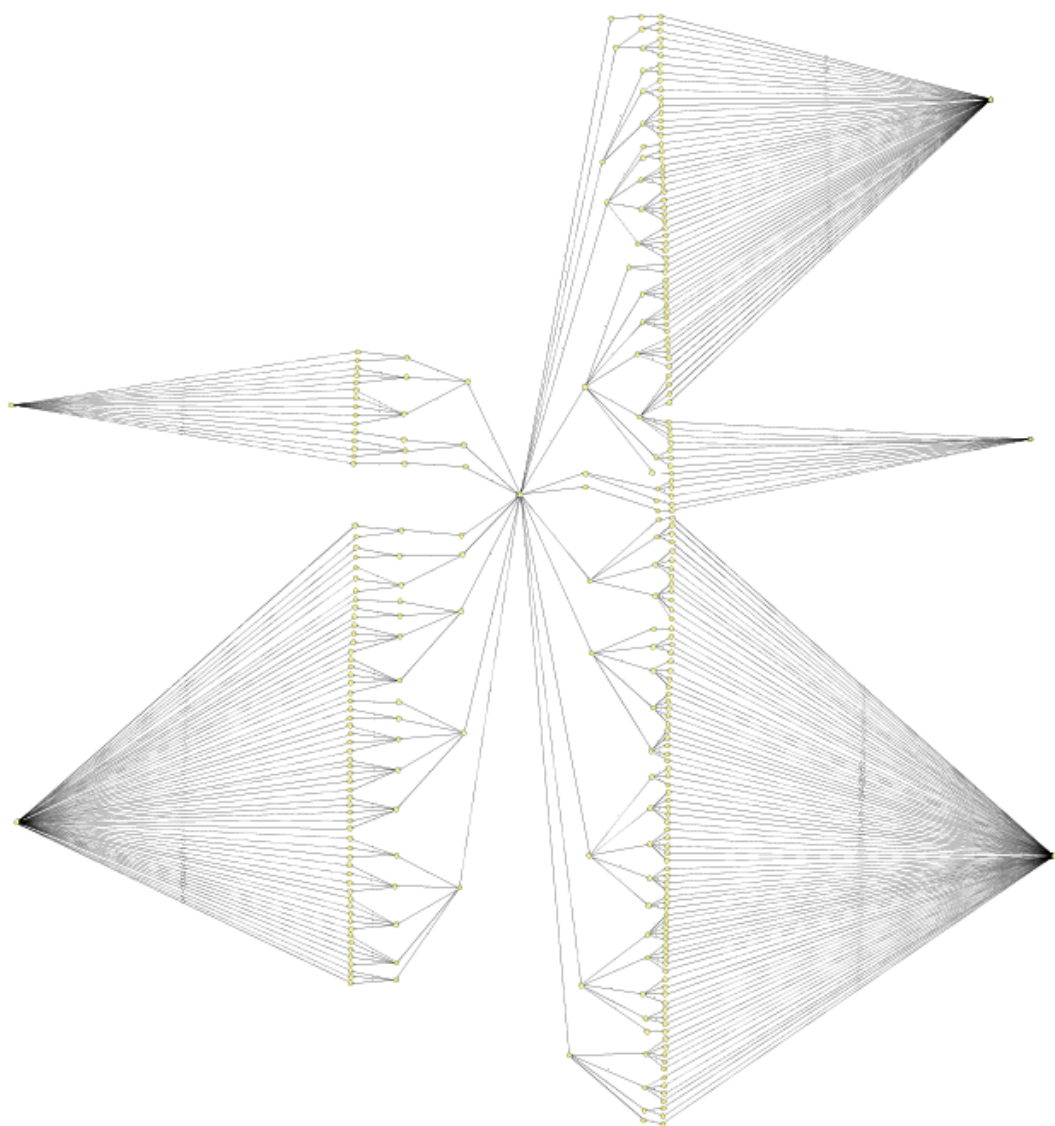
Esta ramificación conduce a un estado final el cual indica que la probabilidad de precipitación será del 60% a 80%.



Esta ramificación conduce a un estado final el cual indica que la probabilidad de precipitación será del 80% a 100%.



Entonces estas 5 ramificación conectadas por el estado inicial forman el autómata propuesto para resolver el problema de predicción de precipitación en una entidad específica en este caso en Aguascalientes.



Código en el lenguaje de programación

La programación de lo explicado anteriormente en “Modelos teóricos de solución” la hicimos en el lenguaje C. Sin embargo, no fue un programa común, ya que se tuvo que adecuar para que pareciera un autómata y que funcionara lo más parecido a un autómata.

El programa comienza con un main, en donde se encuentra declarado un vector que actúa como una cadena de 4 caracteres (que deben de ser números del 1 al 4 como anteriormente se explicó) que el usuario ingresará, un contador igualado a cero y además se llama una función que próximamente será explicada. El contador igualado a cero nos indica que aún no se ha recorrido ningún espacio de la cadena. También se encuentra en el main una función que hace referencia a que el estado inicial será q0 y desde ahí comenzará a recorrer el autómata.

```
int main()
{
    portada();

    char cadena[5];
    printf("Ingrese una cadena: ");
    scanf("%s",&cadena);
    int i = 0;

    q0(i,cadena);
}
```

Después encontramos 311 funciones que actúan como estados, los valores de la cadena son los símbolos que el autómata lee y las condicionales que componen a cada función, realizan la transición que haría un autómata.

Cada una de ellas lleva como parámetros el contador antes mencionado y el vector que lleva la cadena que el usuario ingresó. Dentro de cada función tenemos condiciones con las que partimos, es decir, los 4 significados de los parámetros con los que evaluamos el problema y que se explicaron en la sección “Modelos teóricos de la solución”. La condicional pregunta si en la cadena en la posición i del vector es igual a “1”, “2”, “3” o “4” (no siempre son todos) pues que al contador se le sume uno y lo mande a otro de los estados con los que tienen conexión.

Por ejemplo, partimos del estado inicial q0; si a q0 entra un “1” éste se puede ir al estado q1, q97 o q207 como se muestra en la siguiente captura:

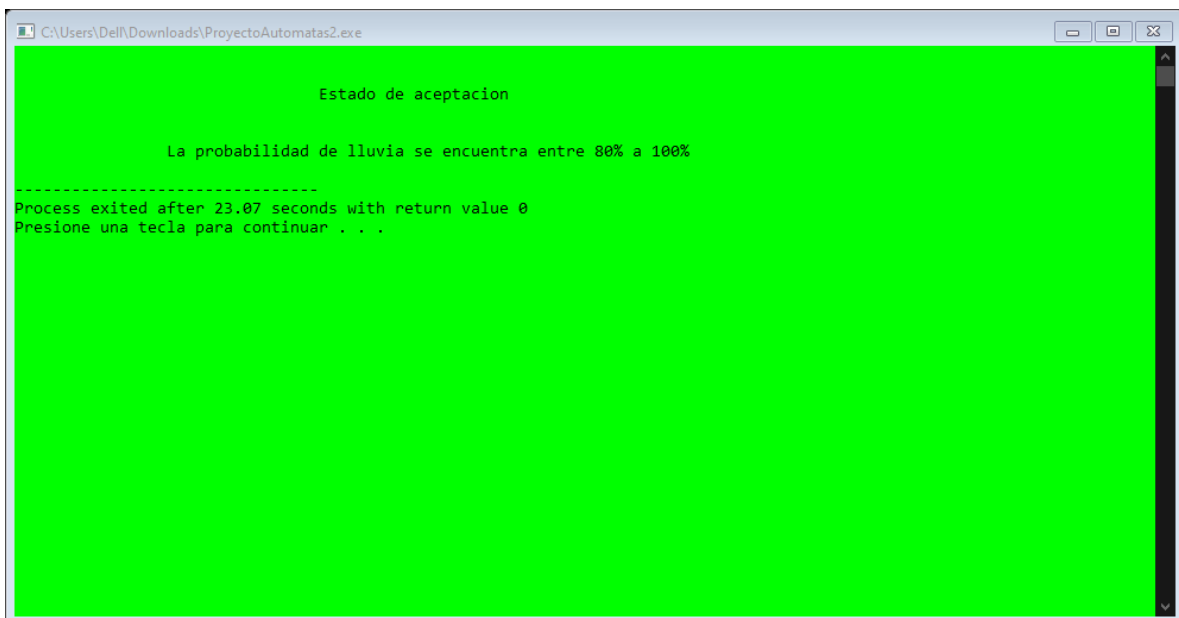
```
void q0(int i, char cadena[4])
{
    if(cadena[i] == '1')
    {
        q1(i + 1, cadena);
        q97(i + 1, cadena);
        q207(i + 1, cadena);
    }
}
```

Si se desea observar el ejemplo completo de q0, observar el anexo 1.

Esto pasa con cada uno de los estados. La diferencia para los estados finales es que, cuando llegan a ellos, éstos imprimen el porcentaje correspondiente de la probabilidad de lluvia como se muestra en la siguiente captura:

```
void q4(int i, char cadena[4])
{
    imprimir();|
    printf("La probabilidad de lluvia es de 0% a 20% \n");
}
```

A continuación, se muestra una captura de pantalla del funcionamiento del programa al ejecutar el programa con la cadena "5455":



Conclusiones

Espinoza Sánchez Joel Alejandro:

Este proyecto nos permitió a todos como grupo cambiar la dinámica de programación, ya que había que pensar de forma distinta al desarrollo normal de programación, e incluso tratar especialmente a las cadenas, ya que, en caso de los autómatas, se deberá leer una cadena de texto o como se definió en el curso, una palabra.

Modelar un par de autómatas para la solución de dos problemas parecía un gran problema, pero realmente fue el menor de todos cuando el equipo se enfocó en cómo realizar el enfoque de autómatas. En este caso fue interesante plantear un modelo de funciones para que el autómata salte entre los estados por lo que fue una forma atípica pero muy útil para realizar lectura de cadenas por medio de estados de autómatas.

Flores Fernández Óscar Alonso:

Si bien fue un proyecto de una magnitud mayor a la que estamos acostumbrados a manejar en clase, fue interesante ver que tanto puede ayudar un autómata a la hora de elaborar un proyecto que requiere un extenso análisis y con muchas posibilidades para poder dar un resultado óptimo. Aunque fue complicado poder dar forma a algo tan grande, el ir avanzando paso a paso y viendo realmente como todo lo que elaboraba tenía una lógica muy marcada por detrás ayudó a comprender que realmente lo único que se necesita es tener bien claro a donde queremos llegar con tantas posibilidades que tenemos, como conectar cada una de ellas y de qué manera permitiremos que afecten a nuestro resultado deseado.

Gómez Garza Dariana:

Fue un proyecto muy interesante, ya que al principio no me imaginaba cómo podía aplicar un autómata a un problema o a una situación más “común” o de la vida diaria. Cuando se decidió el proyecto quisimos ampliarnos demasiado, pero nos dimos cuenta de que si lo hacíamos como estábamos pensando en vez de salirnos 311 estados, nos hubieran salido 3,125 aproximadamente y tal vez, al querer modelarlo con JFLAP no hubiéramos podido, por lo extenso que sería. Sin embargo, fue un proyecto que a mi parecer todos quedamos muy satisfechos con lo que logramos. Además, nos quedó muy claro como es que podemos aplicar los conocimientos que la materia de autómatas nos brindó.

Sinceramente de todos los proyectos del semestre, éste es el que se me ha hecho más divertido, a pesar de todas las horas que tuvimos que dedicar a la investigación y el desarrollo de este.

González Arenas Fernando Francisco:

Con el desarrollo de este proyecto se aplicaron muchos conceptos del diseño e implementación de autómatas para la resolución de problemas reales, los cuales fueron autómatas para la predicción de precipitaciones de lluvia (con ayuda de un NFA), y también otro autómata para la validación de cadenas de ADN por medio de bases nitrogenadas (con un NPDA).

Con la realización de este proyecto se reforzó todo lo aprendido en el curso de autómatas 1, lo cual nos puede ser de mucha utilidad para materias futuras en la carrera, para posteriores proyectos en nuestra vida académica o incluso para nuestra vida laboral, ya que los autómatas son un paso muy importante para la creación de compiladores entre muchas otras cosas.

Martínez Gaytán Marco Antonio: Concluyo en que este autómata fue muy interesante trabajarlo ya que se necesitó mucho tiempo de análisis, en donde se recogió mucha información para poder entender cómo es que se calcula la probabilidad de precipitación, fue interesante como fuimos construyendo el autómata dado a que para construirlo era vital que no nos confundiéramos en una parte, porque si por algo nos confundíamos no iba a salir entonces después de tiempo por fin se pudo llegar al objetivo y pues una vez obtenido el JFLAP se procesó a programar, no fue difícil programarlo más bien fue laborioso el cual le dimos mucho tiempo a eso pero al final quedo todo a la perfección, estoy feliz con el resultado obtenido y con el trabajo en equipo que se obtuvo.

Ordaz de Vierna Andrea Juliett: a.

Autoevaluación

Espinoza Sánchez Joel Alejandro:

- Espinoza Sánchez Joel Alejandro: 10.
- Flores Fernández Óscar Alonso: 10.
- Gómez Garza Dariana: 10.
- González Arenas Fernando Francisco: 10.
- Martínez Gaytán Marco Antonio: 10.
- Ordaz de Vierna Andrea Juliett: 10.

Flores Fernández Óscar Alonso: a.

- Espinoza Sánchez Joel Alejandro: 10
- Flores Fernández Óscar Alonso: 8
- Gómez Garza Dariana: 9
- González Arenas Fernando Francisco: 10
- Martínez Gaytán Marco Antonio: 10
- Ordaz de Vierna Andrea Juliett: 9

Gómez Garza Dariana:

- Espinoza Sánchez Joel Alejandro: 10
- Flores Fernández Óscar Alonso: 9
- Gómez Garza Dariana: 8
- González Arenas Fernando Francisco: 10
- Martínez Gaytán Marco Antonio: 10
- Ordaz de Vierna Andrea Juliett: 9

González Arenas Fernando Francisco:

- Espinoza Sánchez Joel Alejandro: 10
- Flores Fernández Óscar Alonso: 9
- Gómez Garza Dariana: 9
- González Arenas Fernando Francisco: 8

- Martínez Gaytán Marco Antonio: 10
- Ordaz de Vierna Andrea Julieta: 9

Martínez Gaytán Marco Antonio:

- Espinoza Sánchez Joel Alejandro: 10
- Flores Fernández Óscar Alonso: 10
- Gómez Garza Dariana: 10
- González Arenas Fernando Francisco: 10
- Martínez Gaytán Marco Antonio: 10
- Ordaz de Vierna Andrea Julieta: 10

Ordaz de Vierna Andrea Julieta:

- Espinoza Sánchez Joel Alejandro: 10
- Flores Fernández Óscar Alonso: 10
- Gómez Garza Dariana: 10
- González Arenas Fernando Francisco: 10
- Martínez Gaytán Marco Antonio: 10
- Ordaz de Vierna Andrea Julieta: 10

Bibliografía

- Agencia Nomades. (2020). *¿Cuándo ir a Aguascalientes a México?* Noviembre 28, 2020, de Adónde & Cuándo Sitio web: <https://www.adonde-y-cuando.es/when/america-central/mexico/aguascalientes/#:~:text=Por%20t%C3%A9rmino%20medio%2C%20los%20meses,Junio%2C%20Julio%2C%20Agosto%20y%20Septiembre.>
- Anónimo. (2016). *Cadena de Markov*. Noviembre 26, 2020, de Wikipedia Sitio web: https://es.wikipedia.org/wiki/Cadena_de_M%C3%A1rkov#Meteorolog%C3%ADa.
- Data-Org. (2019). Aguascalientes. Noviembre 29, 2020, de Climate Sitio web: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/aguascalientes/aguascalientes-5528/>.
- Hopcroft, J. (2007). *Teoría de autómatas, lenguajes y computación*. México: Pearson.
- Investigadores INEGI. (1993). *Estudio hidrológico del estado de Aguascalientes*. México: INEGI.
- Meeus, J. (2017). *El clima promedio de Aguascalientes, México*. Noviembre 26, 2020, de Weather Spark Sitio web: <https://es.weatherspark.com/y/4231/Clima-promedio-en-Aguascalientes-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>.
- Meteored Noticias. (2020). *Histórico del clima de Aguascalientes*. Noviembre 26, 2020, de Meteored Sitio web: <https://www.meteored.mx/aguascalientes/historico>.

Anexos

1. Ejemplo completo del estado q0:

```
void q0(int i, char cadena[4])
{
    if(cadena[i] == '1')
    {
        q1(i + 1, cadena);
        q97(i + 1, cadena);
        q207(i + 1, cadena);
    }
    if(cadena[i] == '2')
    {
        q14(i + 1, cadena);
        q49(i + 1, cadena);
        q101(i + 1, cadena);
        q212(i + 1, cadena);
    }
    if(cadena[i] == '3')
    {
        q21(i + 1, cadena);
        q72(i + 1, cadena);
        q140(i + 1, cadena);
        q220(i + 1, cadena);
        q286(i + 1, cadena);
    }
    if(cadena[i] == '4')
    {
        q86(i + 1, cadena);
        q166(i + 1, cadena);
        q237(i + 1, cadena);
        q290(i + 1, cadena);
    }
    if(cadena[i] == '5')
    {
        q87(i + 1, cadena);
        q190(i + 1, cadena);
        q260(i + 1, cadena);
        q297(i + 1, cadena);
    }
}
```