

**Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Computación**

## **Tarea #1 – Búsquedas**

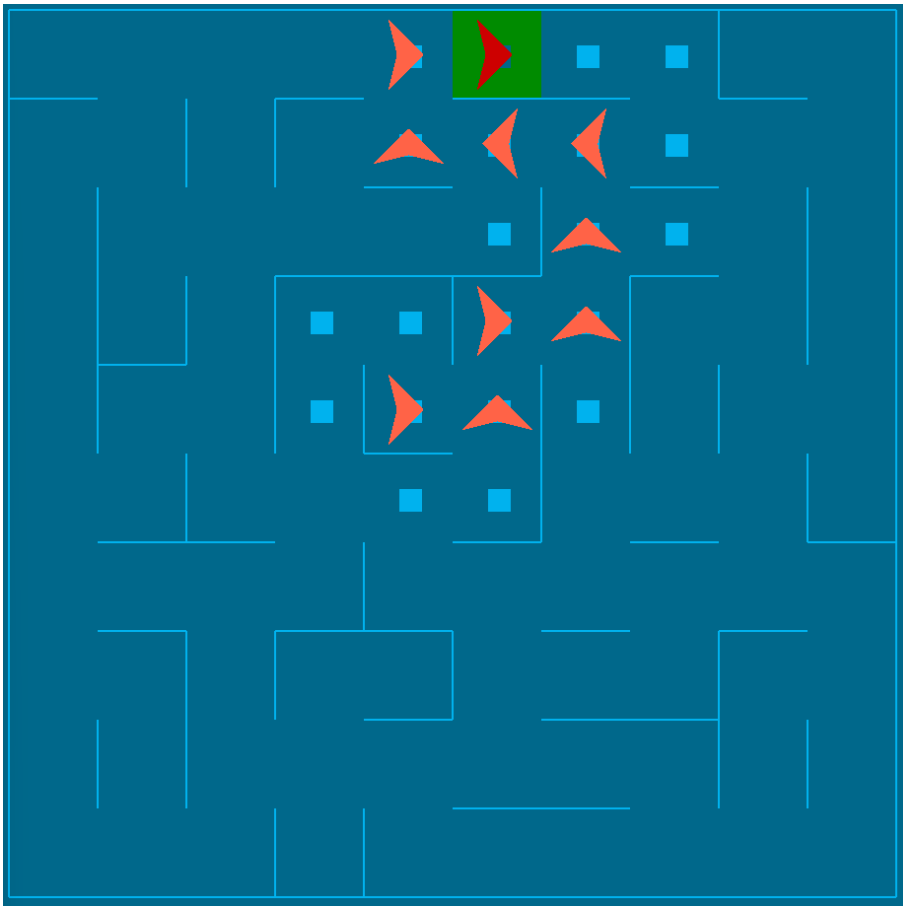
Greivin Mauricio Fernández Brizuela c.2022437510  
Damián Obando Cerdas c. 2021047883  
Sebastián Obando Paniagua c. 2020065195

IC-6200 – Inteligencia Artificial

22 de febrero de 2024

## Análisis de resultados – Búsqueda A\*

La siguiente imagen hace referencia a una prueba del algoritmo A\* con un laberinto que inicia en la posición (5,5) y su destino es la posición (1,5) en el cual el algoritmo necesitó de 19 iteraciones para encontrar el camino más óptimo de un total de 9 posiciones, además el tiempo de ejecución fue de 0.07219672203063965 s.



Al realizar la corrida se pueden encontrar los siguientes resultados para poder llegar al destino:

Actual: (5, 5) Vecino: (5, 6) f\_temp: 5 f[vecino]: 5 g\_temp: 1 g[vecino]: 1

Actual: (5, 5) Vecino: (4, 5) f\_temp: 5 f[vecino]: 5 g\_temp: 1 g[vecino]: 1

Actual: (5, 6) Vecino: (6, 6) f\_temp: 7 f[vecino]: 7 g\_temp: 2 g[vecino]: 2

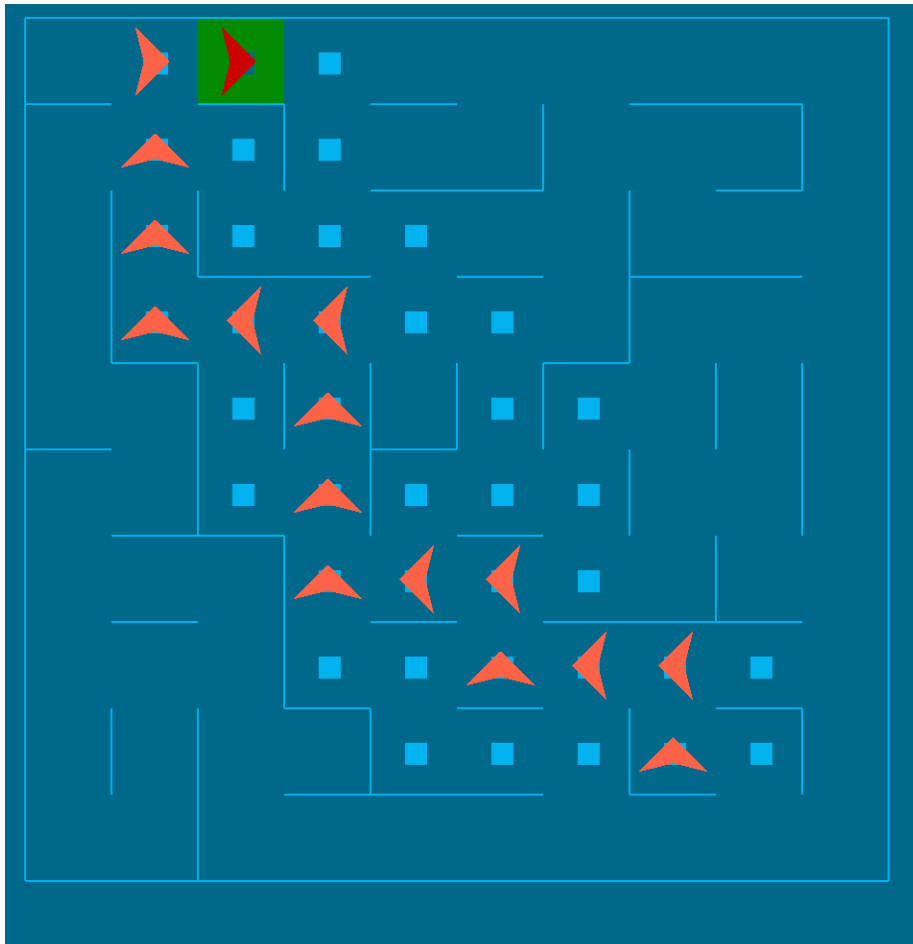
Actual: (5, 6) Vecino: (4, 6) f\_temp: 5 f[vecino]: 5 g\_temp: 2 g[vecino]: 2

Actual: (5, 6) Vecino: (5, 5) f\_temp: 7 f[vecino]: 5 g\_temp: 2 g[vecino]: 0  
Actual: (4, 5) Vecino: (5, 5) f\_temp: 7 f[vecino]: 5 g\_temp: 2 g[vecino]: 0  
Actual: (4, 5) Vecino: (4, 4) f\_temp: 7 f[vecino]: 7 g\_temp: 2 g[vecino]: 2  
Actual: (4, 6) Vecino: (4, 7) f\_temp: 7 f[vecino]: 7 g\_temp: 3 g[vecino]: 3  
Actual: (4, 6) Vecino: (5, 6) f\_temp: 7 f[vecino]: 5 g\_temp: 3 g[vecino]: 1  
Actual: (6, 6) Vecino: (5, 6) f\_temp: 7 f[vecino]: 5 g\_temp: 3 g[vecino]: 1  
Actual: (6, 6) Vecino: (6, 5) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 3 g[vecino]: 3  
Actual: (4, 4) Vecino: (4, 5) f\_temp: 7 f[vecino]: 5 g\_temp: 3 g[vecino]: 1  
Actual: (4, 4) Vecino: (5, 4) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 3 g[vecino]: 3  
Actual: (4, 7) Vecino: (5, 7) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (4, 7) Vecino: (3, 7) f\_temp: 7 f[vecino]: 7 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (4, 7) Vecino: (4, 6) f\_temp: 7 f[vecino]: 5 g\_temp: 4 g[vecino]: 2  
Actual: (3, 7) Vecino: (3, 8) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (3, 7) Vecino: (4, 7) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 5 g[vecino]: 3  
Actual: (3, 7) Vecino: (2, 7) f\_temp: 7 f[vecino]: 7 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (2, 7) Vecino: (2, 8) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (2, 7) Vecino: (3, 7) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (2, 7) Vecino: (2, 6) f\_temp: 7 f[vecino]: 7 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (2, 6) Vecino: (2, 7) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (2, 6) Vecino: (3, 6) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (2, 6) Vecino: (2, 5) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (6, 5) Vecino: (6, 6) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 4 g[vecino]: 2  
Actual: (6, 5) Vecino: (7, 5) f\_temp: 11 f[vecino]: 11 g\_temp: 4 g[vecino]: 4

Actual: (6, 5) Vecino: (6, 4) f\_temp: 11 f[vecino]: 11 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (5, 4) Vecino: (6, 4) f\_temp: 11 f[vecino]: 11 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (5, 4) Vecino: (4, 4) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 4 g[vecino]: 2  
Actual: (5, 7) Vecino: (6, 7) f\_temp: 11 f[vecino]: 11 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (5, 7) Vecino: (4, 7) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 5 g[vecino]: 3  
Actual: (3, 8) Vecino: (3, 9) f\_temp: 11 f[vecino]: 11 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (3, 8) Vecino: (3, 7) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (2, 8) Vecino: (2, 9) f\_temp: 11 f[vecino]: 11 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (2, 8) Vecino: (1, 8) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (2, 8) Vecino: (2, 7) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (3, 6) Vecino: (2, 6) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 8 g[vecino]: 6  
Actual: (3, 6) Vecino: (3, 5) f\_temp: 11 f[vecino]: 11 g\_temp: 8 g[vecino]: 8  
Actual: (2, 5) Vecino: (2, 6) f\_temp: 9 f[vecino]: 7 g\_temp: 8 g[vecino]: 6  
Actual: (2, 5) Vecino: (1, 5) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 8 g[vecino]: 8  
Actual: (2, 5) Vecino: (2, 4) f\_temp: 11 f[vecino]: 11 g\_temp: 8 g[vecino]: 8  
Actual: (1, 8) Vecino: (2, 8) f\_temp: 11 f[vecino]: 9 g\_temp: 8 g[vecino]: 6  
Actual: (1, 8) Vecino: (1, 7) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 8 g[vecino]: 8  
Actual: (1, 5) Vecino: (1, 6) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 9 g[vecino]: 9  
Actual: (1, 5) Vecino: (2, 5) f\_temp: 11 f[vecino]: 9 g\_temp: 9 g[vecino]: 7  
Actual: (1, 5) Vecino: (1, 4) f\_temp: 11 f[vecino]: 11 g\_temp: 9 g[vecino]: 7  
Actual: (1, 7) Vecino: (1, 8) f\_temp: 11 f[vecino]: 9 g\_temp: 9 g[vecino]: 7  
Actual: (1, 7) Vecino: (1, 6) f\_temp: 9 f[vecino]: 9 g\_temp: 9 g[vecino]: 7

Al analizar los datos se puede analizar como el algoritmo va buscando todos los caminos posibles que tengan el valor de  $f(n)$  más bajo, el valor de  $h(n)$  se puede identificar de manera que se reste el valor de  $f(n)-g(n)$ .

La siguiente imagen hace referencia a otra prueba del algoritmo A\* con un laberinto que inicia en la posición (9,8) y su destino es la posición (1,3) en el cual el algoritmo necesitó de 39 iteraciones para encontrar el camino más óptimo de un total de 15 posiciones, además el tiempo de ejecución fue de 0.3357532024383545 s.



Actual: (9, 8) Vecino: (9, 9)  $f\_temp$ : 15  $f[vecino]$ : 15  $g\_temp$ : 1  $g[vecino]$ : 1

Actual: (9, 8) Vecino: (8, 8)  $f\_temp$ : 13  $f[vecino]$ : 13  $g\_temp$ : 1  $g[vecino]$ : 1

Actual: (8, 8) Vecino: (8, 9)  $f\_temp$ : 15  $f[vecino]$ : 15  $g\_temp$ : 2  $g[vecino]$ : 2

Actual: (8, 8) Vecino: (9, 8)  $f\_temp$ : 15  $f[vecino]$ : 13  $g\_temp$ : 2  $g[vecino]$ : 0

Actual: (8, 8) Vecino: (8, 7) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 2 g[vecino]: 2  
Actual: (8, 7) Vecino: (8, 8) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 3 g[vecino]: 1  
Actual: (8, 7) Vecino: (9, 7) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 3 g[vecino]: 3  
Actual: (8, 7) Vecino: (8, 6) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 3 g[vecino]: 3  
Actual: (8, 6) Vecino: (8, 7) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 2  
Actual: (8, 6) Vecino: (7, 6) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (8, 6) Vecino: (8, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (7, 6) Vecino: (7, 7) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (7, 6) Vecino: (8, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 3  
Actual: (7, 6) Vecino: (7, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (8, 5) Vecino: (8, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 3  
Actual: (8, 5) Vecino: (9, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (8, 5) Vecino: (8, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (7, 5) Vecino: (7, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (7, 5) Vecino: (6, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (7, 5) Vecino: (7, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (8, 4) Vecino: (8, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (8, 4) Vecino: (7, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (6, 5) Vecino: (6, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (6, 5) Vecino: (7, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (7, 4) Vecino: (7, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (7, 4) Vecino: (8, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (7, 4) Vecino: (6, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 7

Actual: (6, 4) Vecino: (7, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 6

Actual: (6, 4) Vecino: (5, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 8

Actual: (6, 4) Vecino: (6, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 8

Actual: (5, 4) Vecino: (6, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 7

Actual: (5, 4) Vecino: (4, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 9

Actual: (6, 3) Vecino: (6, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 7

Actual: (6, 3) Vecino: (5, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 9

Actual: (4, 4) Vecino: (4, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (4, 4) Vecino: (5, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (4, 4) Vecino: (4, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (5, 3) Vecino: (6, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (5, 3) Vecino: (4, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (4, 3) Vecino: (4, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 11 g[vecino]: 9

Actual: (4, 3) Vecino: (5, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 11 g[vecino]: 9

Actual: (4, 3) Vecino: (4, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 11 g[vecino]: 11

Actual: (9, 9) Vecino: (10, 9) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 2 g[vecino]: 2

Actual: (9, 9) Vecino: (9, 8) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 2 g[vecino]: 0

Actual: (8, 9) Vecino: (8, 10) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 3 g[vecino]: 3

Actual: (8, 9) Vecino: (8, 8) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 3 g[vecino]: 1

Actual: (9, 7) Vecino: (10, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 4 g[vecino]: 4

Actual: (9, 7) Vecino: (8, 7) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 2

Actual: (9, 7) Vecino: (9, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 4 g[vecino]: 4

Actual: (7, 7) Vecino: (7, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 6 g[vecino]: 6

Actual: (7, 7) Vecino: (6, 7) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (7, 7) Vecino: (7, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (9, 5) Vecino: (9, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (9, 5) Vecino: (8, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (6, 6) Vecino: (6, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 8 g[vecino]: 6  
Actual: (6, 6) Vecino: (5, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 8 g[vecino]: 8  
Actual: (6, 6) Vecino: (6, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 6  
Actual: (4, 5) Vecino: (4, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 11 g[vecino]: 11  
Actual: (4, 5) Vecino: (5, 5) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 11 g[vecino]: 11  
Actual: (4, 5) Vecino: (3, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 11 g[vecino]: 11  
Actual: (4, 5) Vecino: (4, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 11 g[vecino]: 9  
Actual: (4, 2) Vecino: (4, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 12 g[vecino]: 10  
Actual: (4, 2) Vecino: (3, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 12 g[vecino]: 12  
Actual: (9, 6) Vecino: (9, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 5 g[vecino]: 3  
Actual: (9, 6) Vecino: (9, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (6, 7) Vecino: (7, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (6, 7) Vecino: (5, 7) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (6, 7) Vecino: (6, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (5, 6) Vecino: (6, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 9 g[vecino]: 7  
Actual: (5, 6) Vecino: (4, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 9 g[vecino]: 9  
Actual: (3, 5) Vecino: (3, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 12 g[vecino]: 12  
Actual: (3, 5) Vecino: (4, 5) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 12 g[vecino]: 10  
Actual: (3, 5) Vecino: (3, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 12 g[vecino]: 12



Actual: (3, 2) Vecino: (4, 2) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (3, 2) Vecino: (2, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (5, 7) Vecino: (5, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 8 g[vecino]: 8

Actual: (5, 7) Vecino: (6, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 8 g[vecino]: 6

Actual: (4, 6) Vecino: (4, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (4, 6) Vecino: (5, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (4, 6) Vecino: (4, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (3, 4) Vecino: (3, 5) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (3, 4) Vecino: (2, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (3, 4) Vecino: (3, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (2, 2) Vecino: (2, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (2, 2) Vecino: (3, 2) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (2, 2) Vecino: (1, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (2, 2) Vecino: (2, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (2, 4) Vecino: (2, 5) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (2, 4) Vecino: (3, 4) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (2, 4) Vecino: (1, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (3, 3) Vecino: (3, 4) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (3, 3) Vecino: (2, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (2, 3) Vecino: (3, 3) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (2, 3) Vecino: (2, 2) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (1, 2) Vecino: (1, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 15 g[vecino]: 15

Actual: (1, 2) Vecino: (2, 2) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

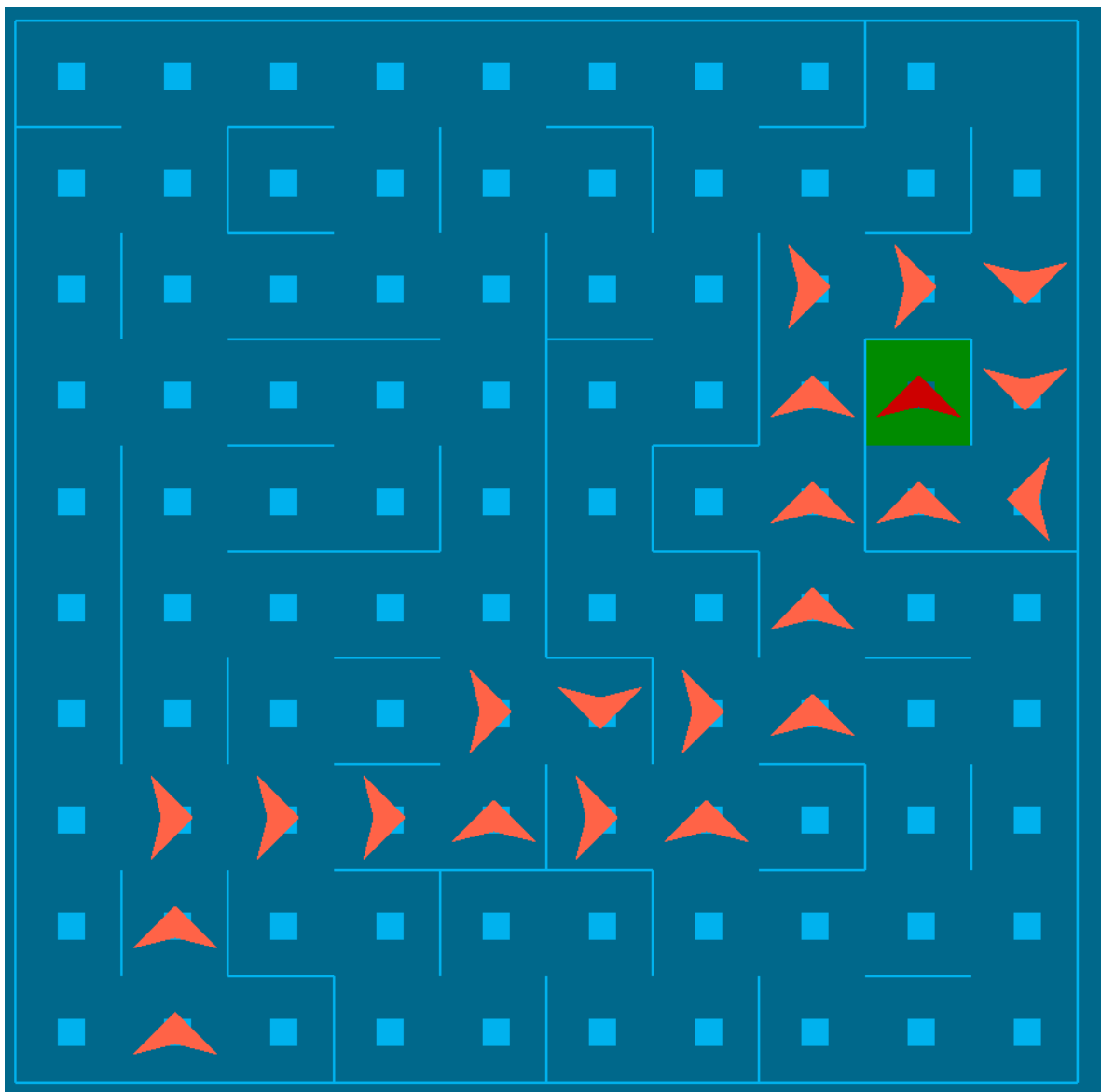
Actual: (1, 2) Vecino: (1, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 15 g[vecino]: 15

Actual: (1, 4) Vecino: (1, 5) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 15 g[vecino]: 15

Actual: (1, 4) Vecino: (2, 4) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (1, 4) Vecino: (1, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 15 g[vecino]: 1

La siguiente imagen hace referencia a otra prueba del algoritmo A\* con un laberinto que inicia en la posición (10,2) y su destino es la posición (4,9) en el cual el algoritmo necesitó de 103 iteraciones para encontrar el camino más óptimo de un total de 21 posiciones, además el tiempo de ejecución fue de 0.11031794548034668 s.



Actual: (10, 2) Vecino: (10, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 1 g[vecino]: 1  
Actual: (10, 2) Vecino: (9, 2) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 1 g[vecino]: 1  
Actual: (10, 2) Vecino: (10, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 1 g[vecino]: 1  
Actual: (10, 3) Vecino: (10, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 2 g[vecino]: 7  
Actual: (9, 2) Vecino: (10, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 2 g[vecino]: 0  
Actual: (9, 2) Vecino: (8, 2) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 2 g[vecino]: 2  
Actual: (8, 2) Vecino: (8, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 3 g[vecino]: 3  
Actual: (8, 2) Vecino: (9, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 3 g[vecino]: 1  
Actual: (8, 2) Vecino: (7, 2) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 3 g[vecino]: 3  
Actual: (8, 2) Vecino: (8, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 3 g[vecino]: 3  
Actual: (8, 3) Vecino: (8, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (8, 3) Vecino: (9, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (8, 3) Vecino: (7, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (8, 3) Vecino: (8, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 2  
Actual: (7, 2) Vecino: (8, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 2  
Actual: (7, 2) Vecino: (6, 2) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 4  
Actual: (8, 4) Vecino: (8, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (8, 4) Vecino: (8, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 3  
Actual: (7, 3) Vecino: (7, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (7, 3) Vecino: (8, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 3  
Actual: (7, 3) Vecino: (6, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (6, 2) Vecino: (6, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (6, 2) Vecino: (7, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 3

Actual: (6, 2) Vecino: (5, 2) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (8, 5) Vecino: (7, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (8, 5) Vecino: (8, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (7, 4) Vecino: (7, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (7, 4) Vecino: (7, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (6, 3) Vecino: (6, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (6, 3) Vecino: (7, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (6, 3) Vecino: (6, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (5, 2) Vecino: (5, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (5, 2) Vecino: (6, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (5, 2) Vecino: (4, 2) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (7, 5) Vecino: (7, 6) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (7, 5) Vecino: (8, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (7, 5) Vecino: (6, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (7, 5) Vecino: (7, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (6, 4) Vecino: (6, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (6, 4) Vecino: (6, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (5, 3) Vecino: (5, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (5, 3) Vecino: (5, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (4, 2) Vecino: (4, 3) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (4, 2) Vecino: (5, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 7 g[vecino]: 5  
Actual: (4, 2) Vecino: (3, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 7  
Actual: (4, 2) Vecino: (4, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 7

Actual: (7, 6) Vecino: (8, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 8 g[vecino]: 8

Actual: (7, 6) Vecino: (7, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 6

Actual: (6, 5) Vecino: (7, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 6

Actual: (6, 5) Vecino: (5, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 8

Actual: (6, 5) Vecino: (6, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 6

Actual: (5, 4) Vecino: (4, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 8

Actual: (5, 4) Vecino: (5, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 6

Actual: (4, 3) Vecino: (4, 4) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 8

Actual: (4, 3) Vecino: (4, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 6

Actual: (5, 5) Vecino: (6, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 7

Actual: (5, 5) Vecino: (4, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 9

Actual: (4, 4) Vecino: (4, 5) f\_temp: 13 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 9

Actual: (4, 4) Vecino: (5, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 7

Actual: (4, 4) Vecino: (4, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 7

Actual: (4, 5) Vecino: (5, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (4, 5) Vecino: (3, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (4, 5) Vecino: (4, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (10, 1) Vecino: (10, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 2 g[vecino]: 0

Actual: (10, 1) Vecino: (9, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 2 g[vecino]: 2

Actual: (8, 1) Vecino: (8, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 4 g[vecino]: 2

Actual: (8, 1) Vecino: (9, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 4 g[vecino]: 2

Actual: (8, 1) Vecino: (7, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 4 g[vecino]: 4

Actual: (9, 3) Vecino: (9, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 5 g[vecino]: 5

Actual: (9, 3) Vecino: (8, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 5 g[vecino]: 3  
Actual: (3, 2) Vecino: (3, 3) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 8 g[vecino]: 8  
Actual: (3, 2) Vecino: (4, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 6  
Actual: (3, 2) Vecino: (2, 2) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 8 g[vecino]: 8  
Actual: (4, 1) Vecino: (4, 2) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 8 g[vecino]: 6  
Actual: (4, 1) Vecino: (5, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 8 g[vecino]: 8  
Actual: (4, 1) Vecino: (3, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 8 g[vecino]: 8  
Actual: (8, 6) Vecino: (8, 7) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 9 g[vecino]: 9  
Actual: (8, 6) Vecino: (7, 6) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 9 g[vecino]: 7  
Actual: (3, 5) Vecino: (4, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 13 g\_temp: 11 g[vecino]: 9  
Actual: (3, 5) Vecino: (2, 5) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 11 g[vecino]: 11  
Actual: (3, 5) Vecino: (3, 4) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 11 g[vecino]: 11  
Actual: (9, 1) Vecino: (10, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 3 g[vecino]: 1  
Actual: (9, 1) Vecino: (8, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 3 g[vecino]: 3  
Actual: (7, 1) Vecino: (8, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 5 g[vecino]: 3  
Actual: (7, 1) Vecino: (6, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 5 g[vecino]: 5  
Actual: (9, 4) Vecino: (10, 4) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 6 g[vecino]: 6  
Actual: (9, 4) Vecino: (9, 3) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 6 g[vecino]: 4  
Actual: (3, 3) Vecino: (3, 4) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 9 g[vecino]: 9  
Actual: (3, 3) Vecino: (3, 2) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 9 g[vecino]: 7  
Actual: (8, 7) Vecino: (8, 8) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 10  
Actual: (8, 7) Vecino: (9, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 10 g[vecino]: 10  
Actual: (8, 7) Vecino: (7, 7) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (8, 7) Vecino: (8, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (6, 1) Vecino: (7, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 6 g[vecino]: 4

Actual: (6, 1) Vecino: (5, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 6 g[vecino]: 6

Actual: (3, 4) Vecino: (3, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (3, 4) Vecino: (2, 4) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (3, 4) Vecino: (3, 3) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (8, 8) Vecino: (8, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 11 g[vecino]: 9

Actual: (7, 7) Vecino: (7, 8) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 11 g[vecino]: 11

Actual: (7, 7) Vecino: (8, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 11 g[vecino]: 9

Actual: (7, 7) Vecino: (6, 7) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 11 g[vecino]: 11

Actual: (5, 1) Vecino: (6, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 5

Actual: (5, 1) Vecino: (4, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 7

Actual: (7, 8) Vecino: (7, 9) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 12 g[vecino]: 12

Actual: (7, 8) Vecino: (6, 8) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 12 g[vecino]: 12

Actual: (7, 8) Vecino: (7, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 12 g[vecino]: 10

Actual: (6, 7) Vecino: (7, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 12 g[vecino]: 10

Actual: (6, 7) Vecino: (6, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 12 g[vecino]: 12

Actual: (7, 9) Vecino: (7, 10) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (7, 9) Vecino: (8, 9) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (7, 9) Vecino: (7, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (6, 8) Vecino: (6, 9) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (6, 8) Vecino: (7, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (6, 8) Vecino: (5, 8) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (6, 9) Vecino: (6, 10) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (6, 9) Vecino: (6, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (5, 8) Vecino: (6, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (5, 8) Vecino: (4, 8) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (5, 8) Vecino: (5, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (4, 8) Vecino: (5, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (4, 8) Vecino: (3, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 15 g[vecino]: 15

Actual: (2, 2) Vecino: (3, 2) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 9 g[vecino]: 7

Actual: (2, 2) Vecino: (1, 2) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 9 g[vecino]: 9

Actual: (2, 2) Vecino: (2, 1) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 9 g[vecino]: 9

Actual: (5, 1) Vecino: (6, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 5

Actual: (5, 1) Vecino: (4, 1) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 7

Actual: (3, 1) Vecino: (4, 1) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 9 g[vecino]: 7

Actual: (3, 1) Vecino: (2, 1) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 9 g[vecino]: 9

Actual: (2, 5) Vecino: (2, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 12 g[vecino]: 12

Actual: (2, 5) Vecino: (3, 5) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 12 g[vecino]: 10

Actual: (2, 5) Vecino: (1, 5) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 12 g[vecino]: 12

Actual: (3, 4) Vecino: (3, 5) f\_temp: 15 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (3, 4) Vecino: (2, 4) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (3, 4) Vecino: (3, 3) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (10, 4) Vecino: (10, 5) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 7 g[vecino]: 7

Actual: (10, 4) Vecino: (9, 4) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 7 g[vecino]: 5

Actual: (9, 7) Vecino: (9, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 11 g[vecino]: 11



Actual: (9, 7) Vecino: (10, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 11 g[vecino]: 11

Actual: (9, 7) Vecino: (8, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 11 g[vecino]: 9

Actual: (2, 4) Vecino: (3, 4) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 11 g[vecino]: 9

Actual: (2, 4) Vecino: (1, 4) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 11 g[vecino]: 11

Actual: (2, 4) Vecino: (2, 3) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 11 g[vecino]: 11

Actual: (6, 6) Vecino: (6, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (6, 6) Vecino: (5, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (7, 10) Vecino: (8, 10) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (7, 10) Vecino: (6, 10) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (7, 10) Vecino: (7, 9) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (8, 9) Vecino: (9, 9) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (8, 9) Vecino: (7, 9) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (6, 10) Vecino: (7, 10) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (6, 10) Vecino: (6, 9) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (5, 7) Vecino: (5, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (3, 8) Vecino: (3, 9) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 16 g[vecino]: 16

Actual: (3, 8) Vecino: (4, 8) f\_temp: 17 f[vecino]: 15 g\_temp: 16 g[vecino]: 14

Actual: (3, 8) Vecino: (2, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 16 g[vecino]: 16

Actual: (2, 6) Vecino: (3, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (2, 6) Vecino: (2, 5) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (10, 5) Vecino: (9, 5) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 8 g[vecino]: 8

Actual: (10, 5) Vecino: (10, 4) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 8 g[vecino]: 6

Actual: (9, 8) Vecino: (9, 9) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 12 g[vecino]: 12

Actual: (9, 8) Vecino: (10, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 12 g[vecino]: 12

Actual: (9, 8) Vecino: (9, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 12 g[vecino]: 10

Actual: (5, 6) Vecino: (6, 6) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (5, 6) Vecino: (4, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (3, 9) Vecino: (3, 10) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 17 g[vecino]: 17

Actual: (3, 9) Vecino: (3, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 17 g[vecino]: 15

Actual: (3, 6) Vecino: (3, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (3, 6) Vecino: (2, 6) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (9, 5) Vecino: (9, 6) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 9 g[vecino]: 9

Actual: (9, 5) Vecino: (10, 5) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 9 g[vecino]: 7

Actual: (9, 9) Vecino: (9, 10) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (9, 9) Vecino: (8, 9) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (9, 9) Vecino: (9, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (4, 6) Vecino: (4, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 15 g[vecino]: 15

Actual: (4, 6) Vecino: (5, 6) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (3, 7) Vecino: (4, 7) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 15 g[vecino]: 15

Actual: (3, 7) Vecino: (2, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 15

Actual: (3, 7) Vecino: (3, 6) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (9, 6) Vecino: (10, 6) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (9, 6) Vecino: (9, 5) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (4, 7) Vecino: (3, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 16 g[vecino]: 14

Actual: (4, 7) Vecino: (4, 6) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 16 g[vecino]: 14

Actual: (1, 2) Vecino: (1, 3) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (1, 2) Vecino: (2, 2) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (1, 2) Vecino: (1, 1) f\_temp: 21 f[vecino]: 21 g\_temp: 10 g[vecino]: 10

Actual: (2, 1) Vecino: (2, 2) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (2, 1) Vecino: (3, 1) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 10 g[vecino]: 8

Actual: (1, 5) Vecino: (1, 6) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (1, 5) Vecino: (2, 5) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (1, 5) Vecino: (1, 4) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (10, 7) Vecino: (9, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 12 g[vecino]: 10

Actual: (10, 7) Vecino: (10, 6) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 12 g[vecino]: 10

Actual: (1, 4) Vecino: (1, 5) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 12 g[vecino]: 12

Actual: (1, 4) Vecino: (2, 4) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 12 g[vecino]: 10

Actual: (1, 4) Vecino: (1, 3) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 12 g[vecino]: 10

Actual: (2, 3) Vecino: (2, 4) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 12 g[vecino]: 10

Actual: (8, 10) Vecino: (9, 10) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (8, 10) Vecino: (7, 10) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 15 g[vecino]: 13

Actual: (9, 9) Vecino: (9, 10) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (9, 9) Vecino: (8, 9) f\_temp: 17 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (9, 9) Vecino: (9, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (2, 8) Vecino: (2, 9) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 17 g[vecino]: 17

Actual: (2, 8) Vecino: (3, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 17 g[vecino]: 15

Actual: (2, 8) Vecino: (2, 7) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 17 g[vecino]: 15

Actual: (10, 8) Vecino: (10, 9) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 13 g[vecino]: 13

Actual: (10, 8) Vecino: (9, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 13 g[vecino]: 11

Actual: (3, 10) Vecino: (4, 10) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 18 g[vecino]: 18

Actual: (3, 10) Vecino: (2, 10) f\_temp: 21 f[vecino]: 21 g\_temp: 18 g[vecino]: 18

Actual: (3, 10) Vecino: (3, 9) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 18 g[vecino]: 16

Actual: (9, 10) Vecino: (10, 10) f\_temp: 21 f[vecino]: 21 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (9, 10) Vecino: (8, 10) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (9, 10) Vecino: (9, 9) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (2, 7) Vecino: (2, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 16 g[vecino]: 16

Actual: (2, 7) Vecino: (3, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 16 g[vecino]: 14

Actual: (2, 7) Vecino: (1, 7) f\_temp: 21 f[vecino]: 21 g\_temp: 16 g[vecino]: 16

Actual: (10, 6) Vecino: (10, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 11 g[vecino]: 11

Actual: (10, 6) Vecino: (9, 6) f\_temp: 19 f[vecino]: 17 g\_temp: 11 g[vecino]: 9

Actual: (1, 3) Vecino: (1, 4) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 11 g[vecino]: 11

Actual: (1, 3) Vecino: (1, 2) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 11 g[vecino]: 9

Actual: (1, 6) Vecino: (1, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (1, 6) Vecino: (1, 5) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (2, 9) Vecino: (1, 9) f\_temp: 21 f[vecino]: 21 g\_temp: 18 g[vecino]: 18

Actual: (2, 9) Vecino: (2, 8) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 18 g[vecino]: 16

Actual: (10, 9) Vecino: (10, 10) f\_temp: 21 f[vecino]: 21 g\_temp: 14 g[vecino]: 14

Actual: (10, 9) Vecino: (10, 8) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 14 g[vecino]: 12

Actual: (4, 10) Vecino: (5, 10) f\_temp: 21 f[vecino]: 21 g\_temp: 19 g[vecino]: 19

Actual: (4, 10) Vecino: (3, 10) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 19 g[vecino]: 17

Actual: (1, 7) Vecino: (1, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 15

Actual: (1, 7) Vecino: (2, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 15

Actual: (1, 7) Vecino: (1, 6) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 13  
Actual: (1, 8) Vecino: (1, 7) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 16 g[vecino]: 14  
Actual: (1, 1) Vecino: (1, 2) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 11 g[vecino]: 9  
Actual: (2, 10) Vecino: (3, 10) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 19 g[vecino]: 17  
Actual: (2, 10) Vecino: (1, 10) f\_temp: 23 f[vecino]: 23 g\_temp: 19 g[vecino]: 19  
Actual: (10, 10) Vecino: (9, 10) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 13  
Actual: (10, 10) Vecino: (10, 9) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 13  
Actual: (1, 7) Vecino: (1, 8) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 15  
Actual: (1, 7) Vecino: (2, 7) f\_temp: 19 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 15  
Actual: (1, 7) Vecino: (1, 6) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 15 g[vecino]: 13  
Actual: (1, 9) Vecino: (1, 10) f\_temp: 23 f[vecino]: 23 g\_temp: 19 g[vecino]: 19  
Actual: (1, 9) Vecino: (2, 9) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 19 g[vecino]: 17  
Actual: (5, 10) Vecino: (4, 10) f\_temp: 21 f[vecino]: 19 g\_temp: 20 g[vecino]: 18  
Actual: (5, 10) Vecino: (5, 9) f\_temp: 21 f[vecino]: 21 g\_temp: 20 g[vecino]: 20  
Actual: (5, 9) Vecino: (5, 10) f\_temp: 23 f[vecino]: 21 g\_temp: 21 g[vecino]: 19  
Actual: (5, 9) Vecino: (4, 9) f\_temp: 21 f[vecino]: 21 g\_temp: 21 g[vecino]: 21

En este ejemplo en concreto se puede ver como el algoritmo A\* debe analizar la mayoría de las posiciones para dar con el camino más óptimo, esto debido a que las  $f(n)$  de algunas posiciones pueden llegar a ser menores, sin embargo no es el mejor camino.

## Análisis de resultados – Búsqueda Adversial

Cuando se corre el programa, lo primero es escoger el modo que se desea:

```
= RESTART: /Users/sebas2002cr/Documents/Proyectos Personales/InteligenciaArtificial/A-and-MinMax/TicTacToe.py
Ingresa 1 para jugar normalmente o 2 para hacer una simulación: |
```

Para la primera prueba vamos a jugar el modo 1 (normal), y vamos a escoger:

Jugador 1 = Aleatorio

Jugador 2 = MinMax

```
Ingresa 1 para jugar normalmente o 2 para hacer una simulación: 1
Por favor elige el número de jugadores:
0. MinMax
1. Aleatorio
Jugador 1: 1
Jugador 2: 0
El jugador Aleatorio será el símbolo X
El jugador MinMax será el símbolo 0
Partida: 1
Turno del jugador aleatorio:
Aquí está el tablero de juego:
|  | X
-----
|  |
-----
|  |
-----
Partida: 2
Turno del jugador MinMax:
El valor del mejor movimiento es: 0
Aquí está el tablero de juego:
|  | X
-----
| 0 |
-----
|  |
-----
Partida: 3
Turno del jugador aleatorio:
Aquí está el tablero de juego:
|  | X
-----
| 0 |
-----
|  | X
-----
Partida: 4
Turno del jugador MinMax:
```

El valor del mejor movimiento es: 0

Aquí está el tablero de juego:

		X
-----		
	0	0
-----		
		X

Partida: 5

Turno del jugador aleatorio:

Aquí está el tablero de juego:

		X
-----		
	0	0
-----		
	X	X

Partida: 6

Turno del jugador MinMax:

El valor del mejor movimiento es: 1

Aquí está el tablero de juego:

		X
-----		
0	0	0
-----		
	X	X

Ganador de la Partida 6: MinMax (MinMax)

Aquí está el tablero de juego:

		X
-----		
0	0	0
-----		
	X	X

=====

Aquí podemos ver que el ganador fue MinMax, el cual era el jugador 2. Usando (0) . Se necesitaron 6 jugadas para poder ganar la partida, tambien se imprime el valor de la jugada y se evidencia que las jugadas realizadas por MinMax tenían una evaluacion de 1 mostrando de que eran buenas jugadas, al contrario de los movimientos del aleatorio los cuales tenían un valor de 0 evidenciando su aleatoriedad.

Si lo probamos de la otra manera, con que el jugador 1 sea MinMax y el jugador 2 sea Aleatoio, uno de los posibles resultados seria el siguiente:

Ingresa 1 para jugar normalmente o 2 para hacer una simulación: 1

Por favor elige el número de jugadores:

0. MinMax

1. Aleatorio

Jugador 1: 0

Jugador 2: 1

El jugador MinMax será el símbolo X

El jugador Aleatorio será el símbolo 0

Partida: 1

Turno del jugador MinMax:

El valor del mejor movimiento es: 0

Aquí está el tablero de juego:

```
| |  
-----  
| | X  
-----  
| |  
-----
```

Partida: 2

Turno del jugador aleatorio:

Aquí está el tablero de juego:

```
| |  
-----  
| | X  
-----  
0 | |  
-----
```

Partida: 3

Turno del jugador MinMax:

El valor del mejor movimiento es: 1

Aquí está el tablero de juego:

```
| |  
-----  
| | X  
-----  
0 | | X  
-----
```

Partida: 4



Turno del jugador aleatorio:

Aquí está el tablero de juego:

--	--	--

0		X
---	--	---

0		X
---	--	---

Partida: 5

Turno del jugador MinMax:

El valor del mejor movimiento es: 1

Aquí está el tablero de juego:

X		
---	--	--

0		X
---	--	---

0		X
---	--	---

Partida: 6

Turno del jugador aleatorio:

Aquí está el tablero de juego:

X		0
---	--	---

0		X
---	--	---

0		X
---	--	---

Partida: 7

Turno del jugador MinMax:

El valor del mejor movimiento es: 1

Aquí está el tablero de juego:

X		0
---	--	---

0	X	X
---	---	---

0		X
---	--	---

Ganador de la Partida 7: MinMax (MinMax)

Aquí está el tablero de juego:

X		0
---	--	---

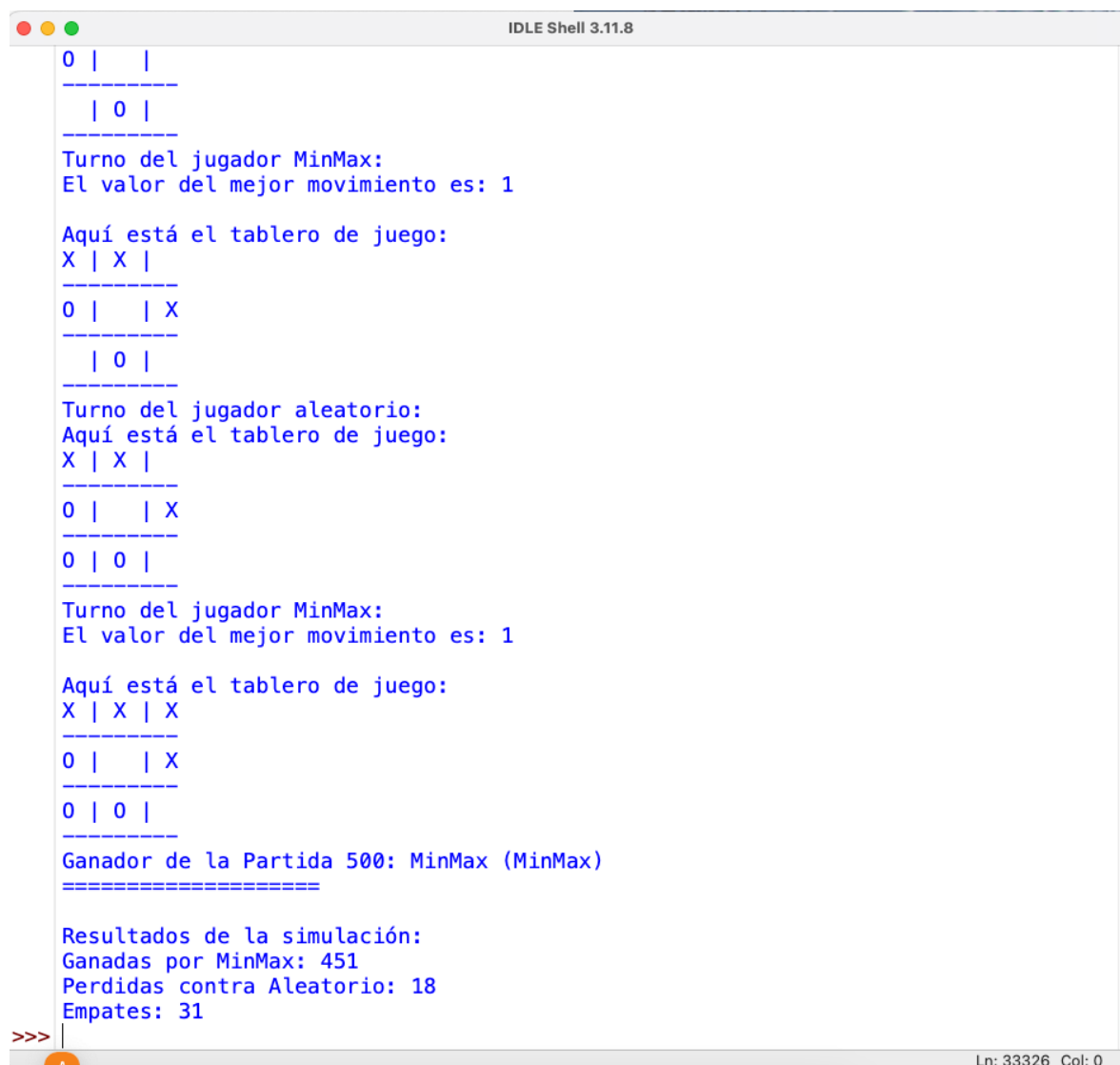
0	X	X
---	---	---

0		X
---	--	---

Aquí también podemos evidenciar que MinMax ganó la partida y necesitó 7 jugadas para ganarla.

Ahora con las pruebas de las simulaciones, se va a hacer una prueba con 500 simulaciones pero por la longitud de la prueba, vamos a mostrar principalmente el resultado final.

A la hora de correr el programa, se tiene que insertar el valor 2, y automáticamente empezará la simulación.



```
0 |  | 
---
| 0 | 
---
Turno del jugador MinMax:
El valor del mejor movimiento es: 1

Aquí está el tablero de juego:
X | X | 
---
0 |  | X
---
| 0 | 
---
Turno del jugador aleatorio:
Aquí está el tablero de juego:
X | X | 
---
0 |  | X
---
0 | 0 | 
---
Turno del jugador MinMax:
El valor del mejor movimiento es: 1

Aquí está el tablero de juego:
X | X | X
---
0 |  | X
---
0 | 0 | 
---
Ganador de la Partida 500: MinMax (MinMax)
=====

Resultados de la simulación:
Ganadas por MinMax: 451
Perdidas contra Aleatorio: 18
Empates: 31

>>>
```

Aquí podemos ver que al finalizar las 500 simulaciones, se obtuvieron como resultados que:

La simulación de 500 juegos entre MinMax y Aleatorio revela que MinMax es altamente efectivo, ganando el 90.2% de las partidas, lo que sugiere una capacidad

consistente para tomar decisiones óptimas en el juego. Por otro lado, Aleatorio, que elige movimientos al azar, ganó solo el 3.6% de las veces, demostrando su falta de estrategia definida y eficacia. Sin embargo, la presencia de empates (6.2%) indica que incluso con una estrategia dominante, puede haber situaciones en las que el juego se estanque, lo que sugiere cierta complejidad inherente al juego o la capacidad de MinMax para bloquear los movimientos del oponente sin asegurar una victoria clara. En conclusión, estos resultados destacan la superioridad de MinMax en este juego específico, pero también señalan la importancia de considerar la posibilidad de empates y la limitada efectividad de enfoques aleatorios en comparación con estrategias más sofisticadas.