

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

# Laboratorio: Planificación en STRIPS/PDDL.

La planificación automática (Automated Planning) se puede considerar como una disciplina de la inteligencia artificial que desarrolla planes para ejecutarlos ordenadamente, considerando una descripción de estado inicial, una descripción del objetivo a alcanzar y un conjunto de acciones o restricciones posibles en el entorno. En este documento se pretende resolver un problema por medio de 4 planificadores del estado del arte y realizar una comparación de los resultados obtenidos.

El objetivo es trasladar los pacientes al hospital. Las acciones que se pueden realizar son:

- ▶ Conducir la ambulancia de una posición a otra.
- ▶ Subir un paciente a la ambulancia.
- ▶ Bajar a un paciente en una localización.

## 1. PDDL

En esta sección, se muestra el código del dominio para la resolución de la actividad. En el caso del problema 2 y 3, se utiliza el mismo dominio, solamente el problema es alterado en los objetos, inicialización y objetivos, los cuales se describirán a detalle en cada uno de los problemas. Referencia [2].

### 1.1. Dominio

```

1 (define (domain Laboratorio3)
2   (:requirements :strips :typing :negative-preconditions)
3
4   (:types
5     location locatable - object
6     vehicle patient - locatable
7   )
8
9   (:predicates

```

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

```

10      (on ?obj - locatable ?loc - location)
11      (holding ?v - locatable ?p - locatable)
12      (ambulance-empty)
13      (route ?location1 - location ?location2 - location)
14  )
15
16  (:action pick-up
17  :parameters (?v - vehicle ?p - locatable ?loc - location)
18  :precondition
19  (and (on ?v ?loc) (on ?p ?loc) (ambulance-empty)
20      )
21  :effect
22  (and (not (on ?p ?loc)) (holding ?v ?p) (not (ambulance-empty)
23      )))
24
25  (:action drop
26  :parameters (?v - vehicle ?p - locatable ?loc - location)
27  :precondition
28  (and (on ?v ?loc) (holding ?v ?p))
29  :effect
30  (and (on ?p ?loc) (ambulance-empty) (not (holding ?v ?p)
31      )))
32
33  (:action driving
34  :parameters (?v - vehicle ?from - location ?to - location)
35  :precondition
36  (and (on ?v ?from) (route ?from ?to))
37  :effect
38  (and (not (on ?v ?from)) (on ?v ?to)
39      )))

```

Listing 1: Dominio de la actividad

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

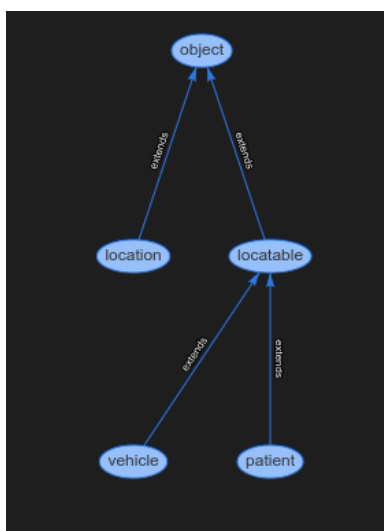


Figura 1: Representación gráfica de la jerarquía generada por el código del dominio.

## 2. Problema 1

La localización L1 está conectada con L2, L2 está conectada con L4, y L4 está conectada con L3. Todas en ambas direcciones. La ambulancia y el hospital se encuentran en la localización L1. Y hay un paciente en la localización L3 y otro en la localización L4.

### 2.1. Problema

```

1 (define (problem Problema1) (:domain Laboratorio3)
2 (:objects
3     ambulance - vehicle
4     patient1 - patient
5     patient2 - patient
6     hospital - location
7     location1 - location
8     location2 - location
9     location3 - location
10    location4 - location
11 )

```

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

```

12 (:init
13     (on ambulance hospital)
14     (on patient1 location3)
15     (on patient2 location4)
16     (ambulance-empty)
17
18     (route hospital location1)
19     (route location1 location2)
20     (route location2 location4)
21     (route location4 location3)
22     (route location3 location4)
23     (route location4 location2)
24     (route location2 location1)
25     (route location1 hospital)
26 )
27 (:goal
28     (and (on patient1 hospital) (on patient2 hospital)
29         )))

```

Listing 2: Problema 1

El código anterior, muestra el código necesario para desarrollar la sección de planificación con 4 planificadores distintos. considerando en este caso que la localización L1 diferente al hospital por cuestiones de legibilidad al interpretar el plan, porque puede ser que en la misma L1 pueda albergar un paciente en el futuro. Referencia [2].

## 2.2. <http://solver.planning.domains/solve>

```

1 Planning service: http://solver.planning.domains/solve
2 Domain: Laboratorio3, Problem: Problemal
3 --- OK.
4 Match tree built with 38 nodes.
5

```

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

```

6 PDDL problem description loaded:
7   Domain: LABORATORIO3
8   Problem: PROBLEMA1
9   #Actions: 38
10  #Fluents: 19
11 Landmarks found: 2
12 Starting search with IW (time budget is 60 secs)...
13 rel_plan size: 8
14 #RP_fluents 9
15 Caption
16 {#goals, #UNnachieved, #Achieved} -> IW(max_w)
17
18 {2/2/0}:IW(1) -> [2][3][4][5][6][7][8][9]rel_plan size: 6
19 #RP_fluents 7
20 {2/1/1}:IW(1) -> [2][3][4][5][6][7][8][9][10][11]rel_plan size: 0
21 #RP_fluents 0Plan found with cost: 18
22 Total time: -1.8999e-10
23 Nodes generated during search: 98
24 Nodes expanded during search: 91
25 IW search completed
26 0.00100: (driving ambulance hospital location1)
27 0.00200: (driving ambulance location1 location2)
28 0.00300: (driving ambulance location2 location4)
29 0.00400: (pick-up ambulance patient2 location4)
30 0.00500: (driving ambulance location4 location2)
31 0.00600: (driving ambulance location2 location1)
32 0.00700: (driving ambulance location1 hospital)
33 0.00800: (drop ambulance patient2 hospital)
34 0.00900: (driving ambulance hospital location1)
35 0.01000: (driving ambulance location1 location2)
36 0.01100: (driving ambulance location2 location4)
37 0.01200: (driving ambulance location4 location3)
38 0.01300: (pick-up ambulance patient1 location3)
39 0.01400: (driving ambulance location3 location4)

```

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

```

40 0.01500: (driving ambulance location4 location2)
41 0.01600: (driving ambulance location2 location1)
42 0.01700: (driving ambulance location1 hospital)
43 0.01800: (drop ambulance patient1 hospital)
44 Planner found 1 plan(s) in 0.406secs.

```

Listing 3: Resultado de planificador.



Figura 2: Representación gráfica del plan.

El problema 1 se ha realizado de la misma manera que se han hecho los ejercicios guiados en clase. Para este caso, se utilizó un planificador web a través de un plugin en Visual Studio Code, dando como resultado el plan mostrado en la figura 2 y en la figura 3.

Se consideró un predicado (Ambulance-empty) como un booleano que determina cuando la ambulancia está vacía o está llena para poder trasladar solamente a un paciente a la vez.

La jerarquía obtenida en las clases del problema se visualiza en la figura 4.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	



Figura 3: Representación gráfica del plan.

## 2.3. Complementary 2

Se muestran a continuación los resultados con el planificador Complementary2 encontrado en *International Conference on Automated Planning and Scheduling - ICAPS*, en la sección de *The International Planning Competition 2018 - Deterministic Tracks - Planners - Optiman Track*. El tiempo de ejecución supera al anterior por mas del doble. Siendo un tiempo tan pequeño dado que el problema es pequeño, no es tan importante, pero en caso el problema sea mas complejo, esto puede ser cuestión de determinar su utilidad. En cuanto a la planificación, primero se dirige al paciente mas lejano y por último al mas cercano, lo cual quizás en traslado de pacientes no sea la mejor estrategia. Referencia [1]

```

1 Plan length: 18 step(s) .
2 Plan cost: 18
3 Expanded 19 state(s) .
4 Reopened 0 state(s) .
5 Evaluated 29 state(s) .
6 Evaluations: 29

```





Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

```

9 (driving ambulance location1 hospital)
10 (drop ambulance patient1 hospital)
11 (driving ambulance hospital location1)
12 (driving ambulance location1 location2)
13 (driving ambulance location2 location4)
14 (pick-up ambulance patient2 location4)
15 (driving ambulance location4 location2)
16 (driving ambulance location2 location1)
17 (driving ambulance location1 hospital)
18 (drop ambulance patient2 hospital)
19 ; cost = 18 (unit cost)

```

Listing 5: Plan resultante basado en planificador Complementary 2.

## 2.4. Scorpion

Se muestran a continuación los resultados con el planificador Scorpion encontrado en *International Conference on Automated Planning and Scheduling - ICAPS*, en la sección de *The International Planning Competition 2018 - Deterministic Tracks - Planners - Optiman Track*. El tiempo de ejecución supera al anterior más que en todos los planificadores probados. Siendo un tiempo tan pequeño dado que el problema es pequeño, el tiempo de ejecución ya es muy alto, superior a tres minutos. Referencia [1]

```

1      Solution found!
2 Actual search time: 0s [t=200.018s]
3 driving ambulance hospital location1 (1)
4 driving ambulance location1 location2 (1)
5 driving ambulance location2 location4 (1)
6 driving ambulance location4 location3 (1)
7 pick-up ambulance patient1 location3 (1)
8 driving ambulance location3 location4 (1)
9 driving ambulance location4 location2 (1)

```

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

```

10 driving ambulance location2 location1 (1)
11 driving ambulance location1 hospital (1)
12 drop ambulance patient1 hospital (1)
13 driving ambulance hospital location1 (1)
14 driving ambulance location1 location2 (1)
15 driving ambulance location2 location4 (1)
16 pick-up ambulance patient2 location4 (1)
17 driving ambulance location4 location2 (1)
18 driving ambulance location2 location1 (1)
19 driving ambulance location1 hospital (1)
20 drop ambulance patient2 hospital (1)

```

Listing 6: Resultado de planificador.

```

1 Plan length: 18 step(s).
2 Plan cost: 18
3 Expanded 52 state(s).
4 Reopened 0 state(s).
5 Evaluated 85 state(s).
6 Evaluations: 85
7 Generated 154 state(s).
8 Dead ends: 9 state(s).
9 Expanded until last jump: 33 state(s).
10 Reopened until last jump: 0 state(s).
11 Evaluated until last jump: 57 state(s).
12 Generated until last jump: 99 state(s).
13 Number of registered states: 85
14 Int hash set load factor: 85/128 = 0.664062
15 Int hash set resizes: 7
16 total successors before partial-order reduction: 154
17 total successors after partial-order reduction: 154
18 Number of times each order was the best order: [35, 0, 6, 21, 13, 2, 7]
19 Probably useful orders: 6/7 = 85.7143%

```

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
<b>Razonamiento y planificación automática</b>	<b>Apellidos:</b> Balsells Orellana	01/03/2021
	<b>Nombre:</b> Jorge A.	

```

20 Search time: 0s
21 Total time: 200.018s
22 Solution found.
23 Peak memory: 5540 KB
24 exitcode: 0

```

Listing 7: Resultado de planificador.

## 2.5. <https://web-planner.herokuapp.com/>

```

1 Sun Feb 28 2021 19:02:10 GMT-0600 (Central Standard Time)
2 Result: SUCCESS
3 Domain: laboratorio3
4 Problem: problema1
5 Plan:
6   (driving ambulance hospital location1)
7   (driving ambulance location1 location2)
8   (driving ambulance location2 location4)
9   (pick-up ambulance patient2 location4)
10  (driving ambulance location4 location2)
11  (driving ambulance location2 location1)
12  (driving ambulance location1 hospital)
13  (drop ambulance patient2 hospital)
14  (driving ambulance hospital location1)
15  (driving ambulance location1 location2)
16  (driving ambulance location2 location4)
17  (driving ambulance location4 location3)
18  (pick-up ambulance patient1 location3)
19  (driving ambulance location3 location4)
20  (driving ambulance location4 location2)
21  (driving ambulance location2 location1)
22  (driving ambulance location1 hospital)

```

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

```

23 (drop ambulance patient1 hospital)
24 Execution time: 0.0055s

```

Listing 8: Resultado de planificador.

HerokuApp es un planificador web eficiente en línea, el más eficiente utilizado por ahora en la actividad. El tiempo de ejecución es de aproximadamente 0.0055 segundos, trasladando primero al paciente más cercano, y luego dirigiéndose al paciente más lejano.

Referencias planificador. [3]

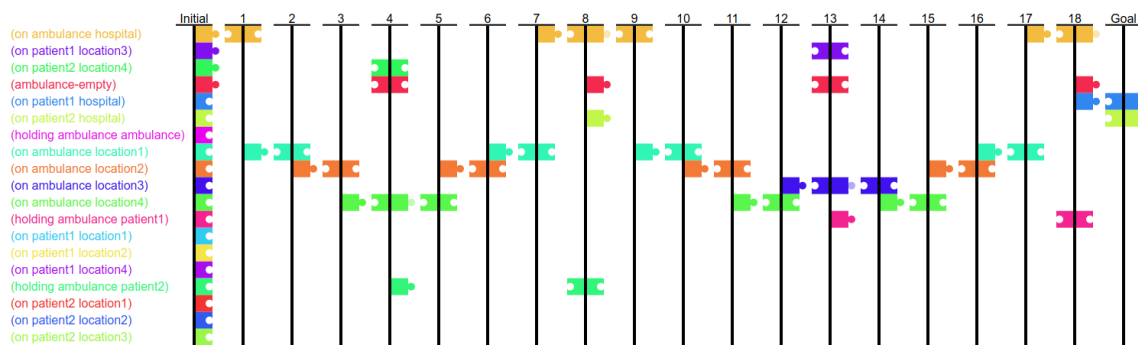


Figura 5: Representación gráfica del plan en HerokuApp.

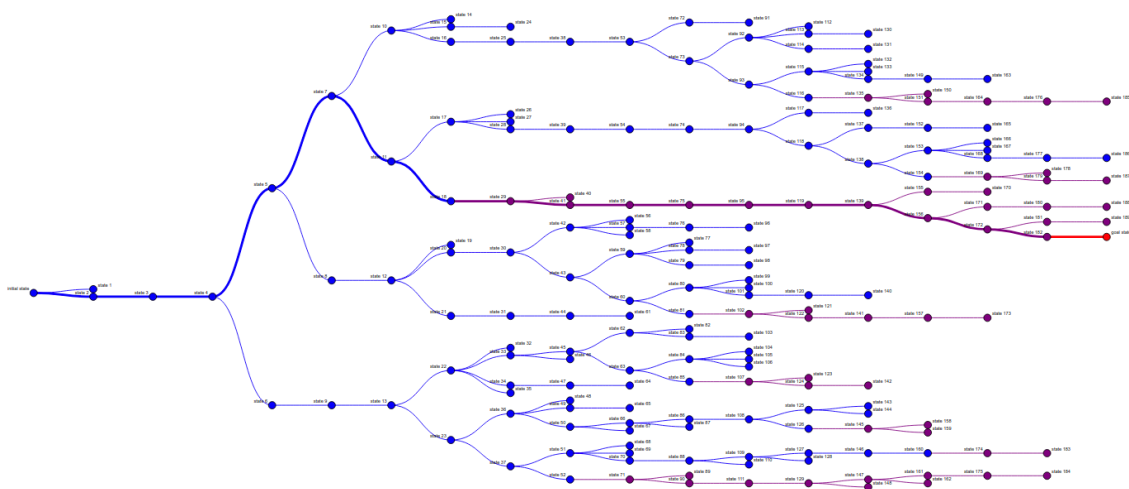


Figura 6: Representación heurística del plan en HerokuApp.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

### 3. Problema 2

El Hospital está conectado con la localización L1, L1 está conectada con L2, L2 está conectada con L3, L3 está conectada con L4, y L4 está conectada con L5. En el retorno, L5 está conectada con L3, L3 está conectada con L1 y L1 está conectada al Hospital. En L1 se encuentra un paciente, en L3 se encuentra un segundo paciente, y en L4 está un tercer paciente. Para este problema se cuenta con 2 ambulancias en el mismo hospital.

```

1 Result: SUCCESS
2 Domain: laboratorio3
3 Problem: problema1
4 Plan:
5   (pick-up ambulance1 ambulance2 hospital)
6   (driving ambulance1 hospital location1)
7   (driving ambulance1 location1 location2)
8   (driving ambulance1 location2 location3)
9   (drop ambulance1 ambulance2 location3)
10  (pick-up ambulance1 patient1 location3)
11  (driving ambulance1 location3 location1)
12  (driving ambulance1 location1 hospital)
13  (drop ambulance1 patient1 hospital)
14  (driving ambulance1 hospital location1)
15  (pick-up ambulance1 patient0 location1)
16  (driving ambulance1 location1 hospital)
17  (drop ambulance1 patient0 hospital)
18  (driving ambulance2 location3 location4)
19  (pick-up ambulance2 patient2 location4)
20  (driving ambulance2 location4 location5)
21  (driving ambulance2 location5 location3)
22  (driving ambulance2 location3 location1)
23  (driving ambulance2 location1 hospital)
24  (drop ambulance2 patient2 hospital)
25 Execution time: 0.3695s

```

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

Listing 9: Resultado de planificador.



Figura 7: Representación gráfica del árbol generado.

En la figura 8 se puede observar como en este caso, teniendo 2 ambulancias en un mismo hospital, ambas se encuentran en tránsito trabajando, no existe ninguna de las 2 detenida en el hospital mientras existen pacientes.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

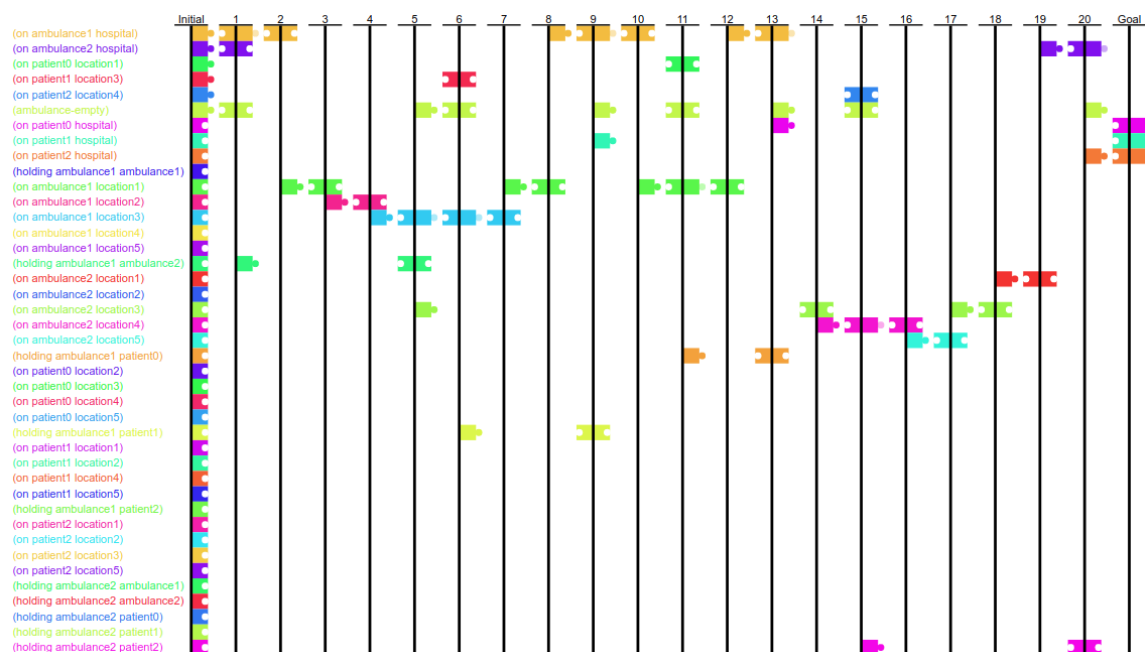


Figura 8: Representación gráfica del problema 2.

## 4. Problema 3

El Hospital 1 está conectado con la localización L1, L1 está conectada con L2, L2 está conectada con L3, L3 está conectada con L4, y L4 está conectada con L5. En el retorno, L5 está conectada con L3, L3 está conectada con L1 y L1 está conectada al Hospital 1. En L1 se encuentra un paciente, en L3 se encuentra un segundo paciente, y en L4 está un tercer paciente. Para este problema se cuenta con 2 ambulancias en el mismo hospital 1, y se cuenta con el mismo hospital conectado a L5.

```

1 Sun Feb 28 2021 23:42:13 GMT-0600 (Central Standard Time)
2 Result: SUCCESS
3 Domain: laboratorio3
4 Problem: problema1
5 Plan:
6   (pick-up ambulance1 ambulance2 hospital1)
7   (driving ambulance1 hospital1 location5)
8   (driving ambulance1 location5 location3)

```

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

```

9  (drop ambulance1 ambulance2 location3)
10 (pick-up ambulance1 patient1 location3)
11 (driving ambulance1 location3 location1)
12 (driving ambulance1 location1 hospital1)
13 (drop ambulance1 patient1 hospital1)
14 (driving ambulance1 hospital1 location1)
15 (pick-up ambulance1 patient0 location1)
16 (driving ambulance1 location1 hospital1)
17 (drop ambulance1 patient0 hospital1)
18 (driving ambulance2 location3 location4)
19 (pick-up ambulance2 patient2 location4)
20 (driving ambulance2 location4 location5)
21 (driving ambulance2 location5 hospital1)
22 (drop ambulance2 patient2 hospital1)
23 Execution time: 0.3461s

```

Listing 10: Resultado de planificador.

En este problema, baja la cantidad de pasos como se observa en la figura 9 dado que el hospital tiene un acceso directo desde la localidad 5, que es la salida mas cercana según la distancia a la que se encuentran los pacientes. En este caso, de la misma manera se encuentran operando las 2 ambulancias.

## 5. Conclusiones.

### 5.1. Dificultades encontradas.

- ▶ La sintaxis del código es complicada de comprender inicialmente cuando no se tiene experiencia en el tema. aún siendo problemas fáciles de resolver como los de la actividad.
- ▶ Los planificadores devuelven en algunos casos, resultados diferentes, así que es de conocer muy bien los tipos de planificadores para saber la estrategia a seguir por cada uno de ellos.
- ▶ El desarrollo es sumamente abstracto. La lógica de desarrollo de una estructura de programación no es similar a la lógica que toman este tipo de desarrollos, por lo cual, no se debe comparar



Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

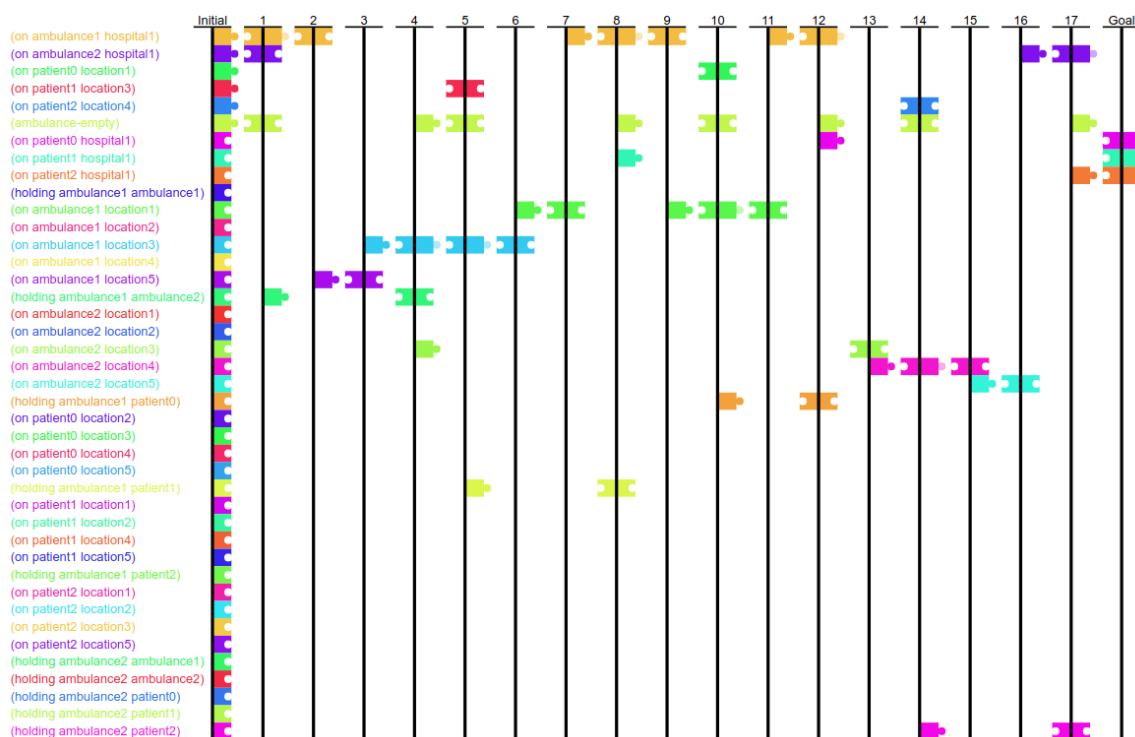


Figura 9: Representación gráfica del problema 3.

nunca el desarrollo de software con el desarrollo de una planificación automática

## 5.2. Comparaciones.

Planificador	Tiempo
Planning.domains	0.406s
Complementary2	1.21973s
Scorpion	200.018s
Herokuapp	0.0055s

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Razonamiento y planificación automática	Apellidos: Balsells Orellana	01/03/2021
	Nombre: Jorge A.	

## Referencias

- [1] Icaps: International conference on automated planning and scheduling. In *Deterministic tracks*, 2018.
- [2] César Augusto Guzmán Álvarez. Apuntes de clase de razonamiento y planificación automática., 2020.
- [3] Maurício C Magnaguagno, Ramon Fraga Pereira, Martin D Móre, and Felipe Meneguzzi. Web planner: A tool to develop classical planning domains and visualize heuristic state-space search. In *Proceedings of the Workshop on User Interfaces and Scheduling and Planning, UISP*, pages 32–38, 2017.