

# Planificación

**Práctica 3 de Inteligencia Artificial**  
**23 Mayo 2016**

Guillermo Serrahima  
Felix Axel Gimeno  
Josep Llistosella  
Ali Muhammad

# Índice

- [1.Introducción](#)
- [2. Dominios](#)
- [3. Problemas](#)
- [4. Desarrollo de los modelos](#)
- [5. Juegos de Pruebas](#)
- [6.Juegos Extra de Pruebas](#)

# 1.Introducción

Esta práctica consiste en hacer un sistema planificador basado en el lenguaje PDDL, con el soporte del programa Fast Forward. Esta práctica es una continuación de la anterior, donde se tiene que asistir al usuario a hacer una planificación de ejercicios semanal para llegar a unos objetivos, usando un sistema de recomendaciones basado en CLIPS.

En esta práctica distinguimos entre tres conceptos de ejercicios. Primero que todos los ejercicios tienen un nivel, y que no se pueden hacer ejercicios de un determinado nivel si no se ha hecho antes el del nivel anterior. Después están los ejercicios preparadores, que se tienen que hacer el mismo día si se quiere hacer el ejercicio que preparan. Por último están los ejercicios predecesores, que se tienen que hacer justo antes de otro sin que haya algún ejercicio intercalado entre ellos.

El objetivo del planificador es asignar ejercicios a días para que el usuario llegue a un nivel de ciertos ejercicios en un tiempo razonable y que respete todas las restricciones de los ejercicios.

También se ha realizado un generador de juegos de prueba en Python. Para ello, se envía al canal de salida estándar el contenido de dicho juego de pruebas; se abusa de la facilidad de redirigir dicha salida a un archivo de texto en un sistema operativo basado en Linux.

## 2. Dominios

Para modelar el dominio hemos decidido dar tipos a las variables para así facilitar la comprensión del problema y facilitarle al programa la comprobación de las condiciones y la unificación, ya que no tiene que probar con todos los objetos sino sólo con los de su tipo. Los tipos escogidos fueron **dia**, **ejercicio**, **contador** y **nivel**. Los predicados que hemos usado son:

**(estamos\_dia ?dia - dia)**

El dia en el que estamos asignando ejercicios es "dia"

**(dia\_siguiente ?dia1 ?dia2 - dia)**

Dia "dia2" es el siguiente de dia "dia1"

**(hecho\_ejercicio ?ej - ejercicio ?dia - dia)**

Se asigna un ejercicio en un dia

**(ejercicio\_nivel ?ej - ejercicio ?nivel - nivel)**

Indica un ejercicio que ha alcanzado cierto nivel

**(nivel\_siguiente ?nivel1 - nivel ?nivel2 - nivel)**

Nivel "nivel2" es el nivel siguiente de nivel "nivel1"

**(ejercicio\_preparable ?ej - ejercicio)**

El ejercicio ej tiene algún ejercicio que lo prepara

**(ejercicio\_preparador ?ej ?preparador - ejercicio)**

El ejercicio preparador de "ej" es "preparador"

**(ejercicio\_preparado ?ej - ejercicio ?dia - dia)**

El ejercicio "ej" tiene todos sus ejercicios preparadores ya realizados para el dia "dia"

**(ejercicio\_precedible ?ej - ejercicio)**

El ejercicio "ej" tiene un precursor

**(ejercicio\_precursor ?ej ?precursor - ejercicio)**

El ejercicio precursor de “ej” es “precursor”

**(ejercicio\_precedido ?ej - ejercicio ?dia - dia)**

Indica que el ejercicio “ej” precedible puede realizarse ya que su precursor ha sido el último ejercicio realizado por el momento para el día “dia”

**(dia\_contador ?dia - dia ?cont - contador)**

El día “dia” tiene el contador de ejercicios “cont”

**(contador\_max ?cont - contador)**

El valor máximo de un contador es “cont”

**(contador\_siguiente ?cont1 - contador ?cont2 - contador)**

El valor de contador “cont1” se convierte en “cont2” al aumentar de valor

**(ejercicio\_anterior ?x - ejercicio)**

Indica el último ejercicio realizado, mayormente para la restricción de inmediatez de los ejercicios precursores.

Después tenemos las acciones:

**cambiar\_Dia:** una vez se ha establecido el plan para un día esta acción avanza al siguiente, y asegura que no existe ningún registro con un último ejercicio realizado.

**hacer\_Ejercicio:** asigna ejercicios a días si se cumplen todas las restricciones del sistema.

**preparar\_Ejercicio:** indica, para un ejercicio con preparadores, si se cumplen las condiciones para realizarlo ese día

**preceder\_Ejercicio:** indica, para un ejercicio que tiene precursor, si es posible realizarlo justo ahora

### 3. Problemas

La forma en la que se ha modelado el problema ha sido mediante el uso de objetos y estados iniciales y finales. El estado inicial consiste en: un conjunto de ejercicios con sus niveles iniciales, las relaciones entre todos los ejercicios y el estado inicial del contador de ejercicios. El estado final es el nivel o conjunto de niveles que se quiere alcanzar en un ejercicio o conjunto de ejercicios.

Como ya se ha explicado anteriormente hay ejercicios precursores (que también llamamos predecesores) y preparadores y éstos forman relaciones entre ejercicios que se establecen en el estado inicial. También se especifican los días sobre los que el planificador trabajará con unos predicados que establecen un orden de días concreto, así como el estado del contador de ejercicios inicial, que servirá para hacer cumplir la restricción de la extensión 3, también especificado con predicados que establecen un cierto orden.

El estado final es un estado en el que, al final del plan quincenal, se ha llegado al ejercicio con un nivel bien igual o bien superior al indicado por el usuario, habiendo hecho antes los ejercicios de niveles anteriores así como sus preparadores y predecesores.

Aunque en el enunciado se especifica que la dificultad de los ejercicios van del nivel 1 al 10, se asume que puede haber ejercicios para los que el usuario no ha hecho ni una vez; es decir, para poder realizar el nivel 2 primero debe realizar el nivel 1. Esto se representa con un "nivel 0".

También se asume que, aunque para realizar un ejercicio a un nivel  $N+1$  hace falta haberlo realizado a un nivel  $N$  en algún momento anterior del plan, pero que es posible repetir ejercicios al mismo nivel  $N$  o incluso a niveles  $M < N$ .

Como se explica en el enunciado, se considera posible el caso en que los ejercicios no llenen todo el tiempo disponible en los 15 días, y que se interpreta como tiempo libre que el usuario tiene para rellenar con ejercicios

## 4. Desarrollo de los modelos

Para esta práctica hemos seguido un método de desarrollo incremental. En primer lugar conseguimos un prototipo muy sencillo: los ejercicios tienen entre 0 y N preparadores y ningún precursor; es decir, un primer prototipo que cubría la extensión 1 (que incluye el nivel básico). No se llegó a elaborar un prototipo que cubriera **sólo** el nivel básico porque, con práctica de PDDL en prototipos fallidos, terminamos familiarizados con condiciones para grupos de elementos, y no uno solo.

Seguidamente intentamos mejorar este prototipo para que cumpliera con los requerimientos de la extensión 2, es decir, que los ejercicios pudieran tener un precursor. Sólo puede haber un predecesor, lo que reduce el número de comprobaciones, pero puesto que tiene que ir exactamente detrás del ejercicio del cual es precursor, hay que mantener un registro constantemente actualizado, y asegurarnos que se eliminan los valores desactualizados.

La comprobación de la intersección de condiciones para un ejercicio que tiene precursor y preparadores aparece de forma natural en el sistema.

Ya por último decidimos acabar nuestro trabajo con la extensión 3, dado que su dificultad no es muy elevada. Consiste simplemente en hacer que el número máximo de ejercicios por día no sea superior a 6. Esto se hizo mediante un contador que es actualizado a base de predicados y que es reiniciado cada día. Claro está que también aumenta el número de comprobaciones, que en un principio elevó considerablemente el tiempo de ejecución; para reducir el número de comprobaciones, como para cada día sólo hay un valor relevante de contador, se decidió eliminar el valor anterior cada vez que se aumentaba el valor y se convertía en irrelevante, lo que redujo de forma palpable el tiempo de ejecución.

## 5. Juegos de Pruebas

### Juego de pruebas nivel básico

El nivel básico consiste solo de ejercicios con 0 o 1 preparadores. Consta de 9 ejercicios. El ejercicio 4 tiene como preparador el ejercicio 3, el ejercicio 8 tiene como preparador el 4 y el ejercicio 9 tiene como preparador el ejercicio 8. La meta consiste en llegar a hacer el ejercicio 9 con nivel 8, empezando con todos los ejercicios a nivel 0.

```
step  0: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      1: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA1
      2: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      3: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA1
      4: HACER_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      5: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA1
      6: HACER_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      7: CAMBIAR_DIA DIA1 DIA2
      8: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA2 NIVEL1 NIVEL2
      9: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA2
     10: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA2 NIVEL1 NIVEL2
     11: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA2
     12: HACER_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA2 NIVEL1 NIVEL2
     13: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA2
     14: HACER_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA2 NIVEL1 NIVEL2
     15: CAMBIAR_DIA DIA2 DIA3
     16: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA3 NIVEL2 NIVEL3
     17: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA3
     18: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA3 NIVEL2 NIVEL3
     19: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA3
     20: HACER_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA3 NIVEL2 NIVEL3
     21: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA3
     22: HACER_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA3 NIVEL2 NIVEL3
     23: CAMBIAR_DIA DIA3 DIA4
     24: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA4 NIVEL3 NIVEL4
     25: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA4
     26: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA4 NIVEL3 NIVEL4
     27: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA4
     28: HACER_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA4 NIVEL3 NIVEL4
     29: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA4
     30: HACER_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA4 NIVEL3 NIVEL4
     31: CAMBIAR_DIA DIA4 DIA5
     32: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA5 NIVEL4 NIVEL5
     33: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA5
     34: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA5 NIVEL4 NIVEL5
     35: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA5
     36: HACER_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA5 NIVEL4 NIVEL5
```



```

37: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA5
38: HACER_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA5 NIVEL4 NIVEL5
39: CAMBIAR_DIA DIA5 DIA6
40: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA6 NIVEL5 NIVEL6
41: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA6
42: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA6 NIVEL5 NIVEL6
43: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA6
44: HACER_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA6 NIVEL5 NIVEL6
45: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA6
46: HACER_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA6 NIVEL5 NIVEL6
47: CAMBIAR_DIA DIA6 DIA7
48: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA7 NIVEL6 NIVEL7
49: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA7
50: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA7 NIVEL6 NIVEL7
51: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA7
52: HACER_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA7 NIVEL6 NIVEL7
53: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA7
54: HACER_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA7 NIVEL6 NIVEL7
55: CAMBIAR_DIA DIA7 DIA8
56: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA8 NIVEL7 NIVEL8
57: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA8
58: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA8 NIVEL7 NIVEL8
59: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA8
60: HACER_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA8 NIVEL7 NIVEL8
61: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA8
62: HACER_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA8 NIVEL7 NIVEL8

```

Tiempo: 0.02 segundos

Para el nivel básico el planificador se comporta correctamente y llega a una solución en muy poco tiempo.

## Juego de pruebas extensión 1

Para la extensión 1, los ejercicios pueden tener de 0 a N preparadores. Este juego de prueba consiste en 9 ejercicios, de los cuales el ejercicio 4 tiene como preparadores los ejercicios 1, 2 y 3, el ejercicio 8 tiene como preparadores el 4 y el 5 y el ejercicio 9 tiene como preparadores el 6, 7 y 8. La meta consiste en hacer el ejercicio 9 a nivel 8, empezando con todos los ejercicios a nivel 0.

```

step 0: HACER_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      1: HACER_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      2: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      3: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA1
      4: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      5: HACER_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      6: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA1
      7: HACER_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      8: HACER_EJERCICIO EJERCICIO07 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      9: HACER_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA1 NIVEL0 NIVEL1

```

10: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA1  
11: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA1 NIVEL0 NIVEL1  
12: CAMBIAR\_DIA DIA1 DIA2  
13: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA2 NIVEL1 NIVEL2  
14: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA2 NIVEL1 NIVEL2  
15: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA2 NIVEL1 NIVEL2  
16: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA2  
17: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA2 NIVEL1 NIVEL2  
18: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA2 NIVEL1 NIVEL2  
19: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA2  
20: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA2 NIVEL1 NIVEL2  
21: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO07 DIA2 NIVEL1 NIVEL2  
22: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA2 NIVEL1 NIVEL2  
23: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA2  
24: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA2 NIVEL1 NIVEL2  
25: CAMBIAR\_DIA DIA2 DIA3  
26: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA3 NIVEL2 NIVEL3  
27: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA3 NIVEL2 NIVEL3  
28: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA3 NIVEL2 NIVEL3  
29: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA3  
30: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA3 NIVEL2 NIVEL3  
31: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA3 NIVEL2 NIVEL3  
32: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA3  
33: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA3 NIVEL2 NIVEL3  
34: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO07 DIA3 NIVEL2 NIVEL3  
35: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA3 NIVEL2 NIVEL3  
36: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA3  
37: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA3 NIVEL2 NIVEL3  
38: CAMBIAR\_DIA DIA3 DIA4  
39: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA4 NIVEL3 NIVEL4  
40: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA4 NIVEL3 NIVEL4  
41: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA4 NIVEL3 NIVEL4  
42: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA4  
43: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA4 NIVEL3 NIVEL4  
44: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA4 NIVEL3 NIVEL4  
45: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA4  
46: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA4 NIVEL3 NIVEL4  
47: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO07 DIA4 NIVEL3 NIVEL4  
48: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA4 NIVEL3 NIVEL4  
49: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA4  
50: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA4 NIVEL3 NIVEL4  
51: CAMBIAR\_DIA DIA4 DIA5  
52: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA5 NIVEL4 NIVEL5  
53: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA5 NIVEL4 NIVEL5  
54: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA5 NIVEL4 NIVEL5  
55: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA5  
56: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA5 NIVEL4 NIVEL5  
57: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA5 NIVEL4 NIVEL5  
58: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA5  
59: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA5 NIVEL4 NIVEL5  
60: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO07 DIA5 NIVEL4 NIVEL5

61: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA5 NIVEL4 NIVEL5  
62: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA5  
63: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA5 NIVEL4 NIVEL5  
64: CAMBIAR\_DIA DIA5 DIA6  
65: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA6 NIVEL5 NIVEL6  
66: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA6 NIVEL5 NIVEL6  
67: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA6 NIVEL5 NIVEL6  
68: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA6  
69: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA6 NIVEL5 NIVEL6  
70: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA6 NIVEL5 NIVEL6  
71: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA6  
72: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA6 NIVEL5 NIVEL6  
73: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO07 DIA6 NIVEL5 NIVEL6  
74: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA6 NIVEL5 NIVEL6  
75: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA6  
76: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA6 NIVEL5 NIVEL6  
77: CAMBIAR\_DIA DIA6 DIA7  
78: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA7 NIVEL6 NIVEL7  
79: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA7 NIVEL6 NIVEL7  
80: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA7 NIVEL6 NIVEL7  
81: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA7  
82: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA7 NIVEL6 NIVEL7  
83: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA7 NIVEL6 NIVEL7  
84: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA7  
85: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA7 NIVEL6 NIVEL7  
86: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO07 DIA7 NIVEL6 NIVEL7  
87: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA7 NIVEL6 NIVEL7  
88: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA7  
89: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA7 NIVEL6 NIVEL7  
90: CAMBIAR\_DIA DIA7 DIA8  
91: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA8 NIVEL7 NIVEL8  
92: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA8 NIVEL7 NIVEL8  
93: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA8 NIVEL7 NIVEL8  
94: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO04 EJERCICIO09 DIA8  
95: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA8 NIVEL7 NIVEL8  
96: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA8 NIVEL7 NIVEL8  
97: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO08 EJERCICIO09 DIA8  
98: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA8 NIVEL7 NIVEL8  
99: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO07 DIA8 NIVEL7 NIVEL8  
100: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO08 DIA8 NIVEL7 NIVEL8  
101: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO09 DIA8  
102: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA8 NIVEL7 NIVEL8

Tiempo: 4.00 segundos

Este juego de pruebas tarda bastante debido al gran número de preparadores, pero se comporta de forma correcta.

## Juego de pruebas extensión 2

En este juego de pruebas se incorporan los ejercicios precursores. Puede haber 0 o 1 precursores y 0 o N preparadores para cada ejercicio. Hay 9 ejercicios, de los cuales el ejercicio 4 tiene como preparadores los ejercicios 1, 2 y 3, el ejercicio 6 tiene como precursor el ejercicio 5 y el ejercicio 9 tiene como precursor el 6. La meta consiste en hacer el ejercicio 9 al nivel 8 y el ejercicio 6 al nivel 6, empezando con todos los ejercicios a nivel 0.

```
step  0: HACER_EJERCICIO EJERCICIO5 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      1: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO6 EJERCICIO5 DIA1
      2: HACER_EJERCICIO EJERCICIO6 DIA1 NIVEL0 NIVEL1
      3: CAMBIAR_DIA DIA1 DIA2 EJERCICIO6
      4: HACER_EJERCICIO EJERCICIO5 DIA2 NIVEL1 NIVEL2
      5: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO6 EJERCICIO5 DIA2
      6: HACER_EJERCICIO EJERCICIO6 DIA2 NIVEL1 NIVEL2
      7: CAMBIAR_DIA DIA2 DIA3 EJERCICIO6
      8: HACER_EJERCICIO EJERCICIO5 DIA3 NIVEL2 NIVEL3
      9: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO6 EJERCICIO5 DIA3
     10: HACER_EJERCICIO EJERCICIO6 DIA3 NIVEL2 NIVEL3
     11: CAMBIAR_DIA DIA3 DIA4 EJERCICIO6
     12: HACER_EJERCICIO EJERCICIO5 DIA4 NIVEL3 NIVEL4
     13: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO6 EJERCICIO5 DIA4
     14: HACER_EJERCICIO EJERCICIO6 DIA4 NIVEL3 NIVEL4
     15: CAMBIAR_DIA DIA4 DIA5 EJERCICIO6
     16: HACER_EJERCICIO EJERCICIO5 DIA5 NIVEL4 NIVEL5
     17: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO6 EJERCICIO5 DIA5
     18: HACER_EJERCICIO EJERCICIO6 DIA5 NIVEL4 NIVEL5
     19: CAMBIAR_DIA DIA5 DIA6 EJERCICIO6
     20: HACER_EJERCICIO EJERCICIO5 DIA6 NIVEL5 NIVEL6
     21: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO6 EJERCICIO5 DIA6
     22: HACER_EJERCICIO EJERCICIO6 DIA6 NIVEL5 NIVEL6
     23: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO9 EJERCICIO6 DIA6
     24: HACER_EJERCICIO EJERCICIO9 DIA6 NIVEL0 NIVEL1
     25: CAMBIAR_DIA DIA6 DIA7 EJERCICIO9
     26: HACER_EJERCICIO EJERCICIO5 DIA7 NIVEL6 NIVEL7
     27: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO6 EJERCICIO5 DIA7
     28: HACER_EJERCICIO EJERCICIO6 DIA7 NIVEL6 NIVEL7
     29: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO9 EJERCICIO6 DIA7
     30: HACER_EJERCICIO EJERCICIO9 DIA7 NIVEL1 NIVEL2
     31: CAMBIAR_DIA DIA7 DIA8 EJERCICIO9
     32: HACER_EJERCICIO EJERCICIO5 DIA8 NIVEL7 NIVEL8
     33: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO6 EJERCICIO5 DIA8
     34: HACER_EJERCICIO EJERCICIO6 DIA8 NIVEL7 NIVEL8
     35: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO9 EJERCICIO6 DIA8
     36: HACER_EJERCICIO EJERCICIO9 DIA8 NIVEL2 NIVEL3
     37: CAMBIAR_DIA DIA8 DIA9 EJERCICIO9
     38: HACER_EJERCICIO EJERCICIO5 DIA9 NIVEL8 NIVEL9
     39: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO6 EJERCICIO5 DIA9
```

40: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA9 NIVEL8 NIVEL9  
41: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO06 DIA9  
42: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA9 NIVEL3 NIVEL4  
43: CAMBIAR\_DIA DIA9 DIA10 EJERCICIO09  
44: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA10 NIVEL8 NIVEL9  
45: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA10  
46: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA10 NIVEL8 NIVEL9  
47: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO06 DIA10  
48: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA10 NIVEL4 NIVEL5  
49: CAMBIAR\_DIA DIA10 DIA11 EJERCICIO09  
50: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA11 NIVEL8 NIVEL9  
51: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA11  
52: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA11 NIVEL8 NIVEL9  
53: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO06 DIA11  
54: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA11 NIVEL5 NIVEL6  
55: CAMBIAR\_DIA DIA11 DIA12 EJERCICIO09  
56: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA12 NIVEL8 NIVEL9  
57: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA12  
58: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA12 NIVEL8 NIVEL9  
59: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO06 DIA12  
60: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA12 NIVEL6 NIVEL7  
61: CAMBIAR\_DIA DIA12 DIA13 EJERCICIO09  
62: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA13 NIVEL8 NIVEL9  
63: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA13  
64: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA13 NIVEL8 NIVEL9  
65: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO09 EJERCICIO06 DIA13  
66: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO09 DIA13 NIVEL7 NIVEL8

Tiempo: 0.06 segundos

Esta vez el planificador también se ha comportado correctamente y ha encontrado una solución en un tiempo menor. Esto se debe probablemente al menor número de preparadores que hay.

## Juego de pruebas extensión 3

Este juego de pruebas tiene la novedad de que hay un límite de 6 ejercicios por día, aparte de poder tener de 0 a N ejercicios preparadores y 0 o 1 ejercicios predecesores. Para hacer esta extensión, se implementó un nuevo tipo de objeto, los contadores. En este juego de pruebas hay 6 ejercicios, el ejercicio 4 tiene como preparador el ejercicio 3, el ejercicio 3 tiene como preparadores el ejercicio 1 y el ejercicio 2 y por último el ejercicio 6 tiene como ejercicio predecesor el ejercicio 5. La meta es llegar a hacer el ejercicio 4 a nivel 6 y el ejercicio 6 a nivel 6, empezando con todos los niveles de ejercicios a nivel 0.

```
step    0: HACER_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA1 NIVEL0 NIVEL1 CONT0 CONT1
        1: HACER_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA1 NIVEL0 NIVEL1 CONT1 CONT2
        2: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA1
        3: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA1 NIVEL0 NIVEL1 CONT2 CONT3
        4: HACER_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA1 NIVEL0 NIVEL1 CONT3 CONT4
        5: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA1
        6: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA1
        7: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA1 NIVEL0 NIVEL1 CONT4 CONT5
        8: HACER_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA1 NIVEL0 NIVEL1 CONT5 CONT6
        9: CAMBIAR_DIA DIA1 DIA2 EJERCICIO06
       10: HACER_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA2 NIVEL1 NIVEL2 CONT0 CONT1
       11: HACER_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA2 NIVEL1 NIVEL2 CONT1 CONT2
       12: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA2
       13: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA2 NIVEL1 NIVEL2 CONT2 CONT3
       14: HACER_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA2 NIVEL1 NIVEL2 CONT3 CONT4
       15: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA2
       16: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA2
       17: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA2 NIVEL1 NIVEL2 CONT4 CONT5
       18: HACER_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA2 NIVEL1 NIVEL2 CONT5 CONT6
       19: CAMBIAR_DIA DIA2 DIA3 EJERCICIO06
       20: HACER_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA3 NIVEL2 NIVEL3 CONT0 CONT1
       21: HACER_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA3 NIVEL2 NIVEL3 CONT1 CONT2
       22: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA3
       23: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA3 NIVEL2 NIVEL3 CONT2 CONT3
       24: HACER_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA3 NIVEL2 NIVEL3 CONT3 CONT4
       25: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA3
       26: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA3
       27: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA3 NIVEL2 NIVEL3 CONT4 CONT5
       28: HACER_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA3 NIVEL2 NIVEL3 CONT5 CONT6
       29: CAMBIAR_DIA DIA3 DIA4 EJERCICIO06
       30: HACER_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA4 NIVEL3 NIVEL4 CONT0 CONT1
       31: HACER_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA4 NIVEL3 NIVEL4 CONT1 CONT2
       32: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA4
       33: HACER_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA4 NIVEL3 NIVEL4 CONT2 CONT3
       34: HACER_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA4 NIVEL3 NIVEL4 CONT3 CONT4
       35: PREPARAR_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA4
       36: PRECEDER_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA4
       37: HACER_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA4 NIVEL3 NIVEL4 CONT4 CONT5
       38: HACER_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA4 NIVEL3 NIVEL4 CONT5 CONT6
```

39: CAMBIAR\_DIA DIA4 DIA5 EJERCICIO6  
40: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA5 NIVEL4 NIVEL5 CONT0 CONT1  
41: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA5 NIVEL4 NIVEL5 CONT1 CONT2  
42: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA5  
43: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA5 NIVEL4 NIVEL5 CONT2 CONT3  
44: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA5 NIVEL4 NIVEL5 CONT3 CONT4  
45: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA5  
46: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA5  
47: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA5 NIVEL4 NIVEL5 CONT4 CONT5  
48: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA5 NIVEL4 NIVEL5 CONT5 CONT6  
49: CAMBIAR\_DIA DIA5 DIA6 EJERCICIO06  
50: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO01 DIA6 NIVEL5 NIVEL6 CONT0 CONT1  
51: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO02 DIA6 NIVEL5 NIVEL6 CONT1 CONT2  
52: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA6  
53: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO03 DIA6 NIVEL5 NIVEL6 CONT2 CONT3  
54: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO05 DIA6 NIVEL5 NIVEL6 CONT3 CONT4  
55: PREPARAR\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA6  
56: PRECEDER\_EJERCICIO EJERCICIO06 EJERCICIO05 DIA6  
57: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO04 DIA6 NIVEL5 NIVEL6 CONT4 CONT5  
58: HACER\_EJERCICIO EJERCICIO06 DIA6 NIVEL5 NIVEL6 CONT5 CONT6

Tiempo: 2.90 segundos

Aquí podemos ver que el tiempo aumenta de forma considerable cuando pasamos a la extensión 3. Esto es debido a que para saber cuantos ejercicios hay tenemos que mantener unos contadores de ejercicios por día y aumentan las comprobaciones a la hora de intentar hacer ejercicios, puesto que no se puede superar el límite de ejercicios por día.