

# Práctica de Planificación

## Laboratorio de Inteligencia Artificial

Q2 2019 - 2020

Jordi Cluet Martinell  
Rodrigo Arian Huapaya Sierra  
Enric Lamarca Ferrés

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Dominio</b>	<b>3</b>
2.1. Requerimientos	3
2.2. Tipos de datos	4
2.3. Funciones	4
2.4. Predicados	4
2.5. Acciones	5
<b>3. Problemas</b>	<b>6</b>
3.1. Objetos	6
3.2. Estado inicial	7
3.3. Objetivo	7
<b>4. Desarrollo de los modelos</b>	<b>8</b>
<b>5. Juegos de prueba</b>	<b>9</b>
5.1. Juego de pruebas 1	10
5.2. Juego de pruebas 2	12
5.3. Juego de pruebas 3	15
5.4. Juego de pruebas 4	18
5.5. Juego de pruebas 5	20
5.6. Juego de pruebas 6	24

## 1. Introducción

Esta documentación contiene el trabajo realizado en la Práctica 3 de la asignatura de Inteligencia Artificial, que es una continuación de la práctica anterior. El objetivo de esta práctica es enfrentarse a un problema sencillo de síntesis que se puede resolver mediante un planificador en el espacio de estados para que construya la solución.

El ejercicio consiste en crear una herramienta sencilla que, basándose en los ejercicios que el usuario está realizando en este momento y su nivel de dificultad (del 1 al 10), construya un plan de entrenamiento físico quincenal con el objetivo de conseguir subir de nivel en un conjunto de ejercicios escogidos. El plan de entrenamiento ha de tener en cuenta que no se puede realizar un ejercicio con un nivel X de dificultad si no se ha realizado el mismo ejercicio con nivel de dificultad X-1 en un día anterior, y que hay ejercicios que se deben de hacer antes de otros.

En nuestro caso hemos optado por abordar todas las extensiones del problema, de manera que tenemos dos versiones: el programa con la extensión 3 y el programa con la extensión 4. Además, hemos implementado un generador automático de juegos de prueba para ambas versiones.

## 2. Dominio

Hemos implementado dos dominios ligeramente distintos, una para la extensión 3 y uno para la extensión 4. A continuación detallamos cada apartado de ambos dominios.

### 2.1. Requerimientos

Para que ambas extensiones funcionen correctamente necesitan los siguientes requerimientos:

```
(:requirements
  :strips
  :typing
  :adl
  :fluents
)
```

Con `:strips` incluimos todo lo que se permitía en el lenguaje STRIPS. Con `:typing` incluimos soporte para tipos. Con `:adl` incluimos precondiciones cuantificadas, efectos condicionales, y más. Con `:fluents` podemos operar con variables numéricas (`:functions`), como el número diario de ejercicios o la duración de cada ejercicio.

## 2.2. Tipos de datos

Hemos definido los siguientes tipos de datos en nuestro dominio, que representan los tres elementos básicos del enunciado:

- ***ejercicio***: representa un ejercicio en concreto.
- ***dia***: representa uno de los 15 días.
- ***dificultad***: representa un nivel de dificultad.

## 2.3. Funciones

Para poder operar con variables numéricas y no solo con hechos y predicados, hemos creado diferentes funciones (:functions) para cada una de las dos versiones:

### Extensión 3

- ***numero\_ej***: permite contar el número de ejercicios asignados en el día actual, ya que en esta extensión no se pueden superar los 6 ejercicios por día.

### Extensión 4

- ***duracion***: permite almacenar la duración de cada ejercicio.
- ***tiempo\_dia***: permite llevar la cuenta del tiempo total de ejercicios asignados en el día actual, ya que en esta extensión no se pueden superar los 90 minutos por día.

## 2.4. Predicados

Los predicados que hemos definido coinciden en ambas extensiones, y son los siguientes:

- ***dia\_siguiente***: establece una relación entre 2 días, indicando que el primero es anterior al segundo.
- ***precursor***: establece una relación entre 2 ejercicios indicando que el primero es el precursor del segundo.
- ***preparador***: establece una relación entre 2 ejercicios indicando que el primero es preparador del segundo.
- ***dia\_actual***: indica el día actual, se utiliza para asignar ejercicios en un día o para cambiarlo.

- **hecho\_hoy**: indica que el ejercicio se ha asignado al día actual. Esto permite mantener el conjunto de ejercicios realizados en el día actual para que no se repitan. El conjunto se resetea en cuanto se cambia de día.
- **ultimo\_ejercicio**: indica que el ejercicio es el último que se ha asignado en el día actual hasta ese momento.
- **nulo**: indica que el ejercicio es nulo. Se usa para poder operar con los ejercicios que no tienen precursor o preparadores.
- **dificultad\_siguiente**: indica la relación entre 2 dificultades en el que la segunda es el nivel siguiente al de la primera.
- **dificultad\_actual**: indica el nivel actual que tiene el usuario con cada ejercicio.

## 2.5. Acciones

Hemos definido dos tipos de acciones, una para asignar un ejercicio a un día, y otra que pasa a planificar el siguiente día (hemos acabado con un día y pasamos al siguiente).

### *asigna\_ejercicio:*

Esta acción recibe tres parámetros: el ejercicio que se quiere asignar, el nivel de dificultad con la que se va a asignar (nivel siguiente del actual) y el día en el que se va a asignar. La acción se realiza cuando se cumplen todas sus precondiciones:

- El día es el día actual.
- La dificultad actual del ejercicio es de nivel - 1 respecto a la dificultad del parámetro.
- El ejercicio en cuestión aún no se ha realizado ese día.
- Todos sus ejercicios preparadores ya se han hecho durante ese día.
- Si tiene algún ejercicio precursor, éste es el último del día.
- Solo para la extensión 3, el número de ejercicios realizados durante ese día es inferior a 6.
- Solo para la extensión 4, los minutos totales de ejercicios realizados durante el día más los minutos que dura el ejercicio a asignar son inferiores o iguales a 90 minutos.

Si el ejercicio cumple todas las precondiciones se asigna al día (añadiéndolo a la lista de ejercicios de ese día), se pone como el último ejercicio realizado y se incrementa su nivel,. Además, para la extensión 3 se incrementa el número de ejercicios realizados, y para la extensión 4 se incrementa la duración total con la duración del ejercicio en minutos.

### ***cambia\_dia:***

Esta acción recibe dos parámetros, el día actual y el siguiente. La acción se realiza cuando se cumplen todas sus precondiciones:

- El primer parámetro corresponde al día actual.
- El segundo parámetro corresponde al siguiente día.

Si se ejecuta la acción, al cambiar de día, tenemos que poner todos los ejercicios como no realizados hoy y también que no hay último ejercicio. Para la extensión 3 se resetea a 0 el número de ejercicios realizados durante el día; análogamente, para la extensión 4 se resetea el número de minutos ocupados por ejercicios a 0.

## **3. Problemas**

Para cada uno de los dos dominios correspondientes a las dos extensiones tenemos que definir diferentes problemas, que serán los que solucionará el planificador. A continuación detallamos cada elemento de los problemas de ambas extensiones:

### **3.1. Objetos**

#### Ejercicios:

El problema debe contener una serie de ejercicios, que son los que deberán ser asignados para subir su nivel de dificultad o permitir que se puedan realizar otros ejercicios. Siempre definimos un ejercicio ninguno, que será siempre nulo, para poder trabajar en aquellos casos donde un ejercicio no tiene precursor o preparadores.

ej0 ej1 ... ejN ninguno - ejercicio

#### Dificultades:

Es necesario tener una representación de cada dificultad para poder asignarla a cada ejercicio y establecer la relación entre ellas.

dif0 dif1 ... dif10 - dificultad

#### Días:

Es necesario tener una representación de cada día para poder asignarles ejercicios y mantener las transiciones entre ellos.

dia1 dia2 ... dia14 dia15 - día

### 3.2. Estado inicial

En el estado inicial se utilizan los predicados para poder empezar a desarrollar el problema:

- Lo primero es asignar un día actual por el que comenzar, y para eso se utiliza el predicado `(dia_actual dia1)`.
- Lo siguiente será usar el predicado `dia_siguiente` para establecer qué día es siguiente a otro, como por ejemplo `(dia_siguiente dia4 dia5)`.
- Después usamos el predicado `dificultad_siguiente` para establecer qué nivel de dificultad es siguiente a otro, como por ejemplo `(dificultad_siguiente dif4 dif5)`.
- A continuación en la extensión 3 y 4 se indica el nivel de dificultad inicial que tendrá cada ejercicio `(dificultad_actual ej0 dif1)`. En la extensión 4 además se indica la duración de cada ejercicio `(= duracion ej3 20)`.
- En la extensión 3 se indica cuántos ejercicios se han hecho en el día de hoy `(= (numero_ej) 0)`. Mientras que en la extensión 4 se indica el tiempo utilizado en el día actual `(= (tiempo_dia) 0)`.
- Después se indican aquellos ejercicios que son precursores o preparadores de otros `(precursor ej3 ej5) (preparador ej1 ej9)`.
- Y finalmente establecemos que el ejercicio “ninguno” es nulo `(nulo ninguno)`.

### 3.3. Objetivo

El objetivo del problema es el estado final donde se quiere llegar después de realizar toda la planificación. En nuestro caso, después de 15 días queremos tener un cierto nivel en algunos ejercicios.

```
(:goal (and (dia_actual dia15) (dificultad_actual ej2 dif7)
(dificultad_actual ej4 dif10)))
```

## 4. Desarrollo de los modelos

Para desarrollar los modelos nuestra idea inicial fue aprovechar las distintas fases y extensiones tan bien definidas en el enunciado para implementarlas de forma incremental. Ahora bien, cabe decir que, como el nivel básico y las dos primeras extensiones no nos supusieron un gran reto, hicimos dichas etapas prácticamente de una sola vez, para luego añadir las otras extensiones.

Primero añadimos la extensión 3, que sí que supuso un reto mayor al introducir el límite de 6 ejercicios por día, ya que esto implica tener que llevar la cuenta de los ejercicios asignados al día actual y, por lo tanto, tener que importar fluents para poder operar con funciones (`functions`). Esto, además, implica usar la versión avanzada del Fast Forward (`Metric-FF`).

Seguidamente reusamos la versión 2 y algunas ideas de la extensión 3 para implementar la extensión 4. No fue muy complicado, debido a que es muy parecida a la extensión 3.

El último paso fue implementar el generador automático de juegos de prueba, que nos permite crear muchos casos distintos para ambas extensiones y facilitar la creación de nuevos problemas.

Cabe decir que modificamos varias veces el dominio del problema para conseguir que el programa imprimiera para cada ejercicio asignado su nombre, dificultad con la que se asigna y día en el que se asigna. Aunque opciones distintas a la que hemos acabado implementando daban lugar a un código más limpio y entendedor, de esta forma queda más claro el plan generado por el programa.



## 5. Juegos de prueba

En este apartado presentamos algunos juegos de prueba que son útiles para comprobar el buen funcionamiento del sistema. Por otro lado, hemos implementado un script en python que nos genera juegos de prueba de manera aleatoria para poder realizar muchas más pruebas sin tenerlas que escribir a mano.

Presentamos 6 juegos de pruebas, 3 para cada extensión:

- El primer problema es irresoluble por las restricciones de la extensión.
- El segundo problema tiene una solución relativamente simple (encuentra un plan de forma prácticamente instantánea).
- El tercer problema tiene una solución relativamente complicada (tarda más de un minuto en encontrar un plan).

Para cada juego de pruebas detallamos qué es lo que intenta probar, el resultado esperado, la entrada que debe introducirse y la salida que saca el planificador. Las trazas completas de la ejecución de cada juego de pruebas se encuentran en otro fichero adjunto.

## 5.1. Juego de pruebas 1

### 5.1.1. Propósito

Su principal propósito es comprobar que la extensión 3 limita el número de ejercicios por día correctamente. Pues, en este juego de prueba definimos más de 6 ejercicios preparadores (7 ejercicios concretamente) para el ejercicio objetivo (ejercicio a subir de nivel). Debido a que no se pueden realizar más de 6 ejercicios por día, y los preparadores deben de hacerse el mismo día que el ejercicio objetivo, no debería encontrar ningún plan.

Hemos reducido el número de días (3 días en vez de 15) para reducir el tiempo de ejecución, porque al no encontrar solución tarda bastante en ejecutarse.

### 5.1.2. Resultado esperado

El planificador debería confirmar que no es posible encontrar un plan para llegar al objetivo.

### 5.1.3. Entrada

```
(:objects
  ej1 ej2 ej3 ej4 ej5 ej6 ej7 ej_goal ninguno - ejercicio
  dia1 dia2 dia3 - dia
  dif0 dif1 dif2 dif3 dif4 dif5 dif6 dif7 dif8 dif9 dif10 - dificultad
)

(:init
  (dia_actual dia1)

  (dia_siguiente dia1 dia2)
  (dia_siguiente dia2 dia3)

  (dificultad_actual ej1 dif0)
  (dificultad_actual ej2 dif0)
  (dificultad_actual ej3 dif0)
  (dificultad_actual ej4 dif0)
  (dificultad_actual ej5 dif0)
  (dificultad_actual ej6 dif0)
  (dificultad_actual ej7 dif0)
  (dificultad_actual ej_goal dif0)

  (dificultad_siguiente dif0 dif1)
  (dificultad_siguiente dif1 dif2)
  (dificultad_siguiente dif2 dif3)
  (dificultad_siguiente dif3 dif4)
  (dificultad_siguiente dif4 dif5)
  (dificultad_siguiente dif5 dif6)
  (dificultad_siguiente dif6 dif7)
  (dificultad_siguiente dif7 dif8)
```

```

(dificultad_siguiete dif8 dif9)
(dificultad_siguiete dif9 dif10)
(dificultad_siguiete dif10 dif10)

(= (numero_ej) 0)

(nulo ninguno)

(precursor ninguno ej1)
(precursor ninguno ej2)
(precursor ninguno ej3)
(precursor ninguno ej4)
(precursor ninguno ej5)
(precursor ninguno ej6)
(precursor ninguno ej7)
(precursor ninguno ej_goal)

(preparador ej1 ej_goal)
(preparador ej2 ej_goal)
(preparador ej3 ej_goal)
(preparador ej4 ej_goal)
(preparador ej5 ej_goal)
(preparador ej6 ej_goal)
(preparador ej7 ej_goal)
)

(:goal (and (dia_actual dia3) (dificultad_actual ej_goal dif1)))

```

#### 5.1.4. Salida

Enforced Hill-climbing failed !  
 switching to Best-first Search now.  
 best first search space empty! problem proven unsolvable.

## 5.2. Juego de pruebas 2

### 5.2.1. Propósito

Su principal propósito es comprobar que la extensión 3 funciona correctamente con un problema sencillo y con solución posible.

### 5.2.2. Resultado esperado

El planificador debería dar como resultado una planificación para el problema.

### 5.2.3. Entrada

```
(:objects
  ej0 ej1 ej2 ej3 ej4 ej5 ej6 ej7 ej8 ej9 ej10 ej11 ej12 ej13 ej14 ej15 ej16 ej17 ej18 ej19
  ej20 ej21 ej22 ej23 ninguno - ejercicio
  dif0 dif1 dif2 dif3 dif4 dif5 dif6 dif7 dif8 dif9 dif10 - dificultad
  dia1 dia2 dia3 dia4 dia5 dia6 dia7 dia8 dia9 dia10 dia11 dia12 dia13 dia14 dia15 - dia
)
```

```
(:init
  (dia_actual dia1)
```

```
(nulo ninguno)
```

```
(dia_siguiete dia1 dia2)
(dia_siguiete dia2 dia3)
(dia_siguiete dia3 dia4)
(dia_siguiete dia4 dia5)
(dia_siguiete dia5 dia6)
(dia_siguiete dia6 dia7)
(dia_siguiete dia7 dia8)
(dia_siguiete dia8 dia9)
(dia_siguiete dia9 dia10)
(dia_siguiete dia10 dia11)
(dia_siguiete dia11 dia12)
(dia_siguiete dia12 dia13)
(dia_siguiete dia13 dia14)
(dia_siguiete dia14 dia15)
```

```
(dificultad_siguiete dif0 dif1)
(dificultad_siguiete dif1 dif2)
(dificultad_siguiete dif2 dif3)
(dificultad_siguiete dif3 dif4)
(dificultad_siguiete dif4 dif5)
(dificultad_siguiete dif5 dif6)
(dificultad_siguiete dif6 dif7)
(dificultad_siguiete dif7 dif8)
(dificultad_siguiete dif8 dif9)
(dificultad_siguiete dif9 dif10)
```

(dificultad\_siguiente dif10 dif10)

(dificultad\_actual ej0 dif7)  
(dificultad\_actual ej1 dif10)  
(dificultad\_actual ej2 dif1)  
(dificultad\_actual ej3 dif2)  
(dificultad\_actual ej4 dif8)  
(dificultad\_actual ej5 dif6)  
(dificultad\_actual ej6 dif1)  
(dificultad\_actual ej7 dif4)  
(dificultad\_actual ej8 dif2)  
(dificultad\_actual ej9 dif4)  
(dificultad\_actual ej10 dif8)  
(dificultad\_actual ej11 dif9)  
(dificultad\_actual ej12 dif1)  
(dificultad\_actual ej13 dif7)  
(dificultad\_actual ej14 dif5)  
(dificultad\_actual ej15 dif5)  
(dificultad\_actual ej16 dif8)  
(dificultad\_actual ej17 dif3)  
(dificultad\_actual ej18 dif4)  
(dificultad\_actual ej19 dif9)  
(dificultad\_actual ej20 dif2)  
(dificultad\_actual ej21 dif2)  
(dificultad\_actual ej22 dif5)  
(dificultad\_actual ej23 dif4)

(= (numero\_ej) 0)

(precursor ninguno ej0)  
(precursor ninguno ej1)  
(precursor ninguno ej2)  
(precursor ninguno ej3)  
(precursor ninguno ej4)  
(precursor ej0 ej5)  
(precursor ninguno ej6)  
(precursor ej23 ej7)  
(precursor ninguno ej8)  
(precursor ninguno ej9)  
(precursor ninguno ej10)  
(precursor ninguno ej11)  
(precursor ninguno ej12)  
(precursor ej6 ej13)  
(precursor ninguno ej14)  
(precursor ninguno ej15)  
(precursor ninguno ej16)  
(precursor ninguno ej17)  
(precursor ej11 ej18)  
(precursor ninguno ej19)  
(precursor ninguno ej20)  
(precursor ninguno ej21)

(precursor ninguno ej22)

(precursor ninguno ej23)

(preparador ej22 ej6)

(preparador ej3 ej17)

(preparador ej20 ej19)

)

(:goal (and (dia\_actual dia15) (dificultad\_actual ej19 dif10) (dificultad\_actual ej9 dif6)  
(dificultad\_actual ej21 dif10) ))

#### 5.2.4. Salida

0: CAMBIA\_DIA DIA1 DIA2  
1: CAMBIA\_DIA DIA2 DIA3  
2: CAMBIA\_DIA DIA3 DIA4  
3: CAMBIA\_DIA DIA4 DIA5  
4: CAMBIA\_DIA DIA5 DIA6  
5: CAMBIA\_DIA DIA6 DIA7  
6: CAMBIA\_DIA DIA7 DIA8  
7: ASIGNA\_EJERCICIO EJ21 DIF3 DIA8  
8: CAMBIA\_DIA DIA8 DIA9  
9: ASIGNA\_EJERCICIO EJ21 DIF4 DIA9  
10: CAMBIA\_DIA DIA9 DIA10  
11: ASIGNA\_EJERCICIO EJ21 DIF5 DIA10  
12: CAMBIA\_DIA DIA10 DIA11  
13: ASIGNA\_EJERCICIO EJ21 DIF6 DIA11  
14: CAMBIA\_DIA DIA11 DIA12  
15: ASIGNA\_EJERCICIO EJ21 DIF7 DIA12  
16: CAMBIA\_DIA DIA12 DIA13  
17: ASIGNA\_EJERCICIO EJ21 DIF8 DIA13  
18: CAMBIA\_DIA DIA13 DIA14  
19: ASIGNA\_EJERCICIO EJ20 DIF3 DIA14  
20: ASIGNA\_EJERCICIO EJ9 DIF5 DIA14  
21: ASIGNA\_EJERCICIO EJ21 DIF9 DIA14  
22: ASIGNA\_EJERCICIO EJ19 DIF10 DIA14  
23: CAMBIA\_DIA DIA14 DIA15  
24: ASIGNA\_EJERCICIO EJ9 DIF6 DIA15  
25: ASIGNA\_EJERCICIO EJ21 DIF10 DIA15

### 5.3. Juego de pruebas 3

#### 5.3.1. Propósito

Su principal propósito es comprobar que la extensión 3 funciona correctamente con un problema más complejo y con solución posible. Al ser un problema más complejo, el tiempo de ejecución es bastante elevado (alrededor de 60 segundos).

#### 5.3.2. Resultado esperado

El planificador debería dar como resultado una planificación para el problema.

#### 5.3.3. Entrada

```
(:objects
  ej0 ej1 ej2 ej3 ej4 ej5 ej6 ej7 ej8 ej9 ej10 ej11 ej12 ej13 ej14 ej15 ej16 ej17 ej18 ej19 ninguno
  - ejercicio
  dif0 dif1 dif2 dif3 dif4 dif5 dif6 dif7 dif8 dif9 dif10 - dificultad
  dia1 dia2 dia3 dia4 dia5 dia6 dia7 dia8 dia9 dia10 dia11 dia12 dia13 dia14 dia15 - dia
)

(:init
  (dia_actual dia1)

  (nulo ninguno)

  (dia_siguiente dia1 dia2)
  (dia_siguiente dia2 dia3)
  (dia_siguiente dia3 dia4)
  (dia_siguiente dia4 dia5)
  (dia_siguiente dia5 dia6)
  (dia_siguiente dia6 dia7)
  (dia_siguiente dia7 dia8)
  (dia_siguiente dia8 dia9)
  (dia_siguiente dia9 dia10)
  (dia_siguiente dia10 dia11)
  (dia_siguiente dia11 dia12)
  (dia_siguiente dia12 dia13)
  (dia_siguiente dia13 dia14)
  (dia_siguiente dia14 dia15)

  (dificultad_siguiente dif0 dif1)
  (dificultad_siguiente dif1 dif2)
  (dificultad_siguiente dif2 dif3)
  (dificultad_siguiente dif3 dif4)
  (dificultad_siguiente dif4 dif5)
  (dificultad_siguiente dif5 dif6)
  (dificultad_siguiente dif6 dif7)
  (dificultad_siguiente dif7 dif8)
  (dificultad_siguiente dif8 dif9)
  (dificultad_siguiente dif9 dif10)
```

(dificultad\_siguiente dif10 dif10)

(dificultad\_actual ej0 dif1)  
(dificultad\_actual ej1 dif6)  
(dificultad\_actual ej2 dif5)  
(dificultad\_actual ej3 dif3)  
(dificultad\_actual ej4 dif5)  
(dificultad\_actual ej5 dif4)  
(dificultad\_actual ej6 dif2)  
(dificultad\_actual ej7 dif3)  
(dificultad\_actual ej8 dif1)  
(dificultad\_actual ej9 dif6)  
(dificultad\_actual ej10 dif2)  
(dificultad\_actual ej11 dif4)  
(dificultad\_actual ej12 dif4)  
(dificultad\_actual ej13 dif9)  
(dificultad\_actual ej14 dif7)  
(dificultad\_actual ej15 dif7)  
(dificultad\_actual ej16 dif1)  
(dificultad\_actual ej17 dif8)  
(dificultad\_actual ej18 dif2)  
(dificultad\_actual ej19 dif5)

(= (numero\_ej) 0)

(precursor ninguno ej0)  
(precursor ninguno ej1)  
(precursor ninguno ej2)  
(precursor ninguno ej3)  
(precursor ninguno ej4)  
(precursor ej0 ej5)  
(precursor ninguno ej6)  
(precursor ninguno ej7)  
(precursor ninguno ej8)  
(precursor ninguno ej9)  
(precursor ninguno ej10)  
(precursor ej14 ej11)  
(precursor ej17 ej12)  
(precursor ninguno ej13)  
(precursor ninguno ej14)  
(precursor ninguno ej15)  
(precursor ej11 ej16)  
(precursor ninguno ej17)  
(precursor ninguno ej18)  
(precursor ninguno ej19)

(preparador ej18 ej4)  
(preparador ej16 ej12)  
(preparador ej13 ej12)

)



```
(:goal (and (dia_actual dia15) (dificultad_actual ej15 dif9) (dificultad_actual ej0 dif7)
(dificultad_actual ej10 dif10) )
)
```

#### 5.3.4. Salida

```
0: ASIGNA_EJERCICIO EJ0 DIF2 DIA1
1: ASIGNA_EJERCICIO EJ10 DIF3 DIA1
2: ASIGNA_EJERCICIO EJ15 DIF8 DIA1
3: CAMBIA_DIA DIA1 DIA2
4: ASIGNA_EJERCICIO EJ0 DIF3 DIA2
5: ASIGNA_EJERCICIO EJ10 DIF4 DIA2
6: ASIGNA_EJERCICIO EJ15 DIF9 DIA2
7: CAMBIA_DIA DIA2 DIA3
8: ASIGNA_EJERCICIO EJ0 DIF4 DIA3
9: ASIGNA_EJERCICIO EJ10 DIF5 DIA3
10: CAMBIA_DIA DIA3 DIA4
11: ASIGNA_EJERCICIO EJ0 DIF5 DIA4
12: ASIGNA_EJERCICIO EJ10 DIF6 DIA4
13: CAMBIA_DIA DIA4 DIA5
14: ASIGNA_EJERCICIO EJ0 DIF6 DIA5
15: ASIGNA_EJERCICIO EJ10 DIF7 DIA5
16: CAMBIA_DIA DIA5 DIA6
17: ASIGNA_EJERCICIO EJ0 DIF7 DIA6
18: ASIGNA_EJERCICIO EJ10 DIF8 DIA6
19: CAMBIA_DIA DIA6 DIA7
20: ASIGNA_EJERCICIO EJ10 DIF9 DIA7
21: CAMBIA_DIA DIA7 DIA8
22: ASIGNA_EJERCICIO EJ10 DIF10 DIA8
23: CAMBIA_DIA DIA8 DIA9
24: CAMBIA_DIA DIA9 DIA10
25: CAMBIA_DIA DIA10 DIA11
26: CAMBIA_DIA DIA11 DIA12
27: CAMBIA_DIA DIA12 DIA13
28: CAMBIA_DIA DIA13 DIA14
29: CAMBIA_DIA DIA14 DIA15
```

## 5.4. Juego de pruebas 4

### 5.4.1. Propósito

Su principal propósito es comprobar que la extensión 4 limita correctamente el tiempo máximo para realizar ejercicios por día. Para ello, ponemos 2 ejercicios con duración de 50 minutos que son preparadores del ejercicio objetivo, que tiene duración de 15 minutos. Como los ejercicios preparadores tienen que hacerse en el mismo día que el ejercicio objetivo, está claro que la suma de sus tiempos es superior al tiempo máximo de ejercicios por día (90 minutos). Por lo tanto, no debería encontrar ningún plan posible.

### 5.4.2. Resultado esperado

El planificador no debería encontrar un plan para el problema.

### 5.4.3. Entrada

```
(:objects
  ej1 ej2 ej_goal ninguno - ejercicio
  dia1 dia2 dia3 dia4 dia5 dia6 dia7 dia8 dia9 dia10 dia11 dia12 dia13 dia14 dia15 - dia
  dif0 dif1 dif2 dif3 dif4 dif5 dif6 dif7 dif8 dif9 dif10 - dificultad
)

(:init
  (dia_actual dia1)

  (dia_siguiente dia1 dia2)
  (dia_siguiente dia2 dia3)
  (dia_siguiente dia3 dia4)
  (dia_siguiente dia4 dia5)
  (dia_siguiente dia5 dia6)
  (dia_siguiente dia6 dia7)
  (dia_siguiente dia7 dia8)
  (dia_siguiente dia8 dia9)
  (dia_siguiente dia9 dia10)
  (dia_siguiente dia10 dia11)
  (dia_siguiente dia11 dia12)
  (dia_siguiente dia12 dia13)
  (dia_siguiente dia13 dia14)
  (dia_siguiente dia14 dia15)

  (dificultad_actual ej1 dif0)
  (dificultad_actual ej2 dif0)
  (dificultad_actual ej_goal dif0)

  (dificultad_siguiente dif0 dif1)
  (dificultad_siguiente dif1 dif2)
  (dificultad_siguiente dif2 dif3)
```

```

(dificultad_siguiete dif3 dif4)
(dificultad_siguiete dif4 dif5)
(dificultad_siguiete dif5 dif6)
(dificultad_siguiete dif6 dif7)
(dificultad_siguiete dif7 dif8)
(dificultad_siguiete dif8 dif9)
(dificultad_siguiete dif9 dif10)
(dificultad_siguiete dif10 dif10)

(= (duracion ej1) 50)
(= (duracion ej2) 50)
(= (duracion ej_goal) 15)

(= (tiempo_dia) 0)

(nulo ninguno)

(precursor ninguno ej1)
(precursor ninguno ej2)
(precursor ninguno ej_goal)

(preparador ej1 ej_goal)
(preparador ej2 ej_goal)
)

(:goal (and (dia_actual dia15) (dificultad_actual ej_goal dif2)))

```

#### 5.4.4. Salida

Enforced Hill-climbing failed !  
 switching to Best-first Search now.  
 best first search space empty! problem proven unsolvable.

## 5.5. Juego de pruebas 5

### 5.5.1. Propósito

Su principal propósito es comprobar que la extensión 4 funciona correctamente y encuentra un plan para un problema relativamente sencillo.

### 5.5.2. Resultado esperado

El planificador debería encontrar un plan para el problema.

### 5.5.3. Entrada

```
(:objects
  ej0 ej1 ej2 ej3 ej4 ej5 ej6 ej7 ej8 ej9 ej10 ej11 ej12 ej13 ej14 ej15 ej16 ej17 ej18 ej19 ej20 ej21
  ej22 ej23 ej24 ninguno - ejercicio
  dif0 dif1 dif2 dif3 dif4 dif5 dif6 dif7 dif8 dif9 dif10 - dificultad
  dia1 dia2 dia3 dia4 dia5 dia6 dia7 dia8 dia9 dia10 dia11 dia12 dia13 dia14 dia15 - dia
)
```

```
(:init
  (dia_actual dia1)
```

```
(nulo ninguno)
```

```
(dia_siguiete dia1 dia2)
(dia_siguiete dia2 dia3)
(dia_siguiete dia3 dia4)
(dia_siguiete dia4 dia5)
(dia_siguiete dia5 dia6)
(dia_siguiete dia6 dia7)
(dia_siguiete dia7 dia8)
(dia_siguiete dia8 dia9)
(dia_siguiete dia9 dia10)
(dia_siguiete dia10 dia11)
(dia_siguiete dia11 dia12)
(dia_siguiete dia12 dia13)
(dia_siguiete dia13 dia14)
(dia_siguiete dia14 dia15)
```

```
(dificultad_siguiete dif0 dif1)
(dificultad_siguiete dif1 dif2)
(dificultad_siguiete dif2 dif3)
(dificultad_siguiete dif3 dif4)
(dificultad_siguiete dif4 dif5)
(dificultad_siguiete dif5 dif6)
(dificultad_siguiete dif6 dif7)
(dificultad_siguiete dif7 dif8)
(dificultad_siguiete dif8 dif9)
(dificultad_siguiete dif9 dif10)
```

(dificultad\_siguiente dif10 dif10)

(dificultad\_actual ej0 dif9)  
(dificultad\_actual ej1 dif3)  
(dificultad\_actual ej2 dif9)  
(dificultad\_actual ej3 dif2)  
(dificultad\_actual ej4 dif7)  
(dificultad\_actual ej5 dif9)  
(dificultad\_actual ej6 dif4)  
(dificultad\_actual ej7 dif7)  
(dificultad\_actual ej8 dif3)  
(dificultad\_actual ej9 dif7)  
(dificultad\_actual ej10 dif9)  
(dificultad\_actual ej11 dif10)  
(dificultad\_actual ej12 dif2)  
(dificultad\_actual ej13 dif5)  
(dificultad\_actual ej14 dif10)  
(dificultad\_actual ej15 dif10)  
(dificultad\_actual ej16 dif3)  
(dificultad\_actual ej17 dif5)  
(dificultad\_actual ej18 dif1)  
(dificultad\_actual ej19 dif9)  
(dificultad\_actual ej20 dif3)  
(dificultad\_actual ej21 dif6)  
(dificultad\_actual ej22 dif8)  
(dificultad\_actual ej23 dif7)  
(dificultad\_actual ej24 dif1)

(= (duracion ej0) 5)  
(= (duracion ej1) 20)  
(= (duracion ej2) 10)  
(= (duracion ej3) 5)  
(= (duracion ej4) 15)  
(= (duracion ej5) 15)  
(= (duracion ej6) 5)  
(= (duracion ej7) 20)  
(= (duracion ej8) 10)  
(= (duracion ej9) 25)  
(= (duracion ej10) 10)  
(= (duracion ej11) 10)  
(= (duracion ej12) 20)  
(= (duracion ej13) 30)  
(= (duracion ej14) 15)  
(= (duracion ej15) 25)  
(= (duracion ej16) 15)  
(= (duracion ej17) 20)  
(= (duracion ej18) 10)  
(= (duracion ej19) 25)  
(= (duracion ej20) 20)  
(= (duracion ej21) 20)  
(= (duracion ej22) 5)

(= (duracion ej23) 20)

(= (duracion ej24) 15)

(= (tiempo\_dia) 0)

(precursor ninguno ej0)

(precursor ninguno ej1)

(precursor ej11 ej2)

(precursor ninguno ej3)

(precursor ej6 ej4)

(precursor ej23 ej5)

(precursor ninguno ej6)

(precursor ninguno ej7)

(precursor ninguno ej8)

(precursor ninguno ej9)

(precursor ninguno ej10)

(precursor ninguno ej11)

(precursor ninguno ej12)

(precursor ninguno ej13)

(precursor ninguno ej14)

(precursor ninguno ej15)

(precursor ninguno ej16)

(precursor ninguno ej17)

(precursor ninguno ej18)

(precursor ninguno ej19)

(precursor ninguno ej20)

(precursor ej13 ej21)

(precursor ninguno ej22)

(precursor ninguno ej23)

(precursor ninguno ej24)

(preparador ej17 ej8)

(preparador ej9 ej17)

(preparador ej24 ej18)

)

(:goal (and (dia\_actual dia15) (dificultad\_actual ej10 dif10) (dificultad\_actual ej20 dif9)  
(dificultad\_actual ej21 dif7) ))

#### 5.5.4. Salida

0: CAMBIA\_DIA DIA1 DIA2

1: CAMBIA\_DIA DIA2 DIA3

2: CAMBIA\_DIA DIA3 DIA4

3: CAMBIA\_DIA DIA4 DIA5

4: CAMBIA\_DIA DIA5 DIA6

5: CAMBIA\_DIA DIA6 DIA7

6: CAMBIA\_DIA DIA7 DIA8

7: CAMBIA\_DIA DIA8 DIA9

8: CAMBIA\_DIA DIA9 DIA10  
9: ASIGNA\_EJERCICIO EJ20 DIF4 DIA10  
10: CAMBIA\_DIA DIA10 DIA11  
11: ASIGNA\_EJERCICIO EJ20 DIF5 DIA11  
12: CAMBIA\_DIA DIA11 DIA12  
13: ASIGNA\_EJERCICIO EJ20 DIF6 DIA12  
14: CAMBIA\_DIA DIA12 DIA13  
15: ASIGNA\_EJERCICIO EJ20 DIF7 DIA13  
16: CAMBIA\_DIA DIA13 DIA14  
17: ASIGNA\_EJERCICIO EJ20 DIF8 DIA14  
18: CAMBIA\_DIA DIA14 DIA15  
19: ASIGNA\_EJERCICIO EJ13 DIF6 DIA15  
20: ASIGNA\_EJERCICIO EJ21 DIF7 DIA15  
21: ASIGNA\_EJERCICIO EJ10 DIF10 DIA15  
22: ASIGNA\_EJERCICIO EJ20 DIF9 DIA15

## 5.6. Juego de pruebas 6

### 5.6.1. Propósito

Su principal propósito es comprobar que la extensión 4 funciona correctamente y encuentra un plan para un problema complejo. Al ser un problema más complejo, el tiempo de ejecución es bastante elevado (alrededor de 80 segundos).

### 5.6.2. Resultado esperado

El planificador debería encontrar un plan para el problema.

### 5.6.3. Entrada

```
(:objects
  ej0 ej1 ej2 ej3 ej4 ej5 ej6 ej7 ej8 ej9 ej10 ej11 ej12 ej13 ej14 ej15 ej16 ej17 ej18 ej19 ej20 ej21
  ej22 ninguno - ejercicio
  dif0 dif1 dif2 dif3 dif4 dif5 dif6 dif7 dif8 dif9 dif10 - dificultad
  dia1 dia2 dia3 dia4 dia5 dia6 dia7 dia8 dia9 dia10 dia11 dia12 dia13 dia14 dia15 - dia
)
(:init
  (dia_actual dia1)

  (nulo ninguno)

  (dia_siguiete dia1 dia2)
  (dia_siguiete dia2 dia3)
  (dia_siguiete dia3 dia4)
  (dia_siguiete dia4 dia5)
  (dia_siguiete dia5 dia6)
  (dia_siguiete dia6 dia7)
  (dia_siguiete dia7 dia8)
  (dia_siguiete dia8 dia9)
  (dia_siguiete dia9 dia10)
  (dia_siguiete dia10 dia11)
  (dia_siguiete dia11 dia12)
  (dia_siguiete dia12 dia13)
  (dia_siguiete dia13 dia14)
  (dia_siguiete dia14 dia15)

  (dificultad_siguiete dif0 dif1)
  (dificultad_siguiete dif1 dif2)
  (dificultad_siguiete dif2 dif3)
  (dificultad_siguiete dif3 dif4)
  (dificultad_siguiete dif4 dif5)
  (dificultad_siguiete dif5 dif6)
  (dificultad_siguiete dif6 dif7)
  (dificultad_siguiete dif7 dif8)
  (dificultad_siguiete dif8 dif9)
  (dificultad_siguiete dif9 dif10)
```



(dificultad\_siguiente dif10 dif10)

(dificultad\_actual ej0 dif4)  
(dificultad\_actual ej1 dif4)  
(dificultad\_actual ej2 dif4)  
(dificultad\_actual ej3 dif5)  
(dificultad\_actual ej4 dif4)  
(dificultad\_actual ej5 dif8)  
(dificultad\_actual ej6 dif7)  
(dificultad\_actual ej7 dif10)  
(dificultad\_actual ej8 dif8)  
(dificultad\_actual ej9 dif2)  
(dificultad\_actual ej10 dif4)  
(dificultad\_actual ej11 dif9)  
(dificultad\_actual ej12 dif6)  
(dificultad\_actual ej13 dif4)  
(dificultad\_actual ej14 dif4)  
(dificultad\_actual ej15 dif2)  
(dificultad\_actual ej16 dif1)  
(dificultad\_actual ej17 dif2)  
(dificultad\_actual ej18 dif10)  
(dificultad\_actual ej19 dif8)  
(dificultad\_actual ej20 dif10)  
(dificultad\_actual ej21 dif10)  
(dificultad\_actual ej22 dif6)

(= (duracion ej0) 20)  
(= (duracion ej1) 30)  
(= (duracion ej2) 15)  
(= (duracion ej3) 25)  
(= (duracion ej4) 20)  
(= (duracion ej5) 5)  
(= (duracion ej6) 25)  
(= (duracion ej7) 5)  
(= (duracion ej8) 20)  
(= (duracion ej9) 25)  
(= (duracion ej10) 30)  
(= (duracion ej11) 10)  
(= (duracion ej12) 5)  
(= (duracion ej13) 25)  
(= (duracion ej14) 15)  
(= (duracion ej15) 20)  
(= (duracion ej16) 20)  
(= (duracion ej17) 25)  
(= (duracion ej18) 5)  
(= (duracion ej19) 5)  
(= (duracion ej20) 5)  
(= (duracion ej21) 15)  
(= (duracion ej22) 20)

(= (tiempo\_dia) 0)

(precursor ninguno ej0)  
 (precursor ninguno ej1)  
 (precursor ninguno ej2)  
 (precursor ninguno ej3)  
 (precursor ninguno ej4)  
 (precursor ninguno ej5)  
 (precursor ninguno ej6)  
 (precursor ej10 ej7)  
 (precursor ninguno ej8)  
 (precursor ninguno ej9)  
 (precursor ninguno ej10)  
 (precursor ej16 ej11)  
 (precursor ninguno ej12)  
 (precursor ninguno ej13)  
 (precursor ninguno ej14)  
 (precursor ninguno ej15)  
 (precursor ninguno ej16)  
 (precursor ninguno ej17)  
 (precursor ninguno ej18)  
 (precursor ninguno ej19)  
 (precursor ninguno ej20)  
 (precursor ej10 ej21)  
 (precursor ninguno ej22)

(preparador ej22 ej8)  
 (preparador ej21 ej9)  
 (preparador ej2 ej20)

)

(:goal (and (dia\_actual dia15) (dificultad\_actual ej2 dif9) (dificultad\_actual ej10 dif10)  
 (dificultad\_actual ej14 dif9) (dificultad\_actual ej7 dif10) ))

#### 5.6.4. Salida

0: ASIGNA\_EJERCICIO EJ2 DIF5 DIA1  
 1: ASIGNA\_EJERCICIO EJ10 DIF5 DIA1  
 2: ASIGNA\_EJERCICIO EJ14 DIF5 DIA1  
 3: CAMBIA\_DIA DIA1 DIA2  
 4: ASIGNA\_EJERCICIO EJ2 DIF6 DIA2  
 5: ASIGNA\_EJERCICIO EJ10 DIF6 DIA2  
 6: ASIGNA\_EJERCICIO EJ14 DIF6 DIA2  
 7: CAMBIA\_DIA DIA2 DIA3  
 8: ASIGNA\_EJERCICIO EJ2 DIF7 DIA3  
 9: ASIGNA\_EJERCICIO EJ10 DIF7 DIA3  
 10: ASIGNA\_EJERCICIO EJ14 DIF7 DIA3  
 11: CAMBIA\_DIA DIA3 DIA4  
 12: ASIGNA\_EJERCICIO EJ2 DIF8 DIA4

13: ASIGNA\_EJERCICIO EJ10 DIF8 DIA4  
14: ASIGNA\_EJERCICIO EJ14 DIF8 DIA4  
15: CAMBIA\_DIA DIA4 DIA5  
16: ASIGNA\_EJERCICIO EJ2 DIF9 DIA5  
17: ASIGNA\_EJERCICIO EJ10 DIF9 DIA5  
18: ASIGNA\_EJERCICIO EJ14 DIF9 DIA5  
19: CAMBIA\_DIA DIA5 DIA6  
20: ASIGNA\_EJERCICIO EJ10 DIF10 DIA6  
21: CAMBIA\_DIA DIA6 DIA7  
22: CAMBIA\_DIA DIA7 DIA8  
23: CAMBIA\_DIA DIA8 DIA9  
24: CAMBIA\_DIA DIA9 DIA10  
25: CAMBIA\_DIA DIA10 DIA11  
26: CAMBIA\_DIA DIA11 DIA12  
27: CAMBIA\_DIA DIA12 DIA13  
28: CAMBIA\_DIA DIA13 DIA14  
29: CAMBIA\_DIA DIA14 DIA15