

***SOLUCIONES A LOS EXÁMENES  
DE  
JUNIO DE 2004***

Asignatura: ***Introducción a la Inteligencia Artificial***

***Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas***

***U.N.E.D.***

Un sistema puede encontrarse en un conjunto de estados  $\{S_0, \dots, S_7, S_8\}$ . Su estado inicial es  $S_0$  y los estados meta son  $S_7$  y  $S_8$ . Describir los pasos que componen cada una de las siguientes estrategias de búsqueda del estado meta a partir de  $S_0$ : a) *búsqueda en amplitud*, b) *búsqueda en profundidad*, c) *búsqueda en profundidad progresiva*, d) *búsqueda bidireccional*, e) *método del gradiente*, f) *búsqueda primero el mejor* y g) *algoritmo  $A^*$* . Considérense los siguientes operadores y costes asociados a cada operador:

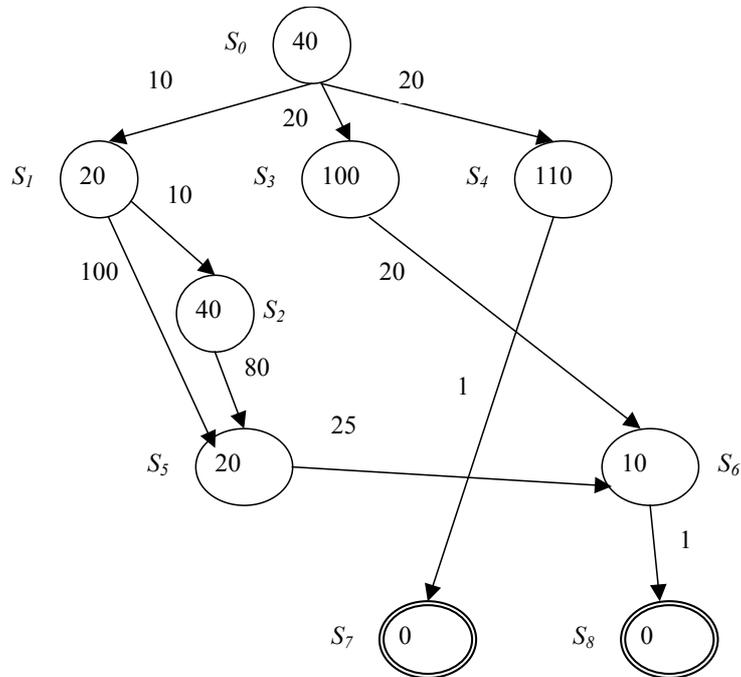
- |                                       |  |                                       |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|
| OP1: $S_0 \rightarrow S_1$ (coste 10) | OP2: $S_1 \rightarrow S_2$ (coste 10)  | OP3: $S_0 \rightarrow S_3$ (coste 20) |
| OP4: $S_0 \rightarrow S_4$ (coste 20) | OP5: $S_1 \rightarrow S_5$ (coste 100) | OP6: $S_2 \rightarrow S_5$ (coste 80) |
| OP7: $S_5 \rightarrow S_6$ (coste 25) | OP8: $S_3 \rightarrow S_6$ (coste 20)  | OP9: $S_4 \rightarrow S_7$ (coste 1)  |
| OP10: $S_6 \rightarrow S_8$ (coste 1) |  |                                       |

Considérense también los siguientes valores de la función heurística  $h$  que estima el menor coste desde cada nodo a un nodo meta:

- |             |              |             |
|-------------|--------------|-------------|
| $h(S_0)=40$ | $h(S_3)=100$ | $h(S_6)=10$ |
| $h(S_1)=20$ | $h(S_4)=110$ | $h(S_7)=0$  |
| $h(S_2)=40$ | $h(S_5)=20$  | $h(S_8)=0$  |

SOLUCIÓN:

El grafo del problema es el que se muestra en la siguiente figura:

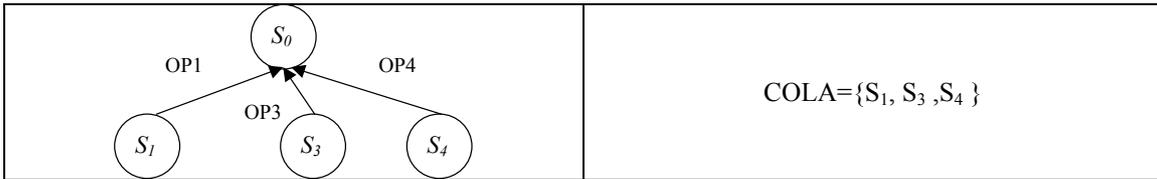


**a) Búsqueda en amplitud**

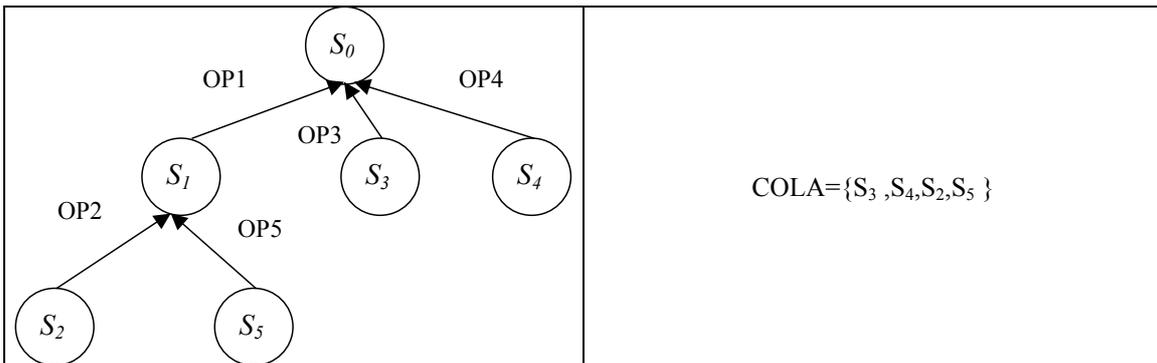
**PASO 1: Situación inicial**



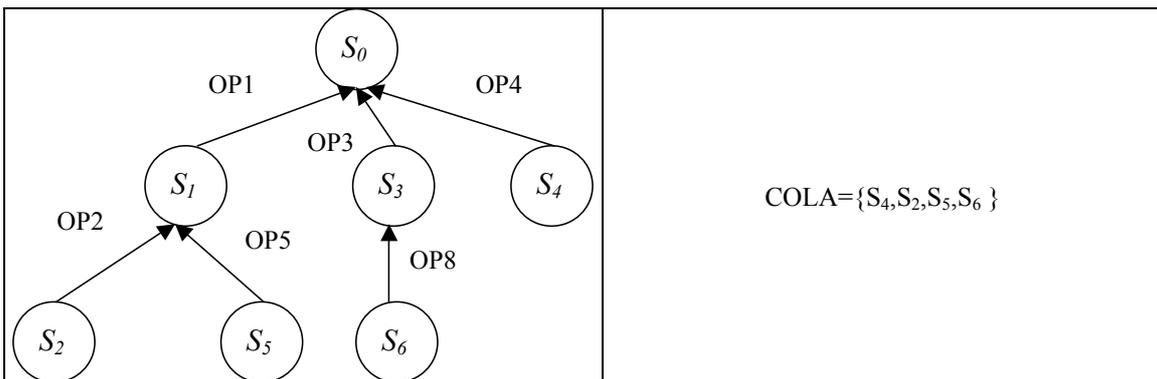
**PASO 2:** Se expande  $S_0$



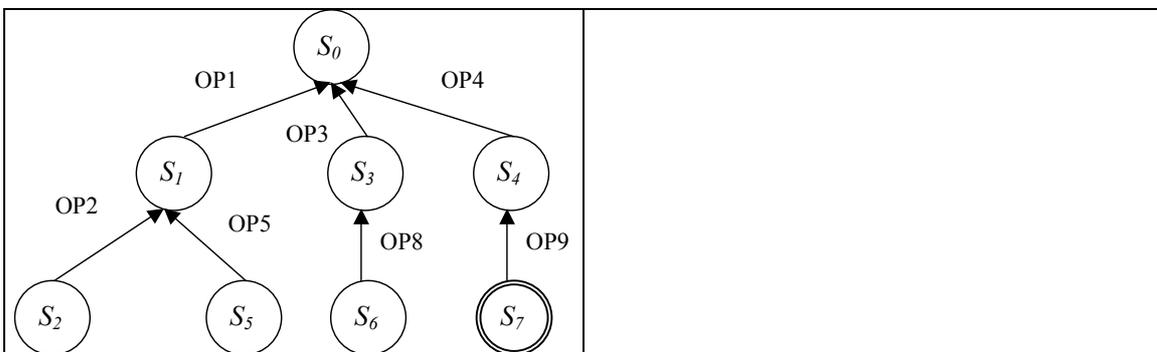
**PASO 3:** Se expande  $S_1$



**PASO 4:** Se expande  $S_3$



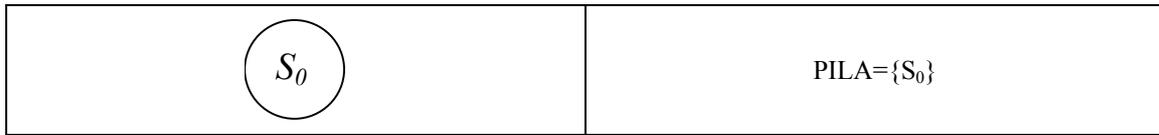
**PASO 5:** Se expande  $S_4$



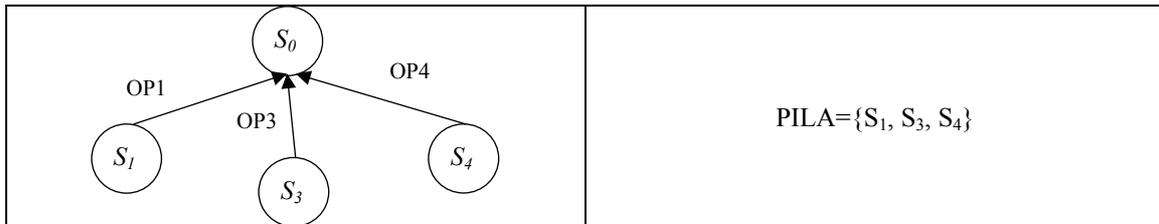
Camino solución:  $S_0 \rightarrow S_4 \rightarrow S_7$

**b) Búsqueda en profundidad**

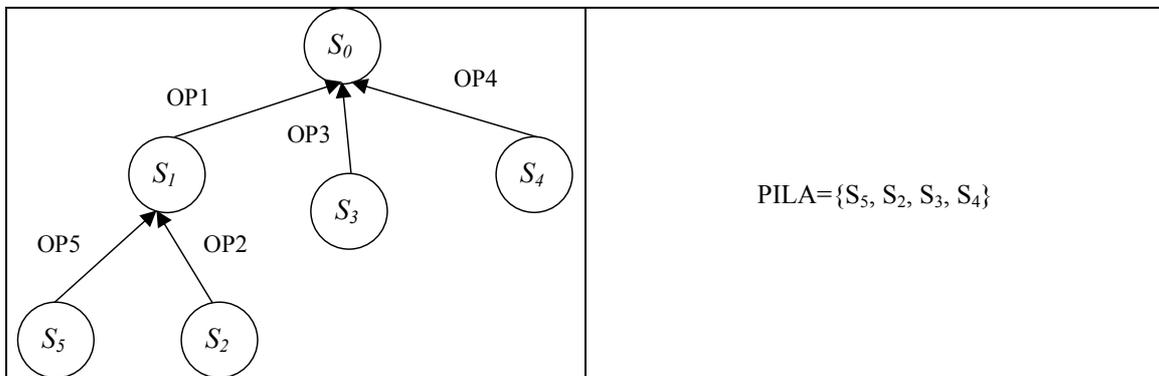
**PASO 1: Situación inicial**



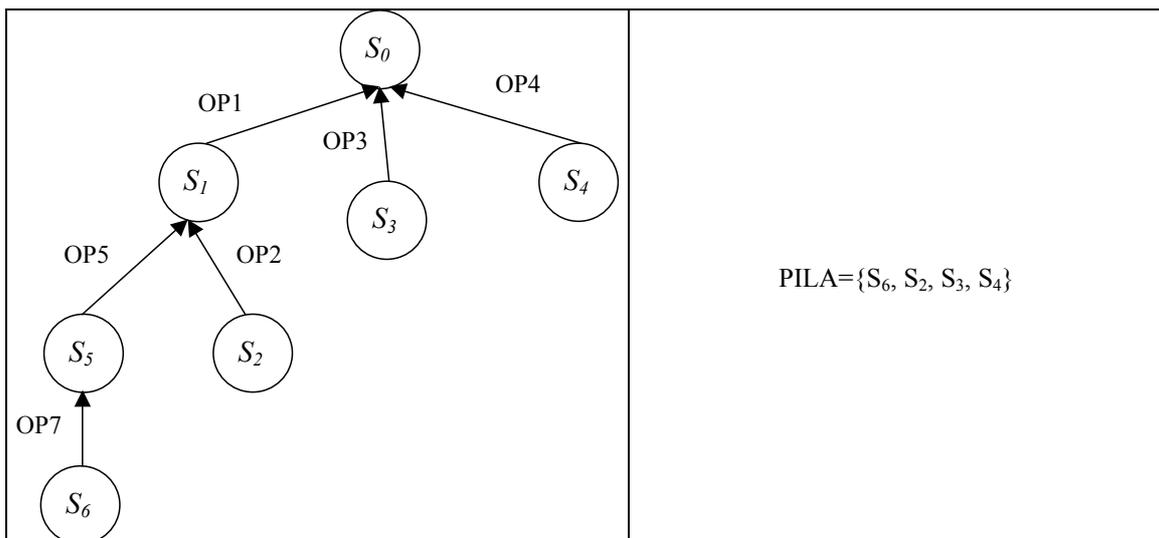
**PASO 2: Se expande  $S_0$**



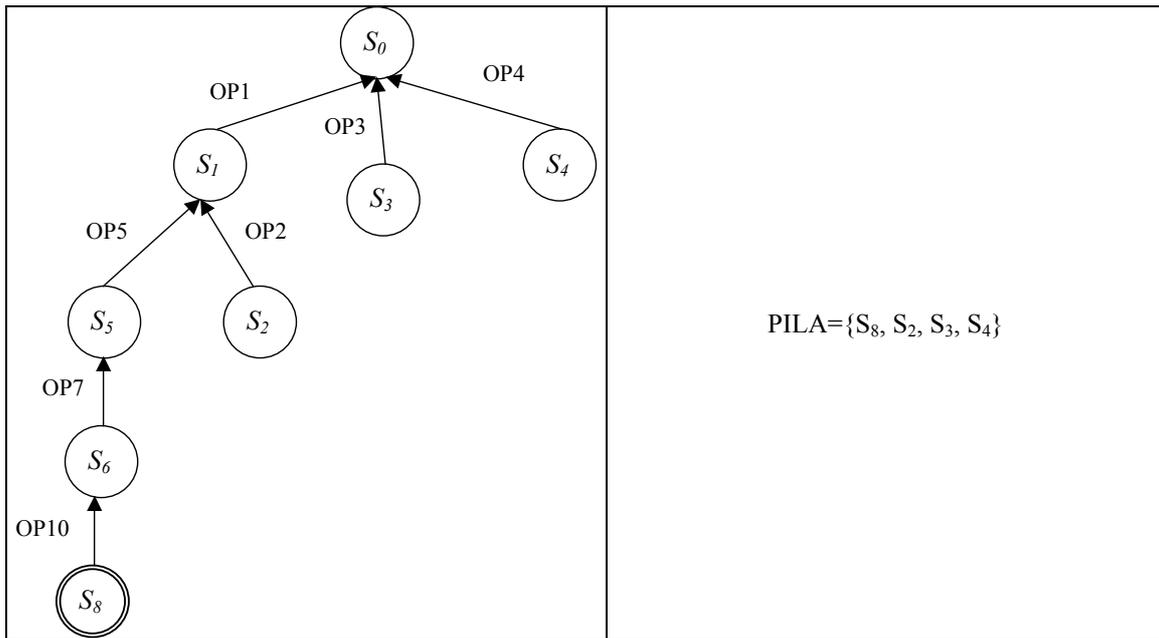
**PASO 3: Se expande  $S_1$**



**PASO 4: Se expande  $S_5$**



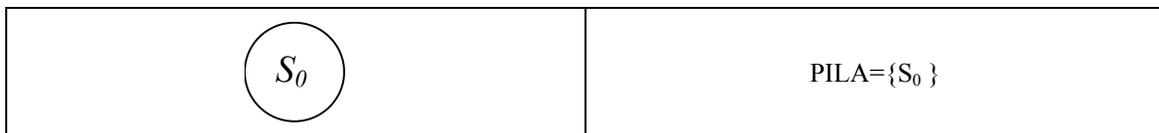
**PASO 5: Se expande  $S_6$**



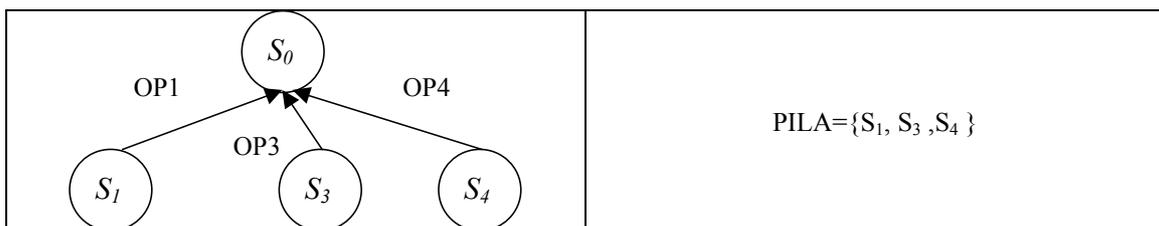
Camino Solución:  $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_5 \rightarrow S_6 \rightarrow S_8$

**c) Búsqueda en profundidad progresiva**

**PASO 1 ( $lp=1$ ): Situación inicial**

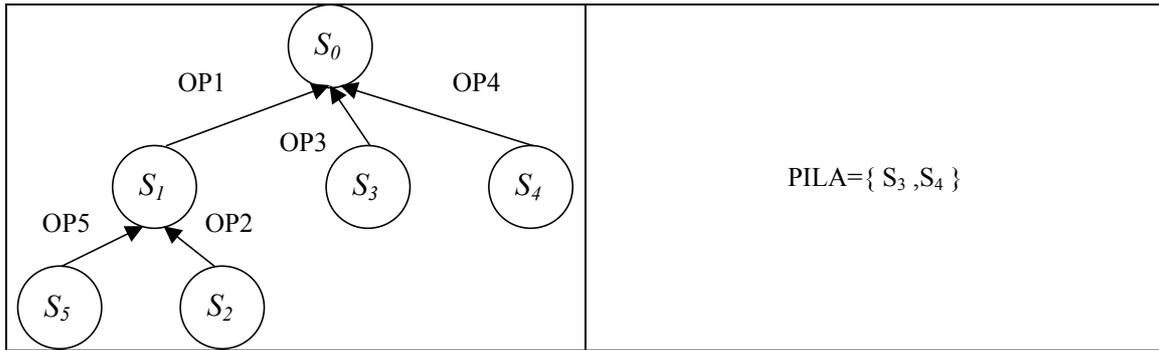


**PASO 2 ( $lp=1$ ): Se expande  $S_0$**

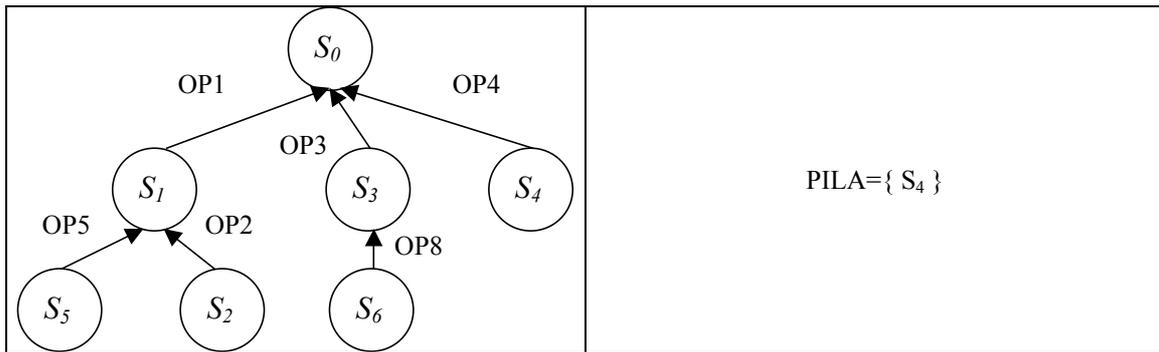


**PASO 3 ( $lp=2$ ):**

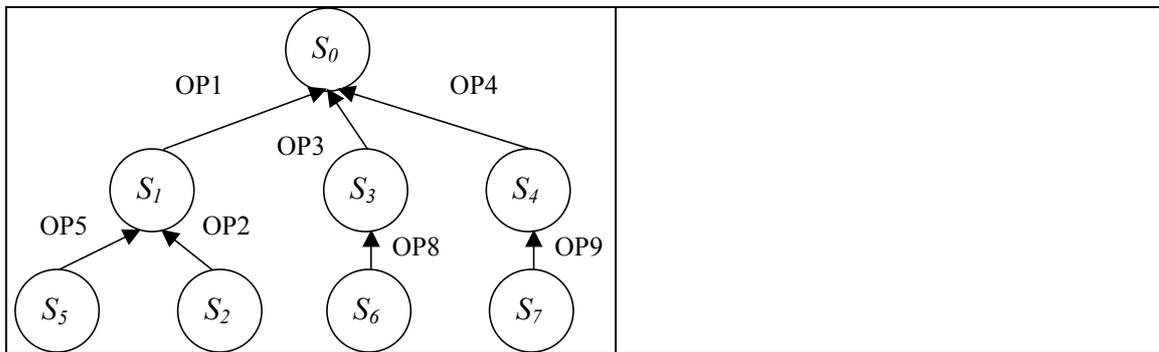
- a) Se repiten PASO 1 y PASO 2
- b) Se expande  $S_1$



**PASO 4 (lp=2):** Se expande  $S_3$



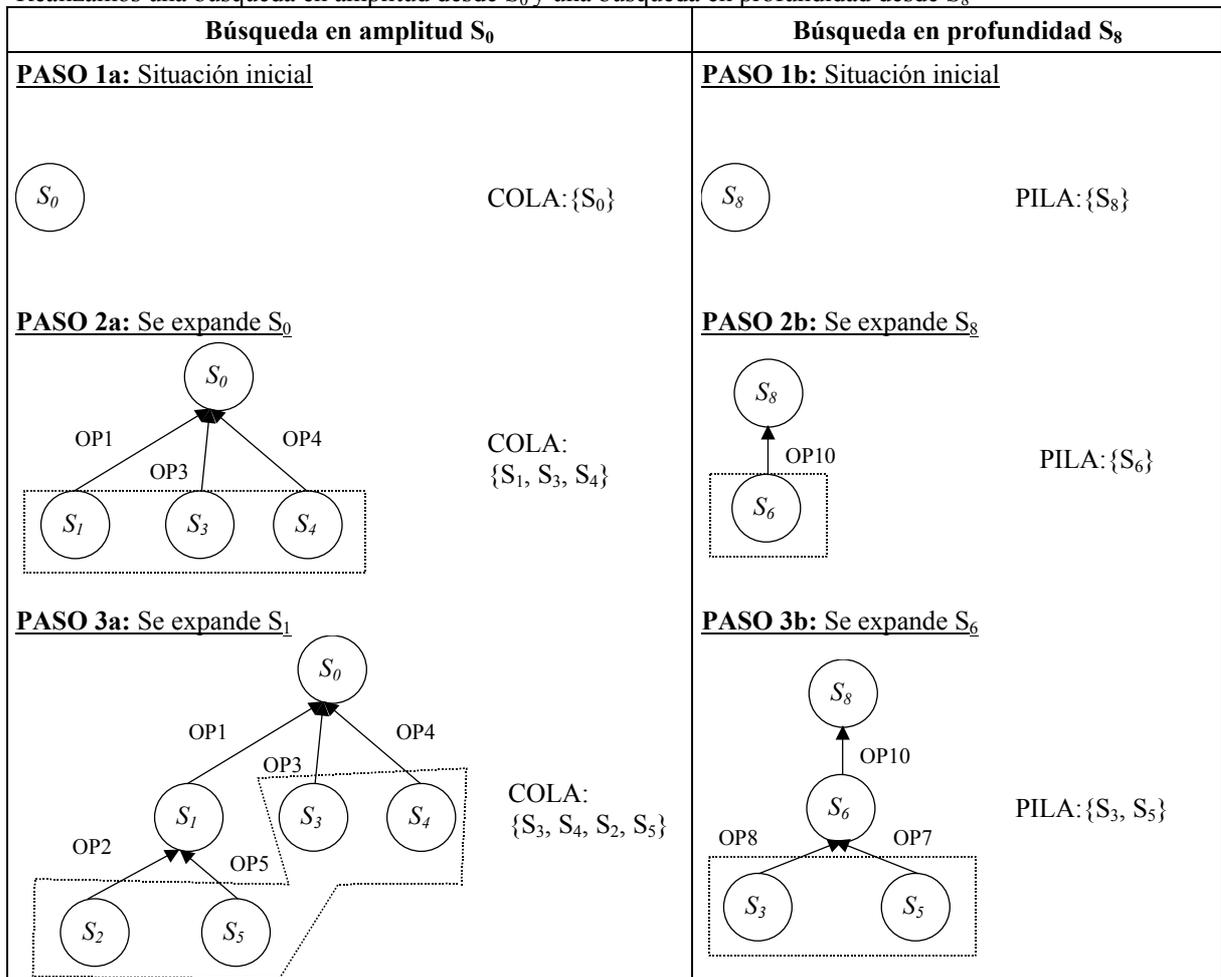
**PASO 5 (lp=2):** Se expande  $S_4$



Camino Solución:  $S_0 \rightarrow S_4 \rightarrow S_7$

### d) Búsqueda bidireccional

Realizamos una búsqueda en amplitud desde  $S_0$  y una búsqueda en profundidad desde  $S_8$



Al final del PASO 3 hemos encontrado dos soluciones. Una por  $S_3$  y otra por  $S_5$

Camino Solución 1:  $S_0 \rightarrow S_3 \rightarrow S_6 \rightarrow S_8$

Camino Solución 2:  $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_5 \rightarrow S_6 \rightarrow S_8$

### e) Método del gradiente

#### PASO 1: Situación inicial

Elegido:  $S_0$  (40)

Camino parcial hallado:  $\{ S_0 \}$

#### PASO 2: Se expande $S_0$

Sucesores de  $S_0$ :  $\{ S_1(20), S_3(100), S_4(110) \}$

Elegido:  $S_1$  (20)

Camino parcial hallado:  $\{ S_0 \rightarrow S_1 \}$

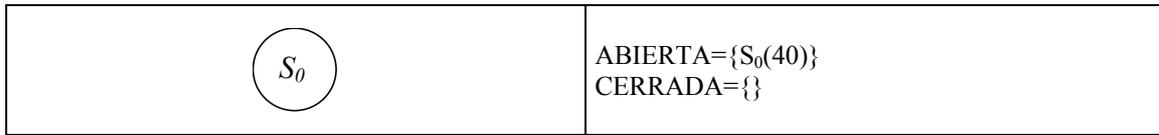
#### PASO 3: Se expande $S_1$

Sucesores de  $S_1$ :  $\{ S_2(40), S_5(20) \}$

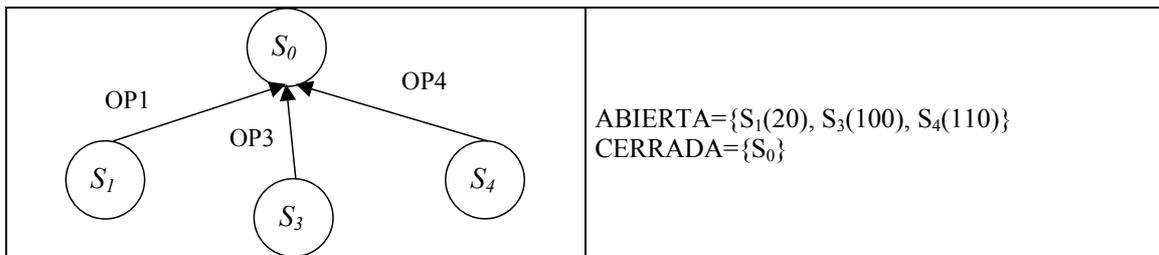
En este paso, debido a que ninguno de los sucesores de  $S_1$  puede mejorar el valor de su función heurística, el algoritmo devuelve *fallo*.

**f) Búsqueda primero el mejor**

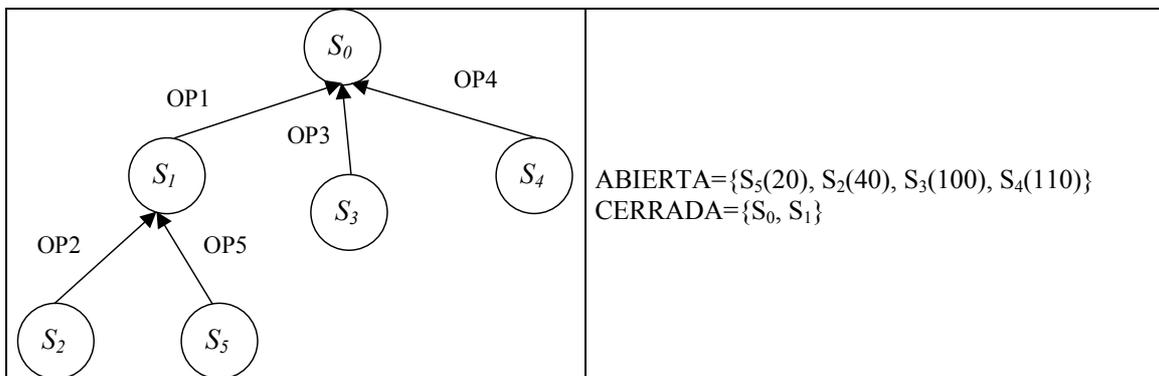
**PASO 1: Situación inicial**



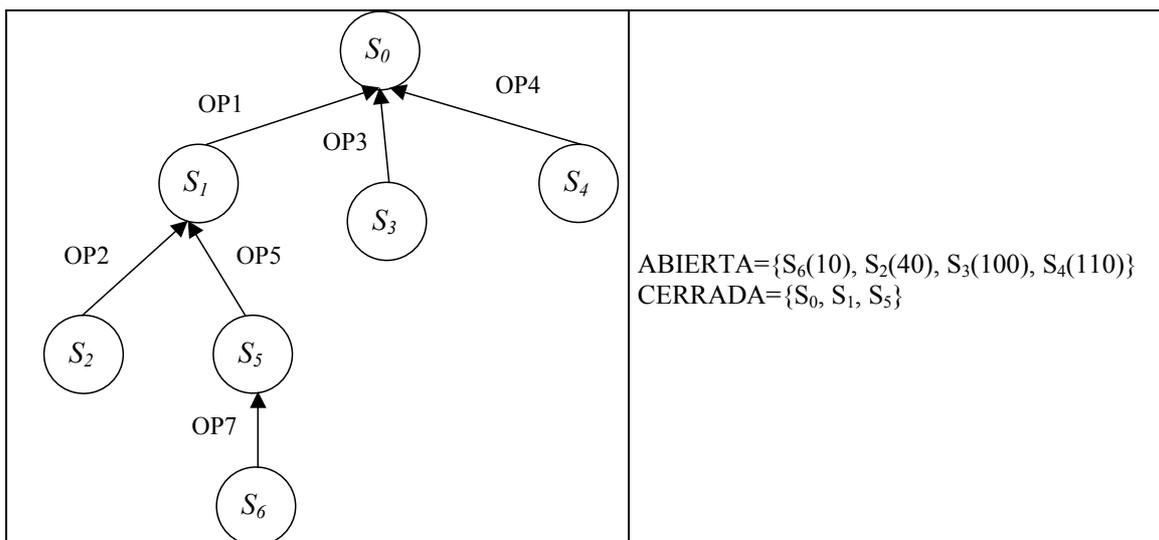
**PASO 2: Se expande S<sub>0</sub>**



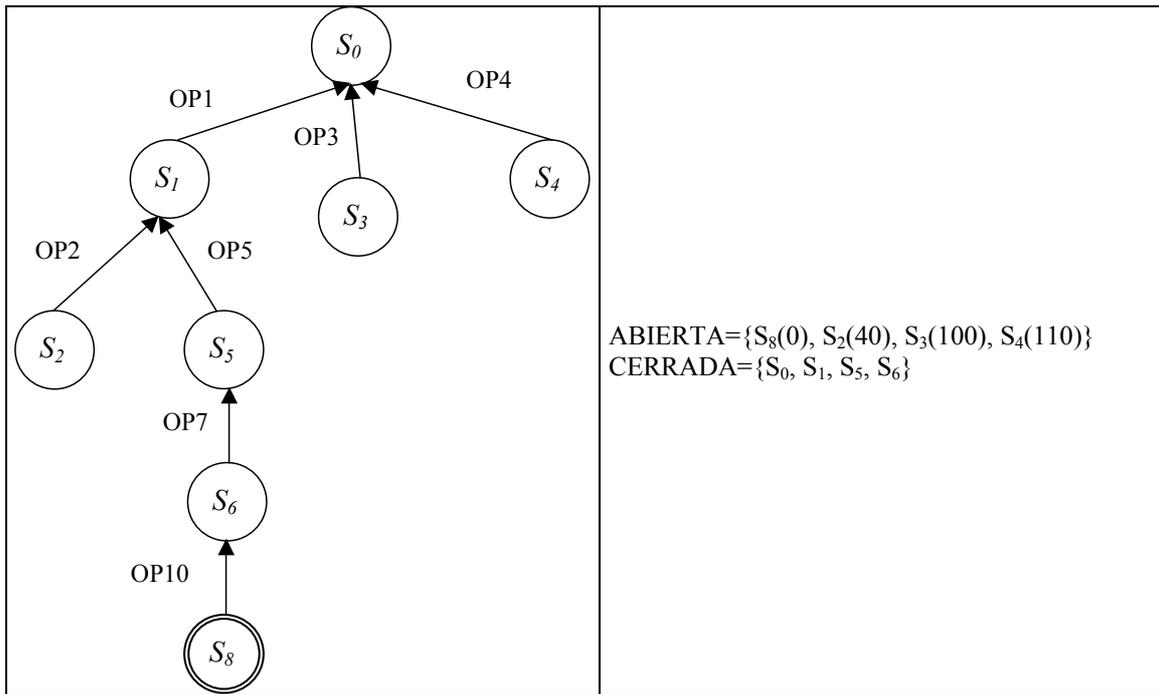
**PASO 3: Se expande S<sub>1</sub>**



**PASO 4: Se expande S<sub>5</sub>**



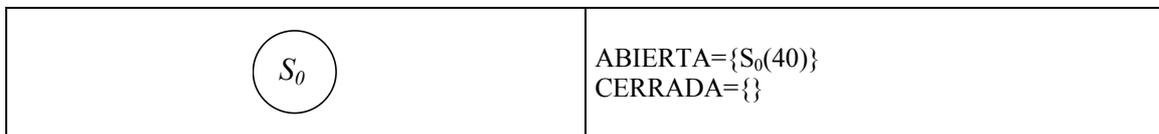
**PASO 5:** Se expande  $S_6$



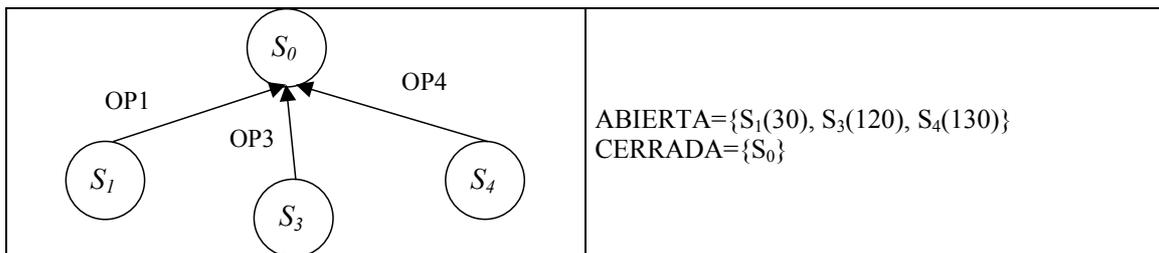
Camino Solución:  $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_5 \rightarrow S_6 \rightarrow S_8$

**g) Algoritmo A\***

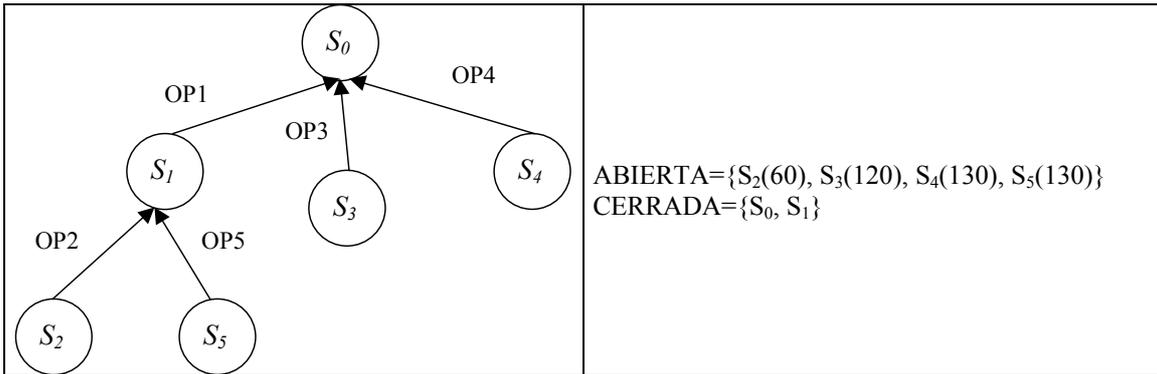
**PASO 1:** Situación inicial



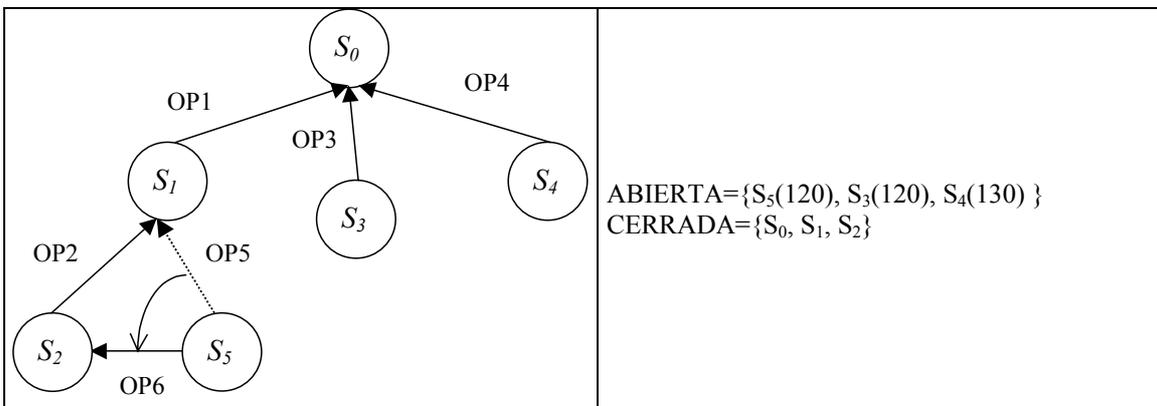
**PASO 2:** Se expande  $S_0$



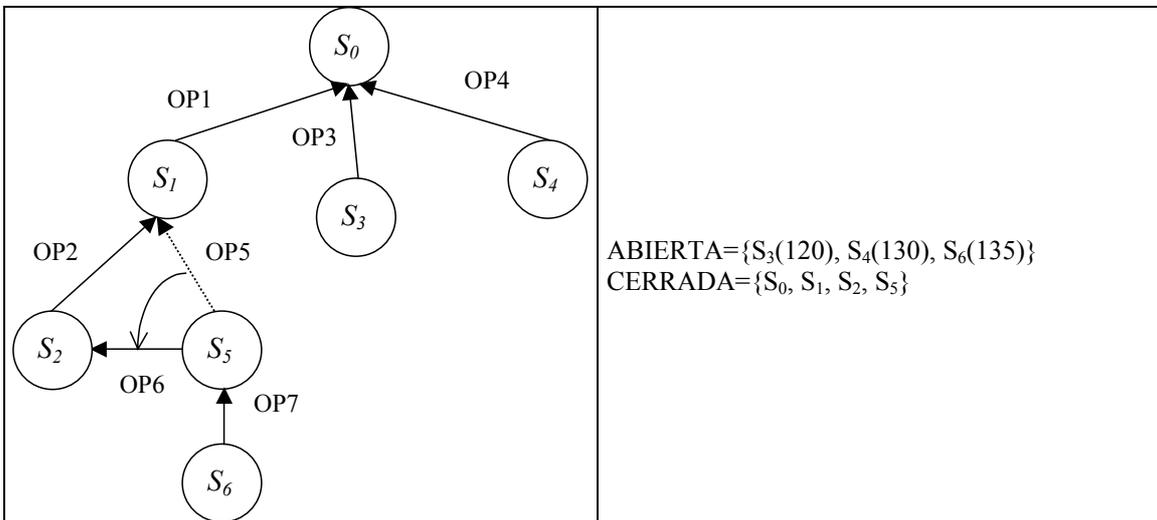
**PASO 3:** Se expande  $S_1$



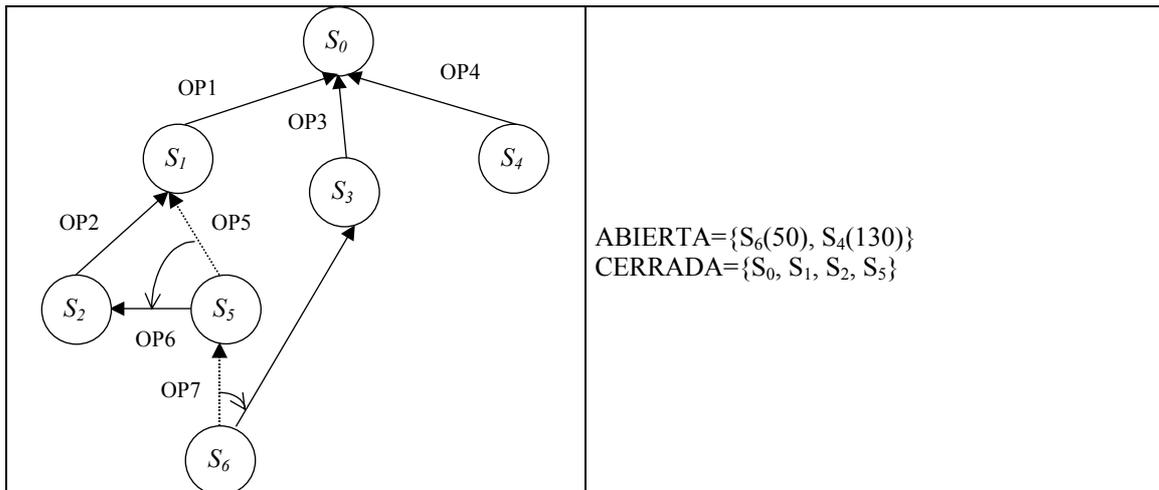
**PASO 4:** Se expande  $S_2$



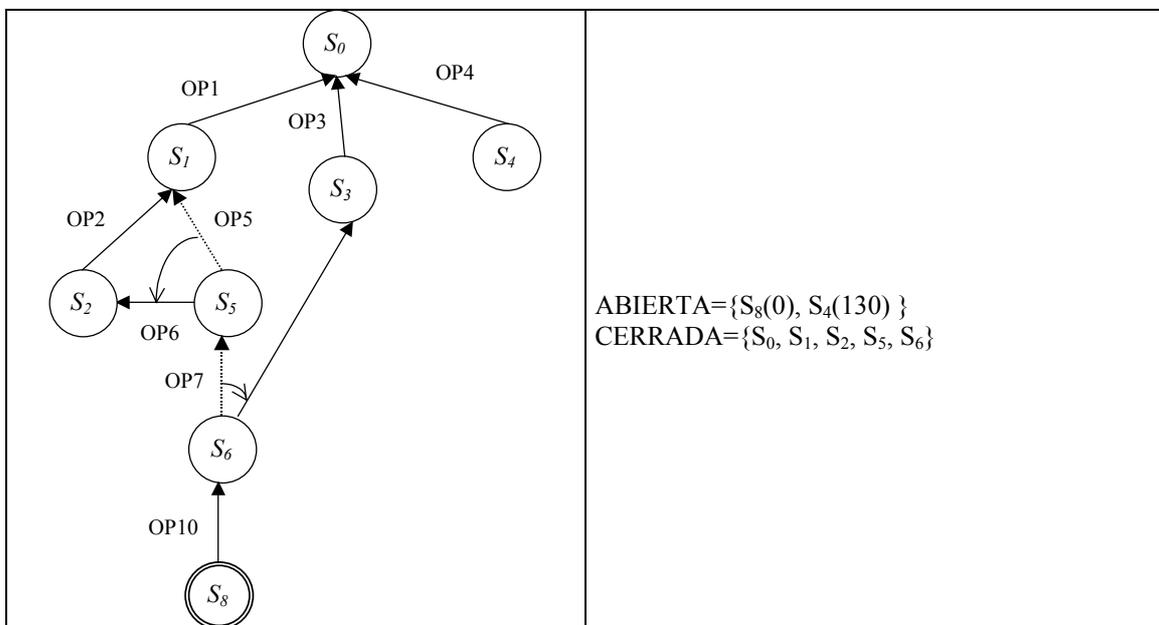
**PASO 5:** Se expande  $S_5$



**PASO 6:** Se expande  $S_3$



**PASO 7:** Se expande  $S_6$



**PASO 8:** Se expande  $S_8$

El proceso finaliza cuando se expande el nodo  $S_8$  que es un nodo meta.

Camino Solución:  $S_0 \rightarrow S_3 \rightarrow S_6 \rightarrow S_8$

Defina en líneas generales en qué consiste el razonamiento de tipo no monótono y describa ejemplos prácticos que ilustren la implementación de dicho tipo de razonamiento en distintos métodos de representación de conocimiento e inferencia.

#### ESQUEMA DE SOLUCIÓN:

--Definición: se puede encontrar en ciertos párrafos de la sección 5.5.3 del libro base de teoría.

--Lógica:

-En la "Lógica no monótona" se introduce el operador modal "M". Ejemplo en la página 227 del libro base de teoría.

-En la "Lógica por defecto" se introducen las "reglas por defecto". Ejemplo en la página 228 del libro base de teoría.

-En Prolog, mediante el predicado "retract". Es similar al caso en que en el formalismo de reglas se introduce la acción "retractar".

--Reglas:

-Mediante la introducción de la acción "retractar" y la consideración del axioma del mundo cerrado. Ejemplo en el problema 4.4 del libro base de problemas.

-Mediante la definición del tipo de dependencia, reversible o irreversible, en una regla. Ejemplo en la página 243 del libro base de teoría.

--Redes:

-En las redes de clasificación, la llegada de nueva información invalida resultados inferidos en el proceso de herencia por defecto. Es similar a lo que ocurre en el caso de los marcos.

--Marcos: Ejemplo en el problema 3.25 del libro base de problemas.

--Guiones: Ocurre algo similar al caso de los marcos. En este método, la información por defecto se obtendría a partir de la descripción de las escenas hecha en el guión.

Explique en detalle cada uno de los ciclos de un sistema basado en reglas que realiza encadenamiento hacia delante. Suponga que (DA) es la afirmación objetivo y que el último ciclo realizado fue el 9, disponiéndose después de dicho ciclo de la siguiente base de afirmaciones:

$$\{(1 (AC)), (3 (DJ)), (4 (BD)), (7 (AJ)), (9 (DE))\}$$

Obsérvese que antes de cada afirmación se indica el ciclo en que fue introducida en la base de afirmaciones. Suponga que el sistema se encarga de que una misma afirmación no esté repetida dos veces con distintos ciclos asociados, manteniéndose solamente la afirmación más actual. La base de conocimientos del sistema consta de 6 reglas:

Antecedente de R1: (A<x>) y ¬(DJ), consecuente de R1: (B<x>)

Antecedente de R2: (C<x>) y (DE), consecuente de R2: (D<x>)

Antecedente de R3: (DJ) y (CB), consecuente de R3: ¬(AB) y (AJ)

Antecedente de R4: (A<x>), consecuente de R4: ¬(D<x>)

Antecedente de R5: (BJ) y (BD), consecuente de R5: (DA)

Antecedente de R6: (<x>D) y (D<y>), consecuente de R6: (<x><y>)

La expresión <x> hace referencia a una variable denominada "x". El símbolo ¬ antes de una afirmación presente en el antecedente de una regla representa la condición de que dicha afirmación no esté en la base de afirmaciones. Dicho símbolo antes de una afirmación presente en el consecuente de una regla significa que dicha afirmación debe ser sacada de la base de afirmaciones. Supóngase que R1, R5 y R6 son más prioritarias que el resto de reglas, y que R2 es más prioritaria que R3 y R4. En el proceso de resolución de conflictos aplique en este orden los siguientes criterios: 1 mecanismo de refractariedad que consista en que no se ejecute la misma regla en dos ciclos seguidos, 2 especificidad de las reglas, 3 prioridad de las reglas y 4 criterio de actualidad.

#### SOLUCIÓN:

Debido a que en el último ciclo, el 9, la afirmación objetivo, (DA), no se encuentra en la base de afirmaciones, procedemos a realizar un nuevo ciclo.

Ciclo 10: Dada la base de afirmaciones resultante del ciclo 9, tenemos las siguientes instanciaciones válidas de antecedentes:

$$I(R4, 1) = (1 (AC))$$

$$I(R4, 2) = (7 (AJ))$$

$$I(R6, 1) = (4 (BD)), (3 (DJ))$$

$$I(R6, 2) = (4 (BD)), (9 (DE))$$

Aplicando en el orden especificado los distintos criterios de resolución de conflictos:

--Inicialmente: I(R4, 1), I(R4, 2), I(R6, 1), I(R6, 2)

--Tras refractariedad: I(R4, 1), I(R4, 2), I(R6, 1), I(R6, 2), debido a que ninguna de las reglas a las que corresponden estas instanciaciones ha sido aplicada en el ciclo anterior.

--Tras especificidad: I(R4, 1), I(R4, 2), I(R6, 1), I(R6, 2) ya que ninguna instanciación está contenida en otra diferente.

--Tras prioridad: I(R6, 1), I(R6, 2) debido a que R6 es más prioritaria que R4.

--Tras actualidad: I(R6, 2) debido a que la segunda instanciación se basa en información más reciente que la primera: 94 > 43

Por tanto, se aplica I(R6, 2), con lo que se obtiene la siguiente base de afirmaciones:

$$BA_{10} = \{(1 (AC)), (3 (DJ)), (4 (BD)), (7 (AJ)), (9 (DE)), (10 (BE))\}$$

Procedemos ahora con un nuevo ciclo, ya que (DA) no está todavía en la base de afirmaciones.

Ciclo 11: Dada BA<sub>10</sub>, tenemos las siguientes instanciaciones válidas de los antecedentes:

$$I(R4, 1) = (1 (AC))$$

$I(R4, 2) = (7 (AJ))$   
 $I(R6, 1) = (4 (BD)), (3 (DJ))$   
 $I(R6, 2) = (4 (BD)), (9 (DE))$

Aplicando en el orden especificado los distintos criterios de resolución de conflictos:

--Inicialmente:  $I(R4, 1), I(R4, 2), I(R6, 1), I(R6, 2)$   
--Tras refractariedad:  $I(R4, 1), I(R4, 2)$  debido a que R6 fue aplicada en el ciclo anterior  
--Tras especificidad:  $I(R4, 1), I(R4, 2)$  ya que ninguna instanciación está contenida en otra diferente.  
--Tras prioridad:  $I(R4, 1), I(R4, 2)$  ya que las dos instanciaciones corresponden a la misma regla  
--Tras actualidad:  $I(R4, 2)$  debido a que la segunda instanciación se basa en información más reciente que la primera:  $7 > 1$

Por tanto, se aplica  $I(R4, 2)$ , con lo que se obtiene la siguiente base de afirmaciones:

$BA11 = \{(1 (AC)), (4 (BD)), (7 (AJ)), (9 (DE)), (10 (BE))\}$

Ciclo 12: Dada  $BA11$ , tenemos las siguientes instanciaciones válidas de los antecedentes:

$I(R1, 1) = (1 (AC)), -(DJ)$   
 $I(R1, 2) = (7 (AJ)), -(DJ)$   
 $I(R4, 1) = (1 (AC))$   
 $I(R4, 2) = (7 (AJ))$   
 $I(R6, 1) = (4 (BD)), (9 (DE))$

Aplicando en el orden especificado los distintos criterios de resolución de conflictos:

--Inicialmente:  $I(R1, 1), I(R1, 2), I(R4, 1), I(R4, 2), I(R6, 1)$   
--Tras refractariedad:  $I(R1, 1), I(R1, 2), I(R6, 1)$   
--Tras especificidad:  $I(R1, 1), I(R1, 2), I(R6, 1)$   
--Tras prioridad:  $I(R1, 1), I(R1, 2), I(R6, 1)$  ya que R1 y R6 tienen la misma prioridad  
--Tras actualidad:  $I(R6, 1)$  debido a que la tercera instanciación se basa en información más reciente que las otras dos:  $9 > 7 > 10$

Por tanto, se aplica  $I(R6, 1)$ , con lo que se obtiene la siguiente base de afirmaciones:

$BA12 = \{(1 (AC)), (4 (BD)), (7 (AJ)), (9 (DE)), (12 (BE))\}$ ,

después de haber actualizado el ciclo asociado a (BE) en dicha base.

Ciclo 13: Dada  $BA12$ , tenemos las siguientes instanciaciones válidas de los antecedentes:

$I(R1, 1) = (1 (AC)), -(DJ)$   
 $I(R1, 2) = (7 (AJ)), -(DJ)$   
 $I(R4, 1) = (1 (AC))$   
 $I(R4, 2) = (7 (AJ))$   
 $I(R6, 1) = (4 (BD)), (9 (DE))$

Aplicando en el orden especificado los distintos criterios de resolución de conflictos:

--Inicialmente:  $I(R1, 1), I(R1, 2), I(R4, 1), I(R4, 2), I(R6, 1)$   
--Tras refractariedad:  $I(R1, 1), I(R1, 2), I(R4, 1), I(R4, 2)$   
--Tras especificidad:  $I(R1, 1), I(R1, 2)$  ya que  $I(R4, 1) \subset I(R1, 1)$  y  $I(R4, 2) \subset I(R1, 2)$   
--Tras prioridad:  $I(R1, 1), I(R1, 2)$   
--Tras actualidad:  $I(R1, 2)$  ya que la segunda instanciación se basa en información más reciente que la primera:  $7 > 1$

Por tanto, se aplica  $I(R1, 2)$ , con lo que se obtiene la siguiente base de afirmaciones:

$$BA13 = \{(1 (AC)), (4 (BD)), (7 (AJ)), (9 (DE)), (12 (BE)), (13 (BJ))\}$$

Ciclo 14: Dada BA13, tenemos las siguientes instanciaciones válidas de los antecedentes:

$$\begin{aligned} I(R1, 1) &= (1 (AC)), \neg(DJ) \\ I(R1, 2) &= (7 (AJ)), \neg(DJ) \\ I(R4, 1) &= (1 (AC)) \\ I(R4, 2) &= (7 (AJ)) \\ I(R5, 1) &= (13 (BJ)), (4 (BD)) \\ I(R6, 1) &= (4 (BD)), (9 (DE)) \end{aligned}$$

Aplicando en el orden especificado los distintos criterios de resolución de conflictos:

- Inicialmente: I(R1, 1), I(R1, 2), I(R4, 1), I(R4, 2), I(R5, 1), I(R6, 1)
- Tras refractariedad: I(R4, 1), I(R4, 2), I(R5, 1), I(R6, 1)
- Tras especificidad: I(R4, 1), I(R4, 2), I(R5, 1), I(R6, 1)
- Tras prioridad: I(R5, 1), I(R6, 1) ya que R4 es menos prioritaria que R5 y R6
- Tras actualidad: I(R5, 1) ya que la primera instanciación se basa en información más reciente que la segunda:  $134 > 94$

Por tanto, se aplica I(R5, 1), con lo que se obtiene la siguiente base de afirmaciones:

$$BA14 = \{(1 (AC)), (4 (BD)), (7 (AJ)), (9 (DE)), (12 (BE)), (13 (BJ)), (14 (DA))\}$$

Al haberse obtenido la afirmación objetivo, (DA), finaliza en este ciclo el proceso de encadenamiento hacia delante.

Establezca esquemáticamente una clasificación lo más exhaustiva posible de los distintos tipos de redes asociativas existentes. Para cada tipo de red asociativa indique qué clase de conocimiento permite representar y describa un ejemplo práctico, lo más real posible, de cada tipo de red.

#### ESQUEMA DE SOLUCIÓN:

#### REDES ASOCIATIVAS:

1 Redes semánticas: tratan de manejar conceptos y sus relaciones tal como las empleamos los humanos

1.1 Grafos relacionales: consideran los conceptos y sus relaciones desde un punto de vista abstracto.

1.1.1 Modelo de memoria semántica de Quillian: es un modelo computacional de la memoria humana. Ejemplo en la página 265 del libro base de teoría.

1.1.2 Grafos de dependencia conceptual de Schank: se utilizan para la comprensión de los conceptos expresados en lenguaje natural. Ejemplos en la página 271 del libro base de teoría.

1.2 Redes proposicionales: se utilizan para la representación del propio lenguaje natural, tomando la proposición como base.

1.2.1 Redes de Shapiro: Ejemplo en la página 275 del libro base de teoría.

1.2.2 Grafos de Sowa: Ejemplo en la página 276 del libro base de teoría.

2 Redes de clasificación: organizan diferentes conceptos en jerarquías y dan estructura a los mismos mediante la enumeración de sus propiedades. Ejemplo en la página 285 del libro base de teoría.

3. Redes causales: representan el conjunto de relaciones causa-efecto presentes en un dominio. Ejemplo en la página 290 del libro base de teoría.

3.1 Redes bayesianas: permiten representar la incertidumbre presente en muchos dominios causales basándose en la Teoría de la Probabilidad. Ejemplo en el problema 5.13 del libro base de problemas.