

**Sistemas Inteligentes**  
**Ejercicios de Lógica y Reglas**

Jose María Moyano Murillo

Diego Olmo Cejudo

**1. Obtén la forma normal clausulada de las siguientes fórmulas:**

**a)**  $(p \wedge q) \vee (r \wedge s)$

I) Reemplazar las conectivas derivadas: OK

II) Mover las negaciones delante de paréntesis: OK

III) Distribuir ORs sobre ANDs:

$$(r \vee (p \wedge q)) \wedge (s \vee (p \wedge q))$$

$$((r \vee p) \wedge (r \vee q)) \wedge ((s \vee p) \wedge (s \vee q)) \equiv (r \vee p) \wedge (r \vee q) \wedge (s \vee p) \wedge (s \vee q)$$

IV) Quitar tautologías: OK

$$(r \vee p) \wedge (r \vee q) \wedge (s \vee p) \wedge (s \vee q)$$

**b)**  $(p \wedge q) \rightarrow r$

I) Reemplazar las conectivas derivadas:

$$\neg (p \wedge q) \vee r$$

II) Mover las negaciones delante de paréntesis:

$$(\neg p \vee \neg q) \vee r \equiv (\neg p \vee \neg q \vee r)$$

III) Distribuir las ORs sobre ANDs: OK

IV) Quitar tautologías: OK

$$(\neg p \vee \neg q \vee r)$$

**c)**  $(p \wedge q) \oplus r$

I) Reemplazar las conectivas derivadas:

$$[(p \wedge q) \wedge \neg r] \vee [\neg (p \wedge q) \wedge r]$$

II) Mover las negaciones delante de paréntesis:

$$(p \wedge q \wedge \neg r) \vee [\neg p \vee \neg q] \wedge r$$

III) Distribuir las ORs sobre ANDs:

$$[p \wedge q \wedge \neg r] \vee (\neg p \vee \neg q) \wedge [(p \wedge q \wedge \neg r) \vee r]$$

$$[(\neg p \vee \neg q \vee p) \wedge (\neg p \vee \neg q \vee q) \wedge (\neg p \vee \neg q \vee \neg r)] \wedge [(r \vee p) \wedge (r \vee q) \wedge (r \vee \neg r)]$$

IV) Quitar tautologías:

$$(\neg p \vee \neg q \vee \neg r) \wedge (r \vee p) \wedge (r \vee q)$$

**d)**  $[\neg (p \wedge \neg q) \vee r] \rightarrow [(p \wedge \neg r) \vee q]$

I) Reemplazar las conectivas derivadas:

$$\neg [\neg (p \wedge \neg q) \vee r] \vee [(p \wedge \neg r) \vee q]$$

II) Mover las negaciones delante de paréntesis:

$$[(p \wedge \neg q) \wedge \neg r] \vee [(p \wedge \neg r) \vee q]$$

III) Distribuir las ORs sobre las ANDs:

$$(p \wedge \neg q \wedge \neg r) \vee [(p \vee q) \wedge (\neg r \vee q)]$$

$$([(p \vee q) \wedge (\neg r \vee q)] \vee p) \wedge ([(p \vee q) \wedge (\neg r \vee q)] \vee \neg q) \wedge ([(p \vee q) \wedge (\neg r \vee q)] \vee \neg r)$$

$$[(p \vee p \vee q) \wedge (p \vee \neg r \vee q)] \wedge [(\neg q \vee p \vee q) \wedge (\neg q \vee \neg r \vee q)] \wedge [(\neg r \vee p \vee q) \wedge (\neg r \vee \neg r \vee q)]$$

IV) Quitar tautologías:

$$(p \vee q) \wedge (p \vee \neg r \vee q) \wedge (\neg r \vee q)$$

**e)**  $[(p \wedge q) \rightarrow r] \leftrightarrow [(p \wedge \neg r) \rightarrow \neg q]$

I) Reemplazar las conectivas derivadas:

$$[\neg (p \wedge q) \vee r] \leftrightarrow [\neg (p \wedge \neg r) \vee \neg q]$$

$$(\neg[\neg (p \wedge q) \vee r] \vee [\neg (p \wedge \neg r) \vee \neg q]) \wedge ([\neg[\neg (p \wedge \neg r) \vee \neg q] \vee [\neg (p \wedge q) \vee r])$$

II) Mover las negaciones delante de paréntesis :

$$[(p \wedge q \wedge \neg r) \vee [\neg p \vee r \vee \neg q]] \wedge ([p \wedge \neg r \wedge q] \vee [\neg p \vee \neg q \vee r])$$

III) Distribuir las ORs sobre las ANDs:

$$(p \vee \neg p \vee r \vee \neg q) \wedge (q \vee \neg p \vee r \vee \neg q) \wedge (\neg r \vee \neg p \vee r \vee \neg q) \wedge$$

$$(p \vee \neg p \vee \neg q \vee r) \wedge (\neg r \vee \neg p \vee \neg q \vee r) \wedge (q \vee \neg p \vee \neg q \vee r)$$

IV) Quitar tautologías:

**Es cierto por que todas las cláusulas son tautologías.**

**2. Prueba las siguientes propiedades por medio de la prueba por refutación y el principio de resolución.**

**a)**  $(p \wedge q) \rightarrow r$

$p$

-----

$$q \rightarrow r$$

Pasamos las sentencias a forma normal clausulada y si hay alguna variable que se encuentre negada en una sentencia y sin negar en otra, se eliminan.

$$\begin{array}{ccccc}
 \neg(p \wedge q) \vee r & & \neg p \vee \neg q \vee r & & \neg p \vee \neg q \vee r \\
 p & & p & & p \\
 \hline
 q \rightarrow r & \equiv & \neg q \vee r & \equiv & \neg q \vee r
 \end{array}$$

b) Pasamos las sentencias a forma normal clausulada y las cogemos por pares para eliminar variables que se encuentran negadas en una y sin negar en otra (si solamente una variable cumple la condición en ese par) (en negrita el par que escogemos)

$$\begin{array}{ccccc}
 p \rightarrow q & \neg p \vee q & \neg p \vee q & \neg p \vee q & \neg p \vee q \\
 r \vee s & r \vee s & \mathbf{r \vee s} & \mathbf{s} & \mathbf{\neg p \vee q} \\
 s \rightarrow \neg q & \neg s \vee \neg q & \neg s \vee \neg q & \mathbf{\neg s \vee \neg q} & \mathbf{\neg q} \\
 \neg r & \neg r & \mathbf{\neg r} & & \\
 \hline
 \neg p & \neg p & \neg p & \neg p & \neg p
 \end{array}$$

### 3. Expresa las siguientes frases mediante sentencias de lógica de proposiciones y comprueba que el razonamiento es correcto.

a) Si el Sr. Suárez y la Sra. Suárez ganan más de 22.000 euros al año, la familia Suárez pasará las vacaciones en Chipiona. Puesto que yo sé que o el Sr. Suárez o su esposa ganan más de 22.000 euros, concluyo que disfrutarán las vacaciones en Chipiona.

Sean las proposiciones:

s: Sr. Suárez gana más de 22.000 euros al año

m: Sra. Suárez gana más de 22.000 euros al año

g: Sr. Y Sra. Suárez ganan más de 22.000 euros al año

c: Familia Suárez pasará las vacaciones en Chipiona

$$\begin{array}{ccccc}
 g \rightarrow c & \neg g \vee c & \neg g \vee c & \neg g \vee c & \mathbf{\neg g \vee c} \\
 s \rightarrow g & \neg s \vee g & \mathbf{\neg s \vee g} & g & \mathbf{g} \\
 m \rightarrow g & \neg m \vee g & \neg m \vee g & \mathbf{\neg m \vee g} & \mathbf{g} \\
 s \vee m & s \vee m & \mathbf{s \vee m} & \mathbf{m} & \\
 \hline
 c & c & c & c & c
 \end{array}$$

b) Si Bernabé descubre que el producto que tú le vendiste está defectuoso, se pondrá furioso. Desafortunadamente, yo sé que ha descubierto que el producto está defectuoso. Por tanto, Bernabé va a estar furioso.

Sean las proposiciones:

d: Bernabé descubre que el producto está defectuoso

f: Bernabé se pondrá furioso

$$\begin{array}{ccc}
 d \rightarrow f & \neg d \vee f & \neg d \vee f \\
 d & d & \mathbf{d} \\
 \hline
 f & f & f
 \end{array}$$

c) Si Juan estuvo ayer en el concierto de rock, entonces no durmió en casa. Juan durmió en casa. Por consiguiente, él no fue al concierto.

Sean las proposiciones:

r: Juan estuvo en el concierto de rock

d: Juan durmió en casa

$$\begin{array}{ccc}
 r \rightarrow \neg d & \neg r \vee \neg d & \neg r \vee \neg d \\
 d & d & \mathbf{d} \\
 \hline
 \neg r & \neg r & \neg r
 \end{array}$$

d) Juan sólo va al fútbol si Marta no va al cine. Marta no va al cine cuando queda con Luisa. Luisa queda con Marta los domingos. Hoy es domingo. Por tanto, Juan va al fútbol.

Sean las proposiciones:

j: Juan va al fútbol

m: Marta va al cine

l: Marta y Luisa quedan

d: Es domingo

$$\begin{array}{ccccc}
 \neg m \rightarrow j & m \vee j & m \vee j & m \vee j & \mathbf{m \vee j} \\
 l \rightarrow \neg m & \neg l \vee \neg m & \neg l \vee \neg m & \neg l \vee \neg m & \mathbf{\neg l \vee \neg m} \\
 d \rightarrow l & \neg d \vee l & \neg d \vee l & \neg d \vee l & \mathbf{\neg d \vee l} \\
 d & d & \mathbf{d} & \mathbf{d} & \mathbf{d} \\
 \hline
 j & j & j & j & j
 \end{array}$$

#### 4. Representa los siguientes hechos con lógica de predicados:

a) Algunas plantas no tienen flores

$$\exists x \text{ esPlanta}(x) \wedge \neg \text{tieneFlores}(x)$$

b) Cualquier edificio es habitable

$$\forall x \text{ esEdificio}(x) \rightarrow \text{esHabitable}(x)$$

c) No hay delito sin causa

$$\neg \exists x \text{ esDelito}(x) \wedge \neg \text{tieneCausa}(x)$$

d) Algunas personas son insoportables

$$\exists x \text{ esPersona}(x) \wedge \neg \text{esSoportable}(x)$$

e) Existen personas que no comen carne

$$\exists x \text{ esPersona}(x) \wedge \neg \text{comeCarne}(x)$$

f) No es oro todo lo que reluce

$$\neg \forall x \text{ reluce}(x) \rightarrow \text{esOro}(x)$$

g) Ningún asesino es bondadoso

$$\neg \exists x \text{ esAsesino}(x) \wedge \text{esBondadoso}(x)$$

h) El que estudia, aprueba

$$\forall x \text{ estudia}(x) \rightarrow \text{aprueba}(x)$$

i) No todos los animales son racionales

$$\neg \forall x \text{ esAnimal}(x) \rightarrow \text{esRacional}(x)$$

j) Existen personas que aman a todo el mundo

$$\exists x \text{ esPersona}(x) \wedge \text{ama}(x, \text{todoElMundo})$$

k) No es verdad que todas las personas no amen a todo el mundo

$$\neg \forall x \text{ esPersona}(x) \rightarrow \neg \text{ama}(x, \text{todoElMundo})$$

**5. Evalúa las siguientes fórmulas cuando el dominio de x e y es {a, b}, f(a)=a, f(b)=a, p(a, a)=V, p(a, b)=F, p(b, a)=F, y p(b, b)=V.**

a)  $\exists x \exists y p(x, y)$

Cierto.

Existe algún valor de 'x' para el que algún valor de 'y' hace p(x, y) cierto, como por ejemplo x=a, y=a

b)  $\forall x \exists y p(x, y)$

Cierto.

Para todo valor de 'x' existe algún valor de 'y' que hace p(x, y) sea cierto, como por ejemplo: x=a, y=a ; x=b, y=b

c)  $\exists x \forall y p(x, y)$

Falso.

No se da ningún caso en el que para algún valor de 'x', todos los posibles valores de 'y' hagan cierto  $p(x, y)$

**d)**  $\forall x \forall y p(x, y)$

Falso.

No es cierto que para todos los valores de 'x', todos los posibles valores de 'y' hagan cierto  $p(x, y)$

**e)**  $p(a, f(a)) \wedge p(b, f(b))$

Falso.

Si sustituimos  $f(a)$  y  $f(b)$  por los valores que devuelve, obtenemos:

$$p(a, a) \wedge p(b, a)$$

y podemos observar que  $p(b, a)$  devuelve falso, por lo que, al estar unidos por '^', toda la sentencia es falsa

**f)**  $\forall x \forall y (p(x, y) \rightarrow p(f(x), f(y)))$

Cierto

Para todos los valores de 'x' e 'y', las funciones  $f(x)$  y  $f(y)$  siempre devolverán 'a', y por tanto  $p(a, a)$  es verdad. Como se trata de un condicional, cuando el consecuente es verdadero, la sentencia es siempre verdad (el único caso en que el condicional es falso es  $V \rightarrow F$ )

**8.** Dados los siguientes literales, indica si se pueden unificar o no:

**a)**  $p(x1, a)$  y  $p(b, x2)$

$$C1 = p(x1, a)$$

$$C1_{\{b/x1\}} = C3 = p(b, a)$$

$$C2 = p(b, x2)$$

$$C2_{\{a/x2\}} = C4 = p(b, a)$$

$$p(b, a) \equiv p(b, a) \text{ Si se puede unificar}$$

**b)**  $p(x1, y1, f(x1, y1))$  y  $p(x2, y2, g(a, b))$

$$C1 = p(x1, y1, f(x1, y1))$$

$$C1_{\{a/x1, b/y1\}} = C3 = p(a, b, f(a, b))$$

$$C2 = p(x2, y2, g(a, b))$$

$$C2_{\{a/x2, b/y2\}} = C4 = p(a, b, g(a, b))$$

$p(a, b, f(a, b))$  no es igual que  $p(a, b, g(a, b))$  por que una tiene la función  $f$  y otra la función  $g$  por lo tanto no se puede unificar.

c)  $p(x1, a, f(a, b))$  y  $p(c, y2, f(x2, b))$

$$C1 = p(x1, a, f(a, b))$$

$$C1_{\{c/x1\}} = C3 = p(c, a, f(a, b))$$

$$C2 = p(c, y2, f(x2, b))$$

$$C2_{\{a/y2, a/x2\}} = C4 = p(c, a, f(a, b))$$

$$p(c, a, f(a, b)) \equiv p(c, a, f(a, b)) \text{ Si se puede unificar}$$

d)  $p(f(a), g(x1))$  y  $p(y2, y2)$

$$C1 = p(f(a), g(x1))$$

$$C1_{\{b/x1\}} = C3 = p(f(a), g(b))$$

$$C2 = p(y2, y2)$$

$$C2_{\{f(a)/y2\}} = C4 = p(f(a), f(a))$$

$$p(f(a), g(b)) \text{ no es igual que } p(f(a), f(a)) \text{ por lo tanto no se puede unificar.}$$

e)  $p(f(a), g(x1))$  y  $p(y2, z2)$

$$C1 = p(f(a), g(x1))$$

$$C1_{\{b/x1\}} = C3 = p(f(a), g(b))$$

$$C2 = p(y2, z2)$$

$$C2_{\{f(a)/y2, g(b)/z2\}} = C4 = p(f(a), g(b))$$

$$p(f(a), g(b)) \equiv p(f(a), g(b)) \text{ Si se puede unificar}$$



**1. Ejercicios del libro****1. Sea el siguiente conjunto de reglas:**R<sub>1</sub>: Si H<sub>8</sub> y H<sub>6</sub> y H<sub>5</sub> → H<sub>4</sub>R<sub>2</sub>: Si H<sub>6</sub> y H<sub>3</sub> → H<sub>9</sub>R<sub>3</sub>: Si H<sub>7</sub> y H<sub>4</sub> → H<sub>9</sub>R<sub>4</sub>: Si H<sub>8</sub> → H<sub>1</sub>R<sub>5</sub>: Si H<sub>6</sub> → H<sub>5</sub>R<sub>6</sub>: Si H<sub>9</sub> y H<sub>1</sub> → H<sub>2</sub>R<sub>7</sub>: Si H<sub>7</sub> → H<sub>6</sub>R<sub>8</sub>: Si H<sub>1</sub> y H<sub>7</sub> → H<sub>9</sub>R<sub>9</sub>: Si H<sub>1</sub> y H<sub>8</sub> → H<sub>6</sub>

La base inicial de hechos contiene H<sub>7</sub> y H<sub>8</sub>. Aplica el encadenamiento hacia adelante suponiendo que se utiliza el principio de refracción y el control del razonamiento da mayor prioridad a la regla:

a) Con menor subíndice

b) Con mas condiciones en el antecedente(en caso de empate, tiene preferencia la regla de menor índice)

Para cada iteración del sistema, indica las reglas que están activas y los hechos que las activan, la regla que se dispara y la base de hechos resultante.

**a) Con menor subíndice**

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub>
1	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>4</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub>

En este caso se activan dos reglas R<sub>4</sub>(en su antecedente esta h<sub>8</sub>) y R<sub>7</sub> (en su antecedente esta H<sub>7</sub>). Ejecutamos la R<sub>4</sub> ya que su subíndice es menor que el de la regla R<sub>7</sub>.

Al seleccionar para ejecutar R<sub>4</sub> la regla será inactiva para el resto del proceso (ya que el principio de refracción dice que no se debe ejecutar dos veces la misma regla de la misma forma)

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub>
1	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>4</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub>
2	R <sub>7</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>7</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>6</sub>

En la iteración 2 crean conflicto las reglas R<sub>7</sub>, R<sub>8</sub>, R<sub>9</sub>, se ejecuta la regla de menor subíndice que en este caso es la 7

Al igual que la anterior cuando seleccionamos la R<sub>7</sub> ya quedaría inactiva para el resto del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub>
1	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>4</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub>
2	R <sub>7</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>7</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>6</sub>
3	R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub> ,	R <sub>5</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>6</sub> , H <sub>5</sub>

En la iteración 3 crean conflicto las reglas  $R_8, R_9, R_5$ , se ejecuta la regla de menor subíndice que en este caso es la 5

La  $R_5$  quedara inactiva para el resto del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	$H_7, H_8$
1	$R_4, R_7$	$R_4$	$H_7, H_8, H_1$
2	$R_4, R_7, R_8, R_9$	$R_7$	$H_7, H_8, H_1, H_6$
3	$R_4, R_7, R_5, R_8, R_9$	$R_5$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5$
4	$R_4, R_5, R_7, R_1, R_8, R_9$	$R_1$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4$

Aquí crean conflicto  $R_8, R_9, R_1$  dado que  $R_1$  tiene menor subíndice se ejecuta antes.  
 $R_1$  quedara inactiva para el resto del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	$H_7, H_8$
1	$R_4, R_7$	$R_4$	$H_7, H_8, H_1$
2	$R_4, R_7, R_8, R_9$	$R_7$	$H_7, H_8, H_1, H_6$
3	$R_4, R_7, R_5, R_8, R_9$	$R_5$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5$
4	$R_4, R_5, R_7, R_1, R_8, R_9$	$R_1$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4$
5	$R_1, R_4, R_5, R_7, R_3, R_8, R_9$	$R_3$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9$

Aquí crean conflicto  $R_8, R_9, R_3$  dado que  $R_3$  tiene menor subíndice se ejecuta antes.  
 $R_3$  quedara inactiva para el resto del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	$H_7, H_8$
1	$R_4, R_7$	$R_4$	$H_7, H_8, H_1$
2	$R_4, R_7, R_8, R_9$	$R_7$	$H_7, H_8, H_1, H_6$
3	$R_4, R_7, R_5, R_8, R_9$	$R_5$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5$
4	$R_4, R_5, R_7, R_1, R_8, R_9$	$R_1$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4$
5	$R_1, R_4, R_5, R_7, R_3, R_8, R_9$	$R_3$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9$
6	$R_1, R_3, R_4, R_5, R_7, R_6, R_8, R_9$	$R_6$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9, H_2$

Aquí crean conflicto  $R_8, R_9, R_6$  dado que  $R_6$  tiene menor subíndice se ejecuta antes.  
 $R_6$  quedara inactiva para el resto del proceso

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	$H_7, H_8$
1	$R_4, R_7$	$R_4$	$H_7, H_8, H_1$
2	$R_4, R_7, R_8, R_9$	$R_7$	$H_7, H_8, H_1, H_6$
3	$R_4, R_7, R_5, R_8, R_9$	$R_5$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5$
4	$R_4, R_5, R_7, R_1, R_8, R_9$	$R_1$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4$
5	$R_1, R_4, R_5, R_7, R_3, R_8, R_9$	$R_3$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9$
6	$R_1, R_3, R_4, R_5, R_7, R_6, R_8, R_9$	$R_6$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9, H_2$
7	$R_1, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9$	$R_8$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9, H_2$

Como hay conflicto entre  $R_8$ ,  $R_9$  se ejecuta  $R_8$  y como ya existe en la base de hechos  $H_9$  no se apunta.

$R_8$  quedara inactiva para el recto del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	$H_7, H_8$
1	$R_4, R_7$	$R_4$	$H_7, H_8, H_1$
2	$R_4, R_7, R_8, R_9$	$R_7$	$H_7, H_8, H_1, H_6$
3	$R_4, R_7, R_5, R_8, R_9$	$R_5$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5$
4	$R_4, R_5, R_7, R_1, R_8, R_9$	$R_1$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4$
5	$R_1, R_4, R_5, R_7, R_3, R_8, R_9$	$R_3$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9$
6	$R_1, R_3, R_4, R_5, R_7, R_6, R_8, R_9$	$R_6$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9, H_2$
7	$R_1, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9$	$R_8$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9, H_2$
8	$R_1, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9$	$R_9$	$H_7, H_8, H_1, H_6, H_5, H_4, H_9, H_2$

La regla activa es  $R_9$  se ejecuta  $R_9$  y como ya existe en la base de hechos  $H_6$  no se apunta.

$R_9$  quedara inactiva para el recto del proceso.

El proceso finaliza ya que no se puede generar más hechos al no poder ejecutar mas reglas.

#### b) Con mas condiciones en su antecedente

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	$H_7, H_8$
1	$R_4, R_7$	$R_4$	$H_7, H_8, H_1$

Ejecutamos  $R_4$  por que como tiene los mismos antecedentes miramos su subíndice.  
 $R_4$  ya esta inactiva hasta finalizar el proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	$H_7, H_8$
1	$R_4, R_7$	$R_4$	$H_7, H_8, H_1$
2	$R_4, R_7, R_8, R_9$	$R_8$	$H_7, H_8, H_1, H_9$

Ejecutamos  $R_8$  por que tiene dos antecedentes al igual que la regla  $R_9$  pero tiene menor subíndice

$R_8$  quedara inactiva hasta el final del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	$H_7, H_8$
1	$R_4, R_7$	$R_4$	$H_7, H_8, H_1$
2	$R_4, R_7, R_8, R_9$	$R_8$	$H_7, H_8, H_1, H_9$
3	$R_4, R_8, R_6, R_7, R_9$	$R_6$	$H_7, H_8, H_1, H_9, H_2$

Se activa la regla 6 y se ejecuta por que tiene dos antecedentes y tiene menor subíndice.

R<sub>6</sub> quedara inactiva hasta el final del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub>
1	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>4</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub>
2	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>8</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub>
3	R <sub>4</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>6</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub>
4	R <sub>4</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>9</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub>

No se pueden activar mas reglas, ejecutamos la regla 9 que tiene dos antecedentes.

R<sub>9</sub> quedara inactiva hasta el final del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub>
1	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>4</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub>
2	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>8</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub>
3	R <sub>4</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>6</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub>
4	R <sub>4</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>9</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub>
5	R <sub>4</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>5</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub> , H <sub>5</sub>

Se activa la regla 5 y se ejecuta ya que tiene menor subíndice y tienen los mismos antecedentes.

R<sub>5</sub> quedara inactiva hasta el final del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub>
1	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>4</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub>
2	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>8</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub>
3	R <sub>4</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>6</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub>
4	R <sub>4</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>9</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub>
5	R <sub>4</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>5</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub> , H <sub>5</sub>
6	R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub> , R <sub>1</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>1</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub> , H <sub>5</sub> , H <sub>4</sub>

Se activa la regla 1 y se ejecuta por que tiene tres antecedentes.

R<sub>1</sub> quedara inactiva hasta el final del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub>
1	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>4</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub>
2	R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>8</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub>
3	R <sub>4</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>6</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub>
4	R <sub>4</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>9</sub>	R <sub>9</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub>
5	R <sub>4</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>5</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub> , H <sub>5</sub>
6	R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub> , R <sub>1</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>1</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub> , H <sub>5</sub> , H <sub>4</sub>
7	R <sub>1</sub> , R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub> , R <sub>3</sub> , R <sub>7</sub>	R <sub>3</sub>	H <sub>7</sub> , H <sub>8</sub> , H <sub>1</sub> , H <sub>9</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>6</sub> , H <sub>5</sub> , H <sub>4</sub>

Se activa y se ejecuta  $R_3$  que genera el hecho 9 que como ya existe en la base de hechos no se apunta.

$R_3$  quedara inactiva hasta el final del proceso.

Iteración	Reglas Activas	Reglas Ejecutadas	Base de Hechos
0	—	—	$H_7, H_8$
1	$R_4, R_7$	$R_4$	$H_7, H_8, H_1$
2	$R_4, R_7, R_8, R_9$	$R_8$	$H_7, H_8, H_1, H_9$
3	$R_4, R_8, R_6, R_7, R_9$	$R_6$	$H_7, H_8, H_1, H_9, H_2$
4	$R_4, R_6, R_8, R_7, R_9$	$R_9$	$H_7, H_8, H_1, H_9, H_2, H_6$
5	$R_4, R_6, R_8, R_5, R_7$	$R_5$	$H_7, H_8, H_1, H_9, H_2, H_6, H_5$
6	$R_4, R_5, R_6, R_8, R_9, R_1, R_7$	$R_1$	$H_7, H_8, H_1, H_9, H_2, H_6, H_5, H_4$
7	$R_1, R_4, R_5, R_6, R_8, R_9, R_3, R_7$	$R_3$	$H_7, H_8, H_1, H_9, H_2, H_6, H_5, H_4$
8	$R_1, R_4, R_5, R_6, R_8, R_9, R_7$	$R_7$	$H_7, H_8, H_1, H_9, H_2, H_6, H_5, H_4$

Se activa y se ejecuta  $R_7$  que genera el hecho 6 que como ya existe en la base de hechos no se apunta.

$R_7$  quedara inactiva hasta el final del proceso.

Ya se han ejecutado todas las reglas con lo cual el proceso de inferencia termina.

- 2. Considere el sistema de reglas anterior. Aplique encadenamiento hacia atrás con el objetivo de conocer si  $H_2$  es cierto o no. Dibuja el grafo Y/O que se genera e indica como queda la base de hechos al final del proceso.**

$R_1$ : Si  $H_8$  y  $H_6$  y  $H_5 \rightarrow H_4$

$R_2$ : Si  $H_6$  y  $H_3 \rightarrow H_9$

$R_3$ : Si  $H_7$  y  $H_4 \rightarrow H_9$

$R_4$ : Si  $H_8 \rightarrow H_1$

$R_5$ : Si  $H_6 \rightarrow H_5$

$R_6$ : Si  $H_9$  y  $H_1 \rightarrow H_2$

$R_7$ : Si  $H_7 \rightarrow H_6$

$R_8$ : Si  $H_1$  y  $H_7 \rightarrow H_9$

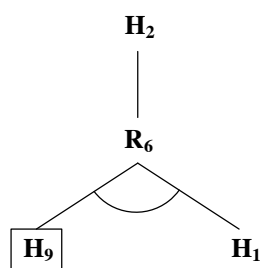
$R_9$ : Si  $H_1$  y  $H_8 \rightarrow H_6$

#### Iteración 0:

Como tenemos el nodo objetivo buscamos en la base de hechos que regla genera  $H_2$ , en nuestro caso es generado por  $R_6$  por lo tanto :

Obtenemos los antecedentes de  $R_6$ .

- $H_9$  es el nuevo estado objetivo.



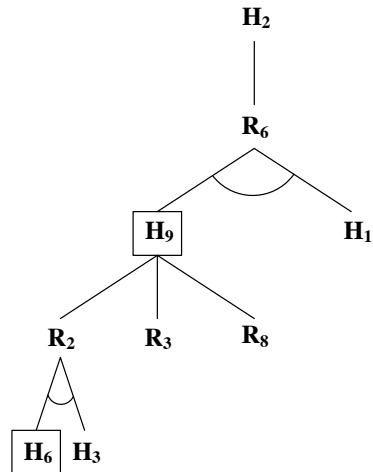
Base de Hechos
$H_7$
$H_8$

**Iteración 1:**

$H_9$  no está en la base de hechos , tendremos que ver que regla genera  $H_9$  .  $H_9$  es generada por  $R_2, R_3, R_8$ .

Obtenemos los antecedentes de  $R_2$ .

- $H_6$  es el nuevo estado objetivo.

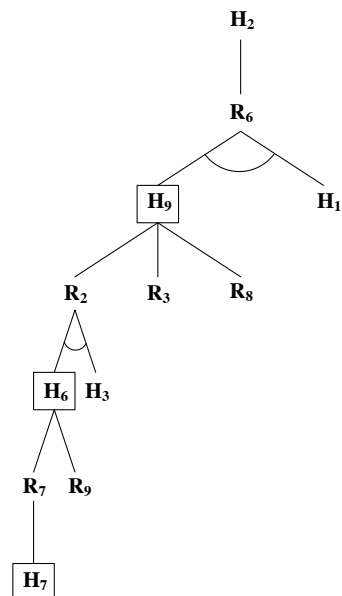


Base de Hechos
$H_7$
$H_8$

**Iteración 2:**

El estado  $H_6$  es generado por las reglas  $R_7$  y  $R_9$  , seleccionamos la regla  $R_7$ .

- Obtenemos los antecedentes de la  $R_7$ .
- Tenemos a  $H_7$  como nuevo estado objetivo.



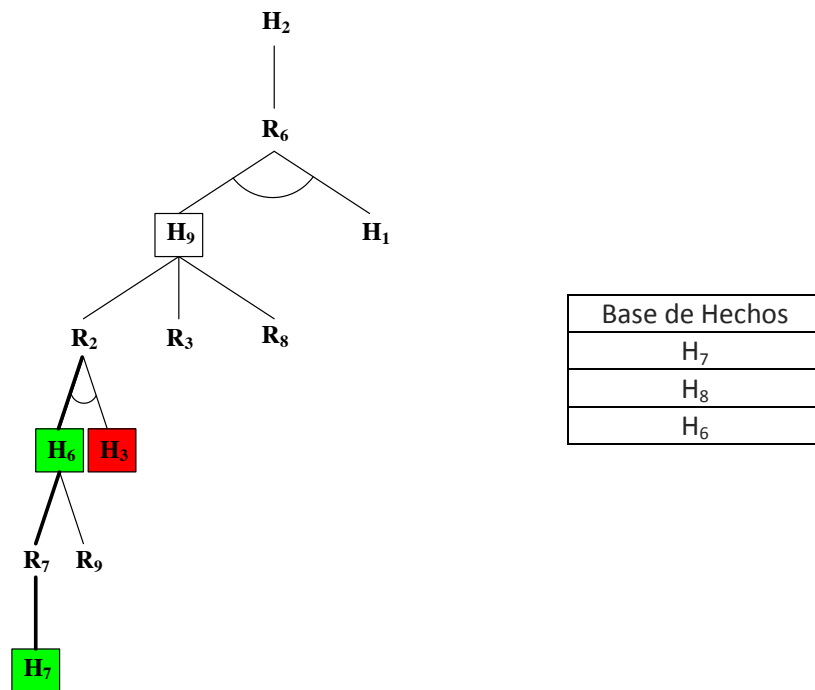
Base de Hechos
$H_7$
$H_8$

**Iteración 3:**

Comprobamos  $H_7$  en la base de hechos, al estar  $H_6$  queda demostrado.

Añadimos  $H_6$  a la base de hechos.

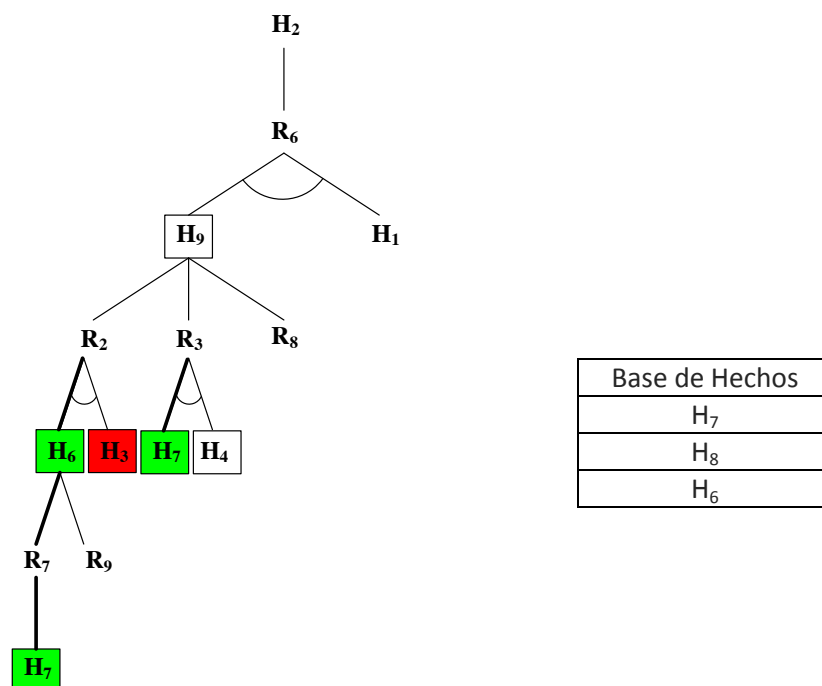
- $H_3$  es el nuevo estado objetivo.
- $H_3$  al no estar en la base de hechos, ni existir ninguna regla que lo genere no se puede demostrar por lo tanto no es cierto.



Al no poder demostrarse  $H_3$ , no se cumple el antecedente de  $R_2$ , habrá que recurrir a la  $R_3$  para ver si podemos demostrar  $H_9$ .

Obtenemos los antecedentes de la  $R_3$ .

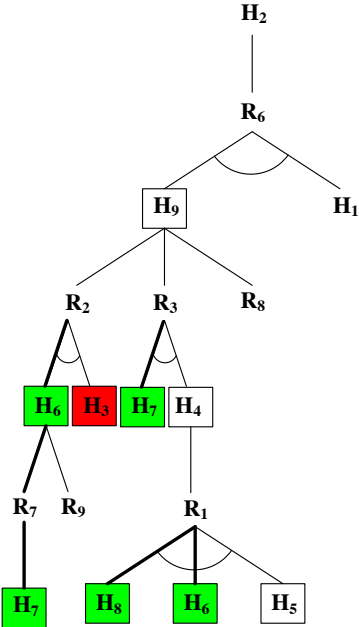
- $H_7$  esta en la base de hechos por lo tanto queda verificado
- $H_4$  es el nuevo estado objetivo.



Iteración 4:

Comprobamos si  $H_4$  esta en la base de hechos como vemos que no, miramos en la base de afirmaciones obtenemos las reglas que generan  $H_4$  y obtenemos la  $R_1$ .  
Obtenemos los antecedentes de la  $R_1$ .

- Vemos que  $H_8$  y  $H_6$  ya están en la base de hechos.
- $H_5$  es el nuevo estado objetivo.

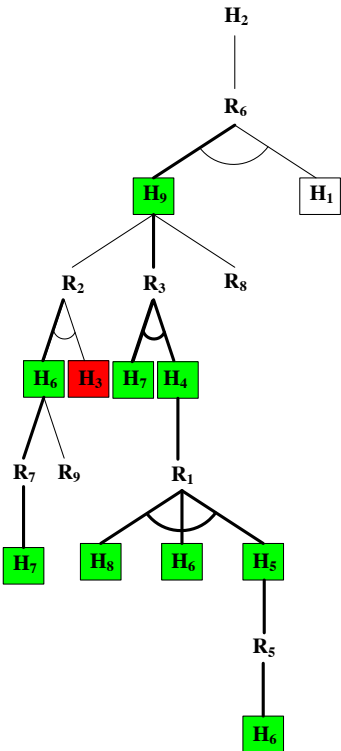


Base de Hechos
H7
H8
H6

Iteración 5:

Como  $H_5$  no esta en la base de hechos obtenemos las reglas que lo generan, y vemos que  $H_5$  es generado por  $R_5$ .  
Obtenemos los antecedentes de  $R_5$ .

- Vemos que  $H_6$  que ya esta en la base de hechos por lo tanto queda comprobado.
- $H_4$  se demuestra por que  $H_8$  ,  $H_6$  y  $H_5$  son ciertos
- $H_9$  también se demuestra por que  $H_7$  y  $H_4$  son ciertos.
- $H_1$  es el nuevo estado objetivo



Base de Hechos
H7
H8
H6
H5
H4
H9

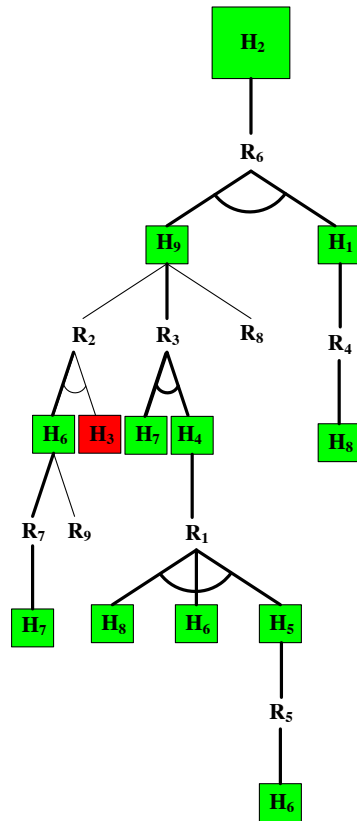


**Iteración 6:**

Comprobamos que  $H_1$  no está en la base de hechos y buscamos reglas que lo generen. Vemos que la  $R_4$  lo genera.

Obtenemos los antecedentes de  $R_4$ .

- Vemos que es  $H_8$  ya existe en la base de hechos por lo tanto es cierto  $H_1$ .
- $H_2$  el estado meta es cierto por que se cumple la regla  $R_6$  ya que es cierto  $H_9$  y  $H_1$ .



Base de Hechos
$H_7$
$H_8$
$H_6$
$H_5$
$H_9$
$H_1$
$H_2$

**3. Sea el conjunto de variables multivaluadas  $X_1, X_2, X_3$  y  $X_4$ , y la variable univaluada  $X_5$ . Dado el siguiente conjunto de reglas, aplique la estrategia de inferencia adecuada si el objetivo es conocer los valores de la variable  $X_4$ :**

$R_1$ : Si  $X_1=(a)$  y  $X_1=(b) \rightarrow X_3=(f)$

$R_2$ : Si  $X_1=(b) \rightarrow X_3=(g)$

$R_3$ : Si  $X_1=(d)$  y  $X_5 > 0 \rightarrow X_3=(e)$

$R_4$ : Si  $X_1=(c)$  y  $X_5 < 30 \rightarrow X_4=(h)$

$R_5$ : Si  $X_2=(d)$  y  $X_5 < 10 \rightarrow X_4=(i)$

$R_6$ : Si conocido( $X_1$ ) y  $X_3 \neq e \rightarrow X_2=(d)$

La base de hechos inicial contiene el hecho  $X_5=5$ . El predicado “conocido” devuelve verdadero si el argumento tiene algún valor asignado en la base de hechos en ese instante (no se intenta deducir un valor para  $X_1$ ) y falso en otro caso.

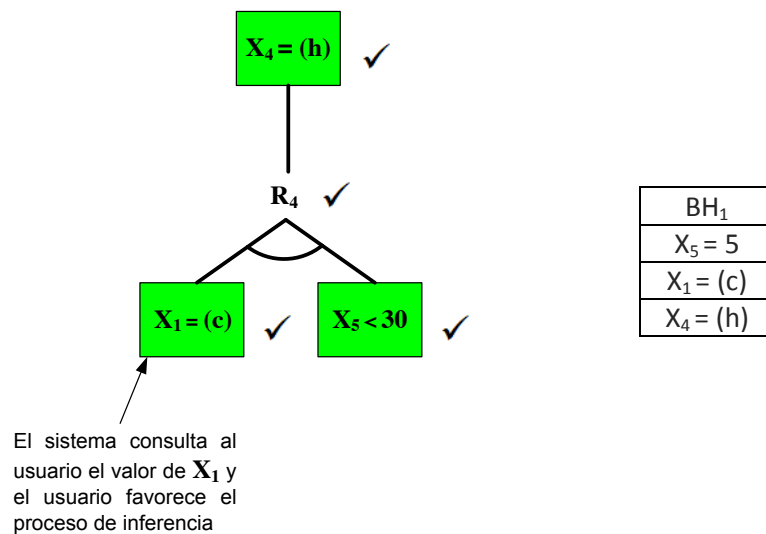
La condición  $\neq$  devuelve verdadero si en la base de hechos no aparece el hecho  $X_3=(e)$  ni este se puede deducir de la aplicación de alguna de las reglas en otro caso devuelve falso. Además, considere que el sistema puede consultar posibles valores de cualquier variable excepto  $X_4$  y  $X_2$ .

La estrategia a aplicar es encadenamiento hacia atrás ya que conocemos el estado meta ( $X_4$ ). Si aplicáramos encadenamiento hacia delante, habrá pasos en el proceso de inferencia que realmente no son necesarios para llegar al objetivo.

$BH_0$
$X_5 = 5$

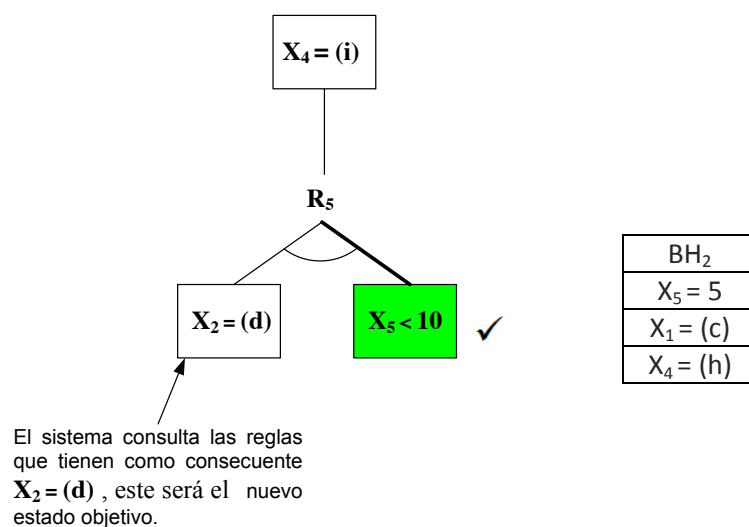
La primera regla a aplicar es la  $R_4$  cuyo consecuente es  $X_4=(h)$  comprobamos los antecedentes de esta regla.

- $X_5 < 30$  : En la base de hechos  $X_5=5$  con lo cual esta condición es verdadera.
- $X_1=(c)$  : No sabemos si es cierto con la información de la que disponemos pero como disponemos del axioma de mundo abierto para todas las variables menos la  $X_4$  y  $X_2$ . Por lo tanto preguntamos al usuario el valor de  $x_1$ . Para favorecer el proceso nos da el valor de  $c$  haciendo posible esta regla con lo cual apuntara en la base de hechos  $X_1=(c)$  y  $X_4=(h)$ .



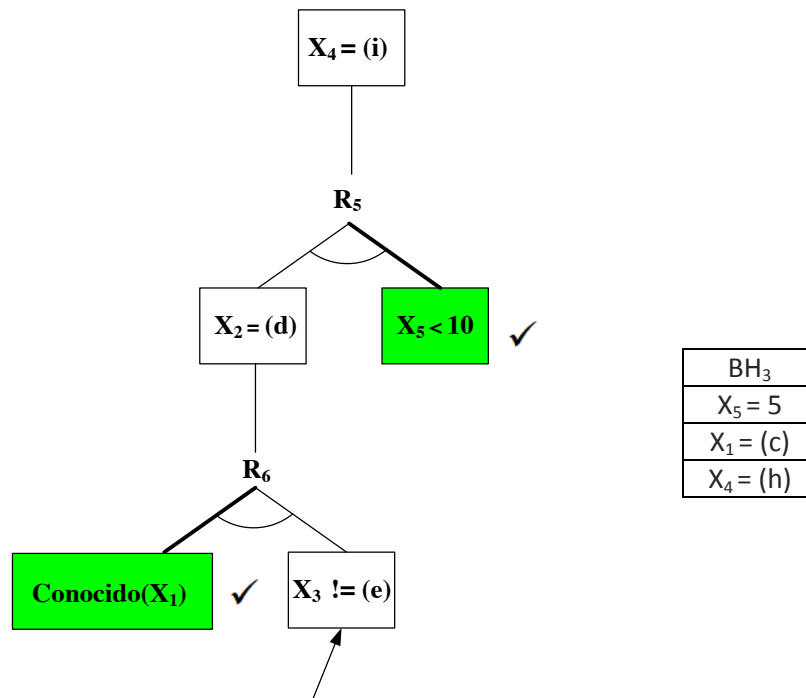
Como  $X_4$  es multivaluada hay otra regla a aplicar la  $R_5$  cuyo consecuente es  $X_4=(i)$

- $X_5 < 10$  : Esta es verdad por que en la base de hechos  $X_5=5$ .
- $X_2=(d)$  : Será observado en la base de afirmaciones si hay alguna regla que lo tenga como consecuente.

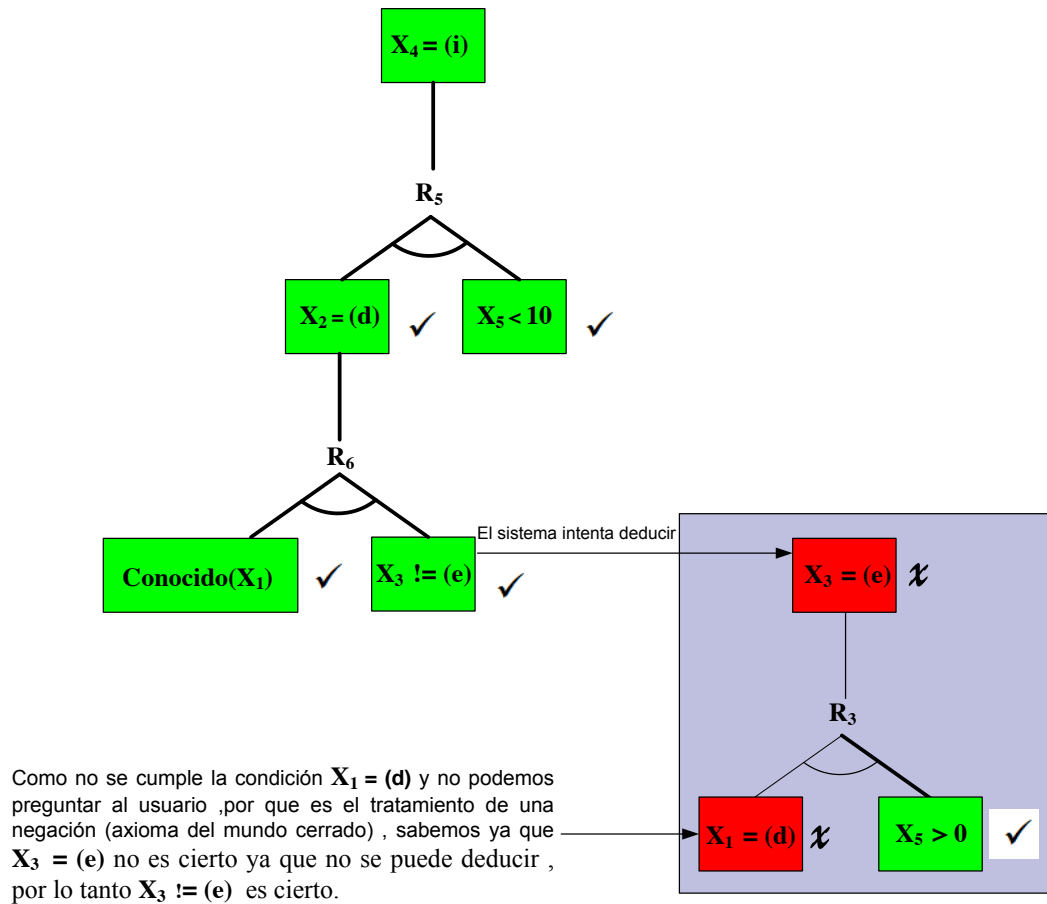


Ahora vamos a desglosar las reglas que tiene como consecuente  $X_2=(d)$ , la única regla que podríamos hacer es la  $R_6$  que tiene como antecedentes  $\text{conocido}(X_1)$  y  $X_3 \neq (e)$ .

- $\text{conocido}(X_1)$  : Como  $x_1$  tiene valor en la base de hechos este hecho es verídico.
- $X_3 \neq (e)$  : Es una negación de un hecho, el hecho  $X_3=(e)$ , para tratar las negaciones el sistema utiliza el axioma del mundo cerrado, por lo tanto intentara deducir si es cierta la condición  $X_3=(e)$ , y si no lo consigue, supone que  $X_3 \neq (e)$ , Como en la base de reglas o afirmaciones no hay para  $X_3$ , hay que ejecutar la  $R_3$  que tiene como consecuente  $X_3=(e)$ .



Se marca como nuevo hecho objetivo, en este caso es una negación el sistema utiliza el axioma del mundo cerrado para su tratamiento



BH <sub>4</sub>
$X_5 = 5$
$X_1 = (c)$
$X_3 \neq (e)$
$X_2 = (d)$
$X_4 = (h, i)$

**4. Dadas las siguientes reglas:**

R<sub>1</sub>: Si  $X_1=a$  y conocido( $X_2$ )  $\rightarrow X_2=b$

R<sub>2</sub>: Si  $X_1=c$  y  $X_3 < 15 \rightarrow X_4=d$

R<sub>3</sub>: Si  $X_2=b$  y  $X_3 < 5 \rightarrow X_4=f$

donde todas las variables son multivaluadas excepto  $X_3$  y la base de hechos inicial contiene:

- 1 :  $X_1=a$ ;
- 2 :  $X_2=b$ ;
- 3 :  $X_3=10$ ;
- 4 :  $X_1=c$

BH <sub>0</sub>
1 : $X_1=(a)$
2 : $X_2=(b)$
3 : $X_3=10$
4 : $X_1=(c)$

- a) Indique, para encadenamiento hacia adelante, las instancias de las reglas con los hechos que las activan , y la regla que se selecciona para ser ejecutada según el criterio de actualidad.

La instancia de las reglas son estas:

$(R_1, \{ 1: X_1=a, 2 : X_2=b \})$  La regla 1 es activada por los hechos  $X_1=a$  y  $X_2$  al tener un valor.

$(R_2, \{ 4 : X_1=c, 3 : X_3=10 \})$  La regla 2 es activada por los hechos  $X_1=c$  y  $X_3$  es menor que 15.

El criterio de actualidad pretende seleccionar aquella instancia de regla tal que el conjunto de sus condiciones haya sido el mas reciente en formarse. Se ordena para cada instancia los tiempos en que cada condición se ha cumplido (de mayor a menor), completando con ceros a la derecha si es necesario. La ordenación entre instancias se realiza teniendo en cuenta el valor de los números formados en el paso anterior.

$$R_1: \{ 1 \ 2 \} \xrightarrow{\text{mayor\_a\_menor}} R_1: \{ 2 \ 1 \}$$

$$R_2: \{ 4 \ 3 \} \xrightarrow{\text{mayor\_a\_menor}} R_1: \{ 4 \ 3 \}$$

El orden final seria  $R_2(43)$ ,  $R_1(21)$ . Por tanto  $R_2$  será la primera regla seleccionada para su ejecución.

Tras la ejecución de la regla.

BH <sub>1</sub>
1 : $X_1=(a)$
2 : $X_2=(b)$
3 : $X_3=10$
4 : $X_1=(c)$
5 : $X_4=(d)$

- b) ¿Qué es necesario para que termine el proceso de inferencia?

Hay que aplicar mecanismos de refractariedad (se impide que dicha regla vuelva a ser ejecutada) para impedir que se ejecute esta regla indefinidamente.

2. Para un SBR cuya base de afirmaciones esta vacía, razone si se podrían obtener diferentes resultados si se aplicase o no el axioma del mundo cerrado y encadenamiento hacia delante.

Si semáforo=verde  $\rightarrow$  cruzar

Si no(semáforo=verde)  $\rightarrow$  pulsar\_boton

Si semáforo=rojo  $\rightarrow$  no(semáforo=verde)

**Nota :** en este ejercicio no(x) indica que x es falso. No confundir con que x no exista.

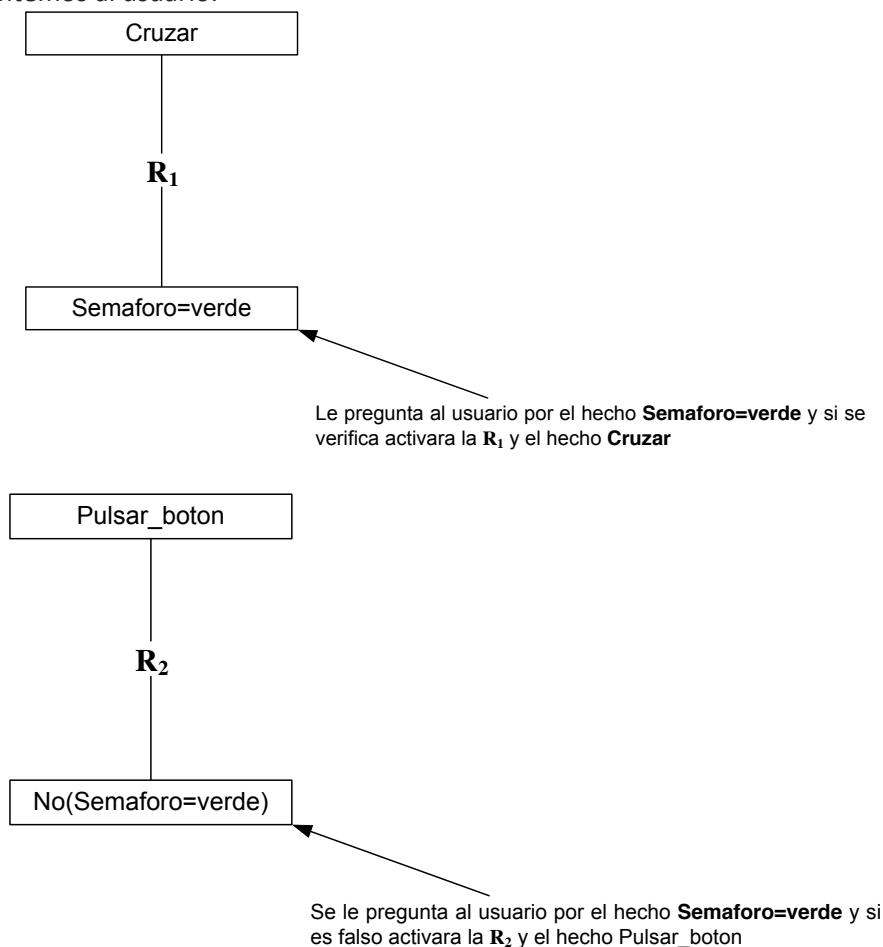
Si la base de afirmaciones está vacía significa que no tenemos hechos o afirmaciones conocidos inicialmente.

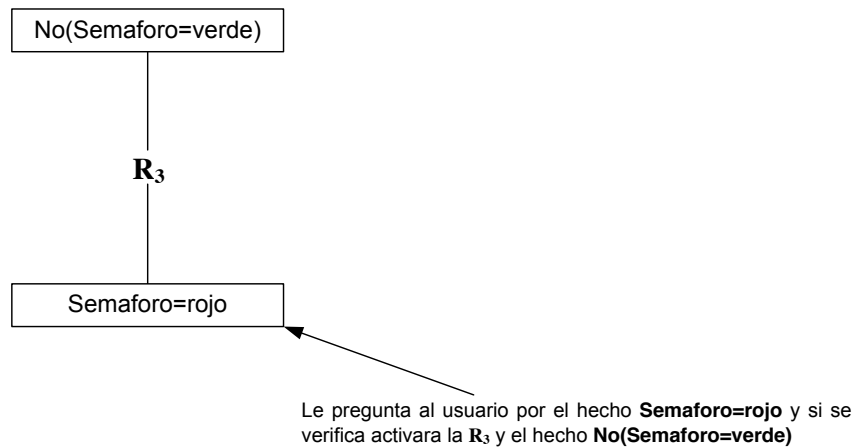
Por lo tanto si no aplicamos el axioma del mundo cerrado podremos preguntar por los hechos, favoreciendo el proceso de inferencia. Las reglas se encuentran en la base de conocimiento esta contiene las reglas del SBR pero como no tenemos ningún hecho en la base de afirmaciones tendremos que preguntar al usuario por los hechos.

Si utilizamos el axioma del mundo cerrado con encaminamiento hacia adelante, al no poder obtener información del usuario, no podremos ejecutar las reglas ya que en la base de afirmaciones no hay información de hechos, por lo tanto no se puede aplicar.

**Si el encadenamiento fuese hacia atrás. ¿Habría diferentes resultados utilizando o no el axioma del mundo cerrado?**

Si no aplicamos el axioma del mundo cerrado obtendremos, afirmaciones según preguntemos al usuario.





Si aplicamos el axioma del mundo cerrado, el sistema no podrá deducir ninguno de los hechos que afirman hechos con lo cual no se podrá realizar el proceso de inferencia.

**3. El siguiente SBR utiliza el axioma del mundo cerrado. Pero ¿Debería utilizar dependencia reversible o irreversible entre las diferentes condiciones del antecedente?**

**Si HAY\_CORRIENTE y SE\_PULSA\_BOTON  $\rightarrow$  ORDENADOR\_ENCENDIDO;**

En este caso habrá que aplicar dependencia reversible ya que si en cualquier instante las afirmaciones que hacen cierto el antecedente de una regla son anulados, hay que anular también los hechos inferidos por el consecuente.

En este caso si  $\neg(\text{HAY\_CORRIENTE}) \rightarrow \neg(\text{ORDENADOR\_ENCENDIDO})$

La dependencia irreversible quiere decir que una vez se ha inferido un hecho, no puede ser invalidado o anulado. Por ejemplo, en el caso de una cámara de fotos, si tenemos en el antecedente dar la luz al carrete y en el consecuente el carrete se vela, si una vez le da la luz y luego ya no, el carrete seguirá velado, no hay que eliminar el hecho carrete velado.

**4. Hacer un sistema de reglas para:**

• **Guiar una hormiga en un laberinto cuadrulado. La hormiga es capaz de avanzar un paso, girar 90º a la izquierda o a la derecha, detectar si hay un muro delante suya, o a la izquierda o a la derecha, y detectar si ha salido del laberinto.**

```
IF ¬hayMuroDelante THEN avanzarUnPaso
IF hayMuroDelante ^ ¬hayMuroDcha THEN gira90Dcha
IF hayMuroDelante ^ ¬hayMuroIzqda THEN gira90Izqda
IF hayMuroDelante ^ hayMuroDcha ^ hayMuroIzqda THEN gira90Dcha ^ gira90Dcha
IF saleDelLaberinto THEN stop
```

Utiliza el axioma del mundo cerrado

Usa dependencias reversibles

Encadenamiento hacia adelante

5. Resuelve el siguiente problema diseñando un Sistema Basado en Reglas que pueda dar respuesta a la pregunta

**Paradoja de la esfera:** Sea una esfera perfecta cuyo radio es diez veces mayor al del sol.

Sea una cinta que rodea a la esfera por su ecuador sin dejar oquedad en ninguno de sus tramos. Supongamos que aumentamos la longitud de la cinta exactamente un metro, y que la oquedad que se produce entre la cinta y la esfera se distribuye uniformemente por toda ella. Se pregunta:

- ¿Cuáles de los siguientes objetos pueden pasar, sin necesidad de tirar de la cinta de ninguno de sus tramos, por la oquedad entre la ella y la esfera?

Pueden pasar todos los objetos que tengan menos de 15,91 cm, esto es para todas las esferas independientemente de su tamaño. Demostración:

Perímetro de la esfera:  $2\pi R$

Perímetro de la cinta:  $2\pi R$

Perímetro de la cinta más un metro:  $2\pi R + 1$

Obtenemos la siguiente igualdad:

$$2\pi R + 1 = 2\pi(R + r)$$

$r$  es la parte de radio que hay entre la esfera y la cinta.

Despejamos

$$2\pi R + 1 = 2\pi R + 2\pi r$$

$$2\pi R - 2\pi R + 1 = 2\pi r$$

$$1 = 2\pi r$$

Por lo tanto podemos calcular el tamaño de la oquedad:

$$r = \frac{1}{2\pi} = 0,159154 \text{ aproximadamente } 16 \text{ cm.}$$

- **¿Nada, un folio o de papel, una mano, una pelota de béisbol?**

Caben todos los objetos.

- **El SBR para la paradoja de la esfera:**

Si  $2\pi \cdot (\text{"Radio\_del\_sol"} \cdot 10) \rightarrow \text{Perímetro\_Esfera}$

Si  $\text{Perímetro\_Esfera} \rightarrow \text{Perímetro\_Cinta}$

Si  $\text{Perímetro\_Cinta} + 1\_metro \rightarrow \text{Perímetro\_Cinta\_Mas\_Un\_Metro}$

Si  $\frac{1\_metro}{2\pi} \rightarrow \text{Espacio\_entre\_Esfera\_y\_Cinta}$

Si  $(\text{Espacio\_entre\_Esfera\_y\_Cinta} > \text{Tamaño\_Objeto(m)}) \rightarrow \text{Podra\_Pasar}$

4. Sean el siguiente conjunto de reglas que se ejecutan en un SBR con encadenamiento hacia adelante, axioma de mundo cerrado, principio de refracción, variables multivaluadas, y base de hechos inicial (1:  $X_3=20$ , 2:  $X_2=5$ , 3:  $X_1=0$ ):

$R_1$ : Si  $X_2 < 50$  y  $X_2 > 0$  y  $X_3 > 15$  y conocido( $X_1$ )  $\rightarrow$  afirmar( $X_1=2 \cdot X_2 + X_1$ )

$R_2$ : Si  $X_2 < 15$  y  $X_1=0 \rightarrow$  afirmar( $X_1=3 \cdot X_2$ )

**Base de hechos inicial:**

BH <sub>0</sub>
1: $X_3=20$
2: $X_2=5$
3: $X_1=0$



**Indica los valores de la variable  $X_1$  en las dos siguientes iteraciones, cuando el control del razonamiento utilizado de prioridad a las reglas:**

**a) De menor índice.**

$R_1$ : Si  $X_2 < 50$  y  $X_2 > 0$  y  $X_3 > 15$  y conocido( $X_1$ )  $\rightarrow$  afirmar( $X_1 = 2 \cdot X_2 + X_1$ )

$R_2$ : Si  $X_2 < 15$  y  $X_1 = 0 \rightarrow$  afirmar( $X_1 = 3 \cdot X_2$ )

Base de hechos:

BH <sub>0</sub>
$X_3 = 20$
$X_2 = 5$
$X_1 = 0$

**Iteración 1:**

Se activa  $R_1$  y  $R_2$  pero el sistema selecciona la de menor índice por lo tanto  $X_1$  toma el valor de 10.

BH <sub>1</sub>
$X_3 = 20$
$X_2 = 5$
$X_1 = 0$
$X_1 = 10$

**Iteración 2:**

Se ejecuta  $R_2$ , ya que  $R_1$  permanece inactiva hasta el final del proceso (principio de refracción), por lo tanto  $X_1$  toma el valor de 15.

BH <sub>2</sub>
$X_3 = 20$
$X_2 = 5$
$X_1 = 0$
$X_1 = 10$
$X_1 = 15$

**b) Utiliza el principio de especificidad.**

Se prefieren para su ejecución las reglas mas especificas.

Ejemplo:

$R_1$ : Si a  $\rightarrow$  b

$R_2$ : Si a y d  $\rightarrow$  e

Con una base de afirmaciones inicial {a, d}

Se ejecuta  $R_2$  antes que  $R_1$  por ser mas especifica.

$R_1$ : Si  $X_2 < 50$  y  $X_2 > 0$  y  $X_3 > 15$  y conocido( $X_1$ )  $\rightarrow$  afirmar( $X_1 = 2 \cdot X_2 + X_1$ )

$R_2$ : Si  $X_2 < 15$  y  $X_1 = 0 \rightarrow$  afirmar( $X_1 = 3 \cdot X_2$ )

Base de hechos:

BH <sub>0</sub>
$X_3 = 20$
$X_2 = 5$
$X_1 = 0$

**Iteración 1:**

Se activa la  $R_1$  por que es más específica que la  $R_2$ , por lo tanto  $X_1$  toma el valor de 10.

BH <sub>1</sub>
X <sub>3</sub> =20
X <sub>2</sub> =5
X <sub>1</sub> =0
X <sub>1</sub> =10

**Iteración 2:**

Se activa la R<sub>2</sub>, por lo tanto afirma X<sub>1</sub> con el valor de 15.

BH <sub>2</sub>
X <sub>3</sub> =20
X <sub>2</sub> =5
X <sub>1</sub> =0
X <sub>1</sub> =10
X <sub>1</sub> =15

**c) Utiliza el principio de actualidad.**

R<sub>1</sub>: Si X<sub>2</sub><50 y X<sub>2</sub>>0 y X<sub>3</sub>>15 y conocido(X<sub>1</sub>) → afirmar(X<sub>1</sub>=2·X<sub>2</sub>+X<sub>1</sub>)

R<sub>2</sub>: Si X<sub>2</sub><15 y X<sub>1</sub>=0 → afirmar(X<sub>1</sub>=3·X<sub>2</sub>)

Base de hechos:

BH <sub>0</sub>
1: X <sub>3</sub> =20
2: X <sub>2</sub> =5
3: X <sub>1</sub> =0

**Iteración 1:**

Sacamos las instancias de las reglas

(R<sub>1</sub>, {2: X<sub>2</sub>=5, 2: X<sub>2</sub>=5, 1: X<sub>3</sub>=20, 3: X<sub>3</sub>=0})  $\xrightarrow{\text{de\_mayor\_a\_menor}}$  R<sub>1</sub>(3221)

(R<sub>2</sub>, {2: X<sub>2</sub>=5, 3: X<sub>1</sub>=0})  $\xrightarrow{\text{de\_mayor\_a\_menor\_añadiendo\_ceros}}$  R<sub>2</sub>(3200)

Por lo tanto la primera regla a ejecutar es la R<sub>1</sub>(3221) ya que es mayor.

BH <sub>1</sub>
1: X <sub>3</sub> =20
2: X <sub>2</sub> =5
3: X <sub>1</sub> =0
4: X <sub>1</sub> =10

**Iteración 2:**

Como el razonamiento tiene el principio de refracción la siguiente regla a ejecutar es la R<sub>2</sub> y al ejecutarse se afirma X<sub>1</sub> en la base de hechos con el valor de 15.

BH <sub>2</sub>
1: X <sub>3</sub> =20
2: X <sub>2</sub> =5
3: X <sub>1</sub> =0
4: X <sub>1</sub> =10
5: X <sub>1</sub> =15

Por lo tanto el resultado de la tabla del ejercicio será el siguiente:

Iteración	Prioridad menor índice	Especificidad	Actualidad
1	X <sub>1</sub> =10	X <sub>1</sub> =10	X <sub>1</sub> =10
2	X <sub>1</sub> =15	X <sub>1</sub> =15	X <sub>1</sub> =15