

Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales

Carrera de Licenciatura en Sistemas de Información

Ing. Alice Raquel Rambo



Ministerio de Educación

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Universidad Nacional de Misiones

Inteligencia Artificial

SISTEMAS EXPERTOS BASADOS EN REGLAS

Contenido

- *Sistemas Expertos Basados en Reglas*
- *Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo*
- *El Motor de Inferencia*
- *Control de Coherencia*
- *Explicación de Conclusiones*
- *Equivalencia de Reglas*
- *Ventajas y Desventajas*
- *Prácticas de S.E. Basados en Reglas*
- *Ejemplos de S.E. Basados en Reglas*

Sistemas_Expertos Basados en Reglas

- ✓ Los Sistemas Expertos Basados en Reglas, son las estructuras de sistemas expertos mas comprensibles para la lógica humana, se basan en reglas y su forma de trabajo se basa en encadenamientos de reglas, lo cual el ser humano usa en forma intuitiva en su vida diaria
- ✓ Ejemplos:
 - transacciones bancarias
 - sistemas de seguridad

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

- ✓ En los Sistemas Expertos Basados en Reglas, intervienen dos elementos fundamentales en su definición:
 - la Base de Conocimiento
 - los Datos

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

✓ El Conocimiento:

- es el elemento de naturaleza estática o permanente en los sistemas expertos
- no cambian de una aplicación a otra, a menos que se incorporen al sistema experto elementos de aprendizaje
- consiste en un conjunto de objetos y un conjunto de reglas que gobiernan las relaciones entre esos objetos
- se almacenada en la Base de Conocimiento

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

✓ Los Datos:

- son el elementos de naturaleza dinámica en los sistemas expertos
- puede cambiar de una aplicación a otra,
- están formados por la evidencia o los hechos conocidos en una situación particular, son transitorios
- se almacenan en la Memoria de Trabajo

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

✓ Reglas:

- Una Regla es una afirmación lógica que relaciona dos o más objetos

- Este formalismo se llama indistintamente:
 - Reglas de Producción
 - Reglas
 - Producción

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

Reglas del tipo: “**SITUACION - ACCION**”

“**SI** premisa **ENTONCES** acciones”

“**SI** condiciones **ENTONCES** conclusiones”

- ✓ Partes de una Regla:

Incluye dos partes que consisten de expresiones lógicas con una o mas afirmaciones objeto -valor conectadas mediante operadores lógicos:

- la Premisa, Condición o Antecedente o: se encuentra entre el si y el entonces y puede tener conectores lógicos “**si....**”
- la Conclusión o Acción: de encuentra despues de la palabra clave “**entonces....**”

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

Valores Posibles que usan las Reglas

Objetos	Conjunto de Valores Posibles
Nota	{0,1,.....,10}
Calificación	{sobresaliente, notable, aprobado, suspenso}
Puesto	{ 0,1,.....,100}
Admitir	{si, pendiente, no}
Notificar	{ si, no }

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

Tipos de Reglas:

➤ Regla Simple: contiene solo expresiones lógicas simples

- Regla 1 (regla simple):

Si nota > 9, entonces calificación = sobresaliente

➤ Regla Compuesta: contiene expresiones lógicas compuestas

- Regla 2 (regla compuesta):

Si puesto < 20 o nota > 7, entonces admitir = si y notificar = si

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

- Ejemplo de Regla:

Regla-1

*Si la cuenta de un cliente no ha sido calificada
y el cliente tiene una buena historia de pagos
entonces
califique la cuenta como prioritaria*

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

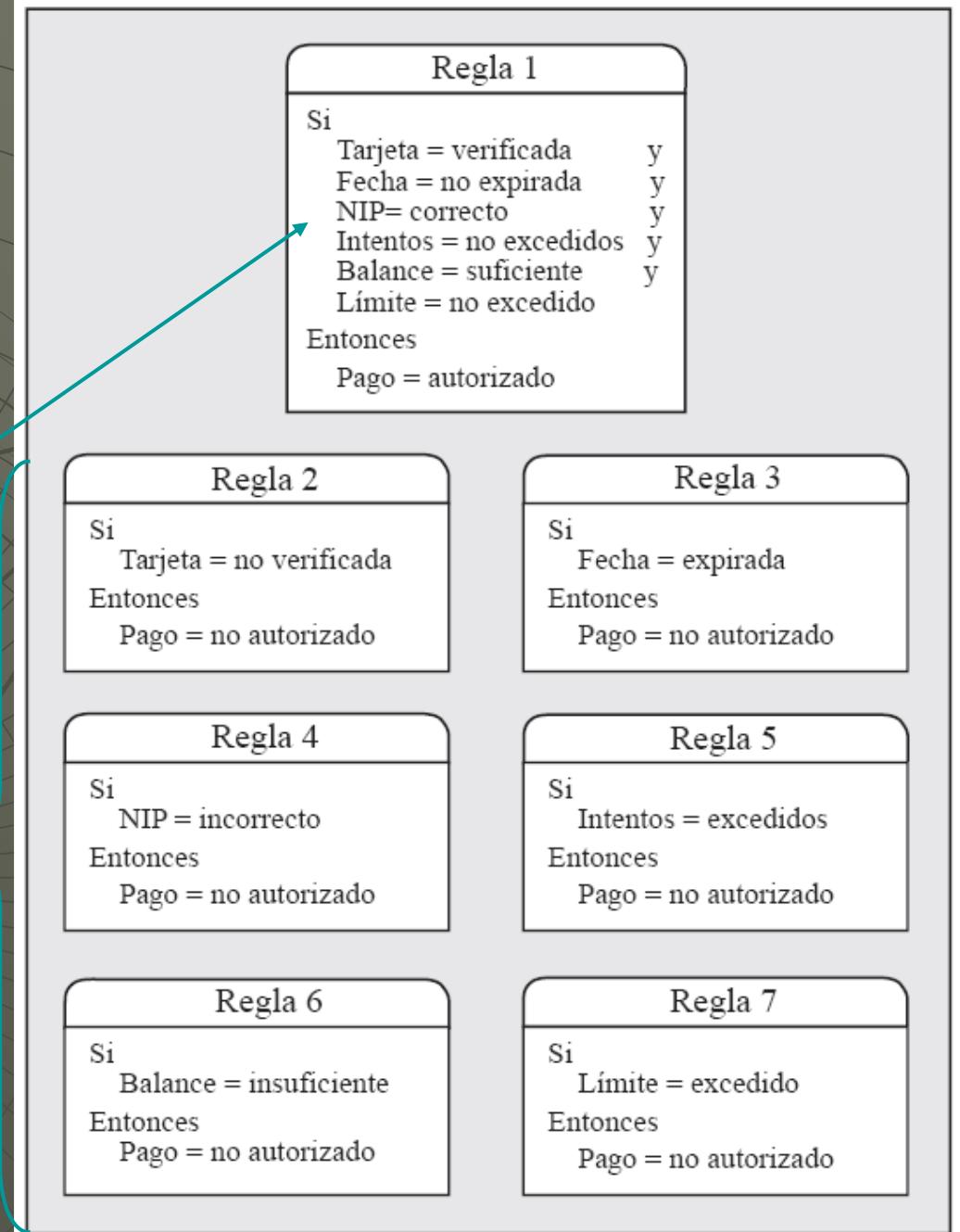
Valores Posibles que usan las Reglas

Objeto	Conjunto de posibles valores
Tarjeta	{verificada, no verificada}
Fecha	{expirada, no expirada}
NIP	{correcto, incorrecto}
Intentos	{excedidos, no excedidos}
Balance	{suficiente, insuficiente}
Límite	{excedido, no excedido}
Pago	{autorizado, no autorizado}

Ejemplos de reglas para sacar dinero de un cajero automático.

Cuando debe permitirse

Cuando debe rechazarse



Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

- ◆ Valores Posibles que usan las Reglas: Una base de datos mostrando cuatro objetos y sus valores correspondientes para el ejemplo de las personas famosas.

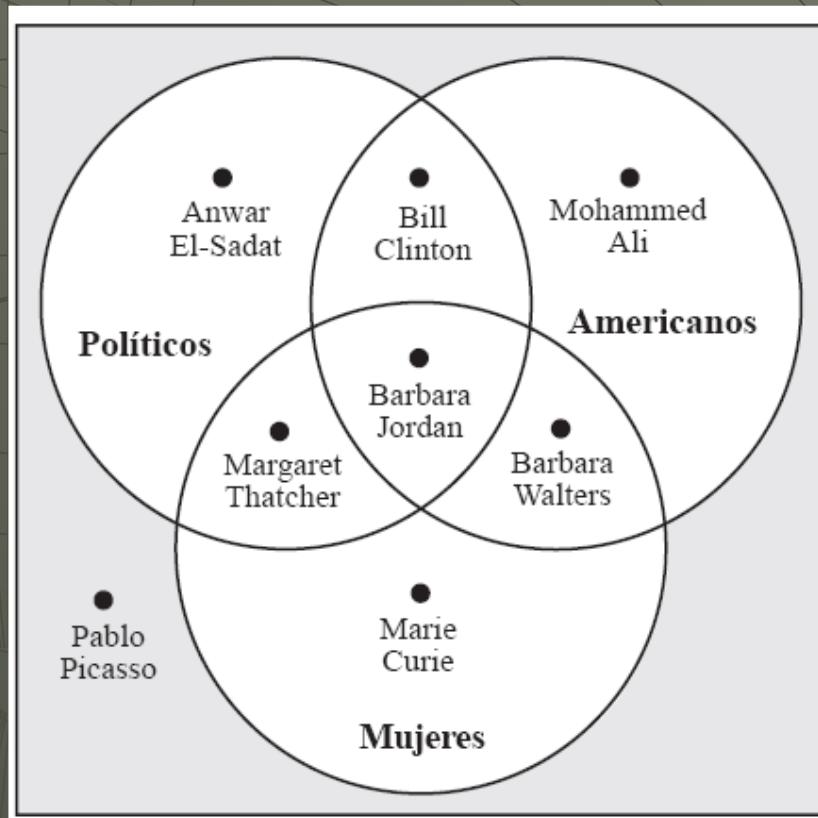
Nombre	Americano	Político	Mujer
Barbara Jordan	sí	sí	sí
Bill Clinton	sí	sí	no
Barbara Walters	sí	no	sí
Mohammed Ali	sí	no	no
Margaret Thatcher	no	sí	sí
Anwar El-Sadat	no	sí	no
Marie Curie	no	no	sí
Pablo Picasso	no	no	no

A partir de la Tabla 2.3 se pueden construir reglas para identificar a cada persona, resultando un total de ocho reglas. Por ejemplo, la regla siguiente corresponde al presidente Clinton:

- Regla 1: Si *Nombre* = *Clinton*, entonces *Americano* = *si* y *Político* = *si* y *Mujer* = *no*.

Las restantes siete reglas pueden construirse de forma análoga.

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo



Un ejemplo de una base de datos con tres atributos binarios que dividen la población en ocho conjuntos disjuntos.

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

Arquitectura de un Sistemas de Producción :

- Conjunto de Reglas – Conocimiento
- Memoria de Trabajo (MT) – Datos
- Máquina o Motor de Inferencia

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

Base de Conocimiento (BC)

- ✓ Representa la información del Sistema Experto de naturaleza estática o permanente
- ✓ No cambian de una aplicación a otra, solo cambia cuando se incorpora al sistema experto elementos de aprendizaje
- ✓ Es un conjunto de objetos y un conjunto de reglas que gobiernan las relaciones entre esos objetos
- ✓ Ejemplo de regla:

“**SI** persona edad = 33 y actividad = programador, **ENTONCES** cobra antigüedad con adicional”

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

Memoria de Trabajo (MT)

- ✓ Base de datos de símbolos representando hechos
- ✓ Los Datos son instancias de objetos
 - objetos físicos
 - hechos relacionados con la aplicación
 - objetos conceptuales relacionados con estrategias de solución
- ✓ Su contenido indica el estado de solución y conducen la ejecución de las reglas
- ✓ Objetos de la MT son Ternas
(Objeto - Atributo - Valor)
(Raúl edad 38)

Base de Conocimiento y Memoria de Trabajo

Algunos sistemas imponen restricciones a las reglas:

- ◆ No permitir en la premisa el operador lógico *o*, y
- ◆ Limitar las conclusiones a expresiones lógicas simples.

En primer lugar, las reglas que satisfacen estas restricciones son fáciles de tratar a la hora de escribir un programa de ordenador.

En segundo lugar, las dos restricciones anteriores no dan lugar a una perdida de generalidad, puesto que reglas mucho más generales pueden ser reemplazadas por conjuntos de reglas de esta forma.

A esto se le llama *sustitución de reglas*.

Equivalencia de Reglas

Regla	Reglas Equivalentes
Si $A \circ B$, entonces C	Si A , entonces C Si B , entonces C
Si $\overline{A \circ B}$, entonces C	Si $\bar{A} y \bar{B}$, entonces C
Si $\overline{A y B}$, entonces C	Si \bar{A} , entonces C Si \bar{B} , entonces C
Si $(A \circ B) y C$, entonces D	Si $A y C$, entonces D Si $B y C$, entonces D
Si $\overline{(A \circ B)} y C$, entonces D	Si $\bar{A} y \bar{B} y C$, entonces D
Si $\overline{A y B} y C$, entonces D	Si $\bar{A} y C$, entonces D Si $\bar{B} y C$, entonces D
Si A , entonces $B y C$	Si A , entonces B Si A , entonces C
Si A , entonces $B \circ C$	Si $A y \bar{B}$, entonces C Si $A y \bar{C}$, entonces B
Si A , entonces $\overline{B y C}$	Si $A y B$, entonces \bar{C} Si $A y C$, entonces \bar{B}
Si A , entonces $\overline{B \circ C}$	Si A , entonces \bar{B} Si A , entonces \bar{C}

Equivalencia de Reglas

Equivalencia de Premisas

A	B	\bar{A}	\bar{B}	$\bar{A} o \bar{B}$	$\bar{A} y \bar{B}$
C	C	F	F	F	F
C	F	F	C	F	F
F	C	C	F	F	F
F	F	C	C	C	C

La regla:

Si $A o B$, entonces C

es equivalente a las reglas:

Si A , entonces C

Si B , entonces C

La regla:

Si $A o B$, entonces C

es equivalente a la regla:

Si $A y B$, entonces C

Equivalencia de Reglas

Equivalencia de Premisas

La regla: _____

Si A y B, entonces C

es equivalente _ a las reglas:

Si A, entonces C

Si B, entonces C

La regla:

Si (A o B) y C, entonces D

es equivalente a las reglas:

Si A y C, entonces D

Si B y C, entonces D

Equivalencia de Reglas

Equivalencia de Premisas

La regla: _____

Si (A o B) y C, entonces D
es equivalente _a _ la regla:

Si A y B y C, entonces D

La regla: _____

Si A y B y C, entonces D
es equivalente _a las reglas:

Si A y C, entonces D

Si B y C, entonces D

Equivalencia de Reglas

Equivalencia de Conclusiones

La regla:

Si A, entonces B y C

es equivalente a las reglas:

Si A, entonces B

Si A, entonces C

La regla:

Si A, entonces B o C

es equivalente a las reglas:

Si A y B, entonces C

Si A y C, entonces B

Equivalencia de Reglas

Equivalencia de Conclusiones

La regla:

Si A, entonces B y C

es equivalente a las reglas:

Si A y B, entonces C

Si A y C, entonces B

La regla:

Si A, entonces B o C

es equivalente a las reglas:

Si A , entonces B

Si A , entonces C

Motor de Inferencia

Máquina o Motor de Inferencia

- ✓ Ejecutar o disparar las Reglas
- ✓ Resolución de Conflicto: determina que regla es más relevante según el estado de la MT
- ✓ Etapas del Ciclo:
 - Aparear Reglas
 - Conjunto de Conflicto: par de una regla y un elemento de la MT
 - Seleccionar Reglas
 - Ejecutar Reglas

Motor de Inferencia

Patrón: la regla contiene una o mas variables en su condición.

Condición:

([x] edad = 33) y

([x] actividad = programador)

Motor de Inferencia

Si en la Memoria de Trabajo

- (Raúl edad =33)
(Diana actividad = programador)
=> **NO SE DISPARA LA REGLA**

- (Raúl edad =33) (Diana edad =33)
(Diana actividad = programador)
=> **SE DISPARA LA REGLA**

- (Raúl edad =33) (Diana edad =33)
(Raúl actividad = programador)
(Diana actividad = programador)
=> **SE PRESENTA CONFLICTO**

Motor de Inferencia

Estrategias de Conflicto

✓ Virtudes

- Sensibilidad al Cambio
- Estabilidad y Continuidad en el Razonamiento

✓ Criterios

- No permitir que una regla se aplique más de una vez sobre los mismos datos
- Priorizar los datos más recientes
- Priorizar la especificidad de la regla

Motor de Inferencia

Ejemplo de Estrategias de Conflicto

R1: “**SI** x es un pájaro, **ENTONCES** x puede volar”

R2: “**SI** x es un pájaro, **Y** x es un pingüino, **ENTONCES**
NOT (x puede volar)”

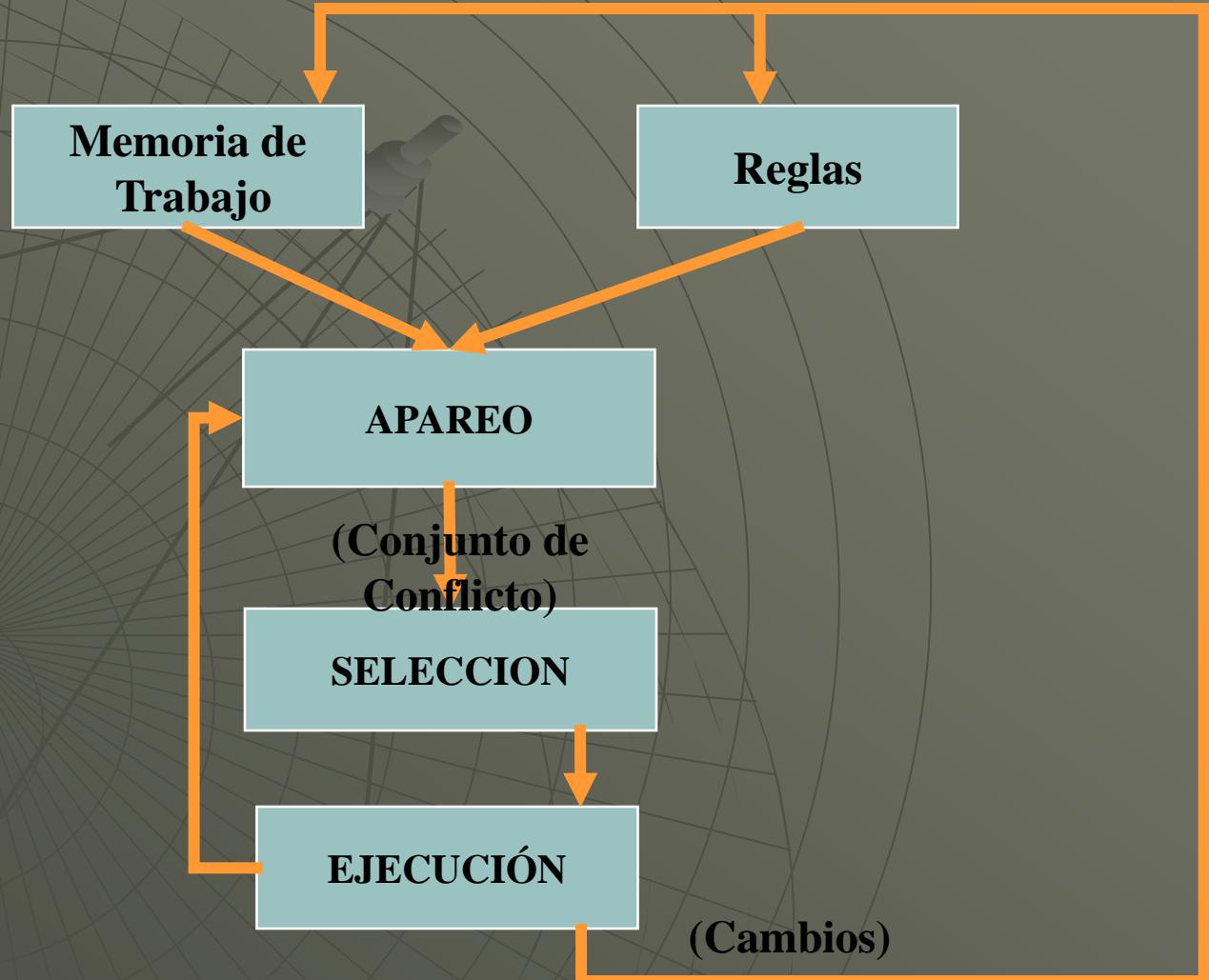
En caso de estar ambas en condiciones de dispararse,
por tener en la MT datos como:

“Pingüi es un pájaro”
“Pingüi en un pingüino”

=>se disparará R2 con preferencia a R1

Motor de Inferencia

Ciclo de Reconocimiento y Acción



Motor de Inferencia

Control en los Sistemas de Producción

- ✓ Criterios de Estrategias de Conflicto
- ✓ Criterios específicos de las Reglas
- ✓ El contenido de la Memoria de Trabajo
- ✓ Activación: Ingreso de un dato
- ✓ Finalización:
 - no hay más reglas disparables
 - una regla accionó una señal de parada

Motor de Inferencia

Control en los Sistemas de Producción

- ✓ Ejecución de Reglas:
 - hacia Adelante
 - hacia Atrás
- ✓ Meta-reglas: reglas que dirigen el razonamiento
- ✓ Elemento de Control en la MT, por etapas
- ✓ Criterios de Coincidencia Parcial
- ✓ Factor de incertidumbre en los elementos de la MT

Motor de Inferencia

Las conclusiones pueden clasificarse en dos tipos: simples y compuestas.

- ◆ Las conclusiones simples son las que resultan de una regla simple.
- ◆ Las conclusiones compuestas son las que resultan de más de una regla. Para obtener conclusiones

Motor de Inferencia

Reglas y Estrategias de Inferencia y Control:

- ✓ En el Motor de Inferencia del sistema experto deben implementarse una o varias de las siguientes reglas o estrategias de inferencia para garantizar la obtención de conclusiones
- ✓ Reglas de Inferencia:
 - **Modus Ponens** (conclusiones simples)
 - **Modus Tollens** (conclusiones simples)
 - **Resolución** (conclusiones compuestas)
- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - **Encadenamiento de Reglas** (conclusiones compuestas)
 - **Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto** (conclusiones compuestas)
 - **Compilación de Reglas** (conclusiones compuestas)

Motor de Inferencia

✓ Reglas de Inferencia:

➤ Modus Ponens

- Obtiene conclusiones simples
- Se mueve hacia adelante de la premisa a la conclusión de una regla
- Se analiza la premisa y si es cierta, la conclusión pasa a formar parte del conocimiento como cierta

MODUS PONENS

Regla:

Si **A** es cierto
Entonces
B es cierto

Hecho:

A es cierto



B es cierto

Se analiza de la premisa a la conclusión

Motor de Inferencia

✓ Reglas de Inferencia:

➤ **Modus Tollens:**

- Obtiene conclusiones simples
- Se mueve hacia atrás de la conclusión a la premisa de una regla
- Se examina la conclusión y si es falsa, se concluye que la premisa también es falsa

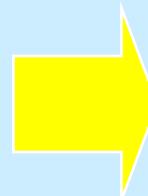
MODUS TOLLENS

Regla:

Si **A** es cierto
Entonces
B es cierto

Hecho:

B es falso



A es falso

Se analiza de la conclusión a la premisa

Motor de Inferencia

✓ Ejemplo

Regla 1

Si

Tarjeta = verificada y
Fecha = no expirada y
NIP = correcto y
Intentos = no excedidos y
Balance = suficiente y
Límite = no excedido

Entonces

Pago = autorizado

Regla 1b

Si

Pago = no autorizado

Entonces

Tarjeta = no verificada o
Fecha = expirada o
NIP = incorrecto o
Intentos = excedidos o
Balance = insuficiente o
Límite = excedido

Se obtiene la Regla 1b. Por ello, utilizar ambas, las reglas Modus Ponens y Modus Tollens cuando la base de conocimiento contiene sólo la Regla 1, es equivalente a usar la regla Modus Ponens cuando la base de conocimiento contiene ambas, la Regla 1 y la Regla 1b.

En este caso de Regla 1, utilizando la equivalencia

$$\overline{A} = C \text{ y } B = \overline{C} \Leftrightarrow \overline{A} = F \text{ o } \overline{B} = F,$$

Motor de Inferencia

✓ Reglas de Inferencia:

➤ Mecanismo de Resolución:

- Obtiene conclusiones Compuestas
- Etapas:
 - Las Reglas son sustituidas por expresiones lógicas equivalentes
 - Estas expresiones lógicas se combinan en otra expresión lógica
 - Esta última expresión lógica se utiliza para obtener conclusiones

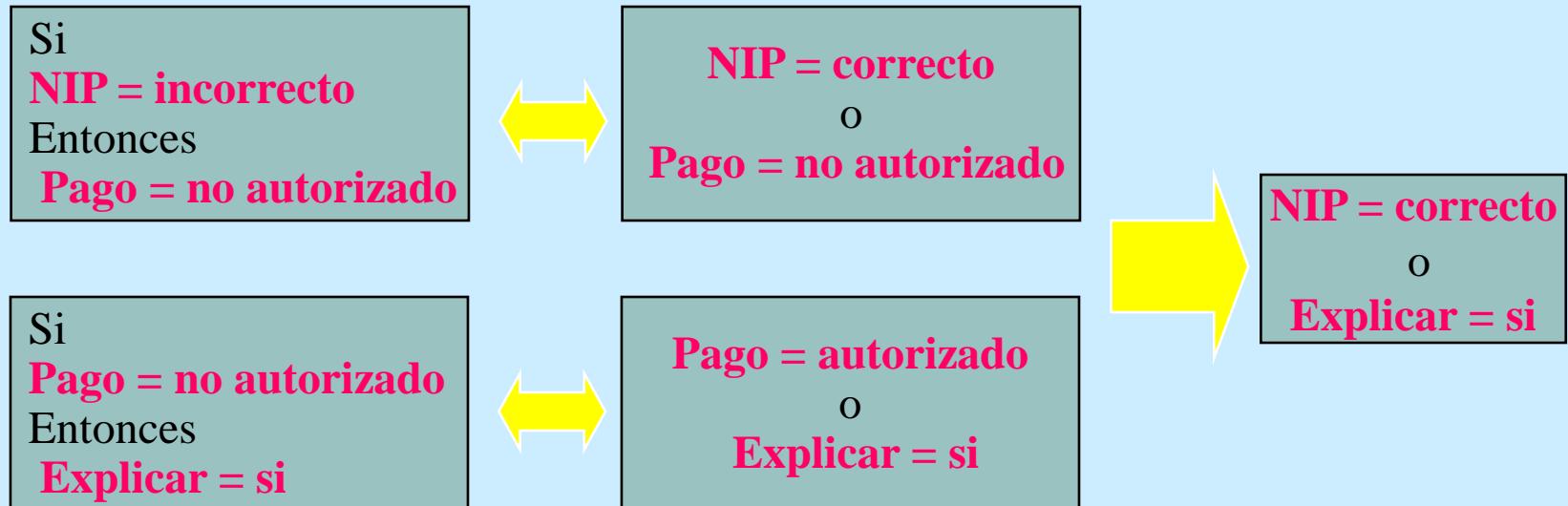
Motor de Inferencia

- ✓ Reglas de Inferencia:
 - Mecanismo de Resolución:
 - Ejemplo de un Cajero Automático:
 - Evidencia:
 - Si **NIP = incorrecto**
 - Reglas:
 - Si **NIP = incorrecto**
entonces **Pago = no autorizado**
 - Si **Pago = no autorizado**
entonces **Explicar = si**

Motor de Inferencia

- ✓ Reglas de Inferencia:
 - Mecanismo de Resolución:
 - Ejemplo de un Cajero Automático: la regla de inferencia correspondiente al mecanismo de resolución conduce a la conclusión Explicar = si

MECANISMO DE RESOLUCION



Motor de Inferencia

- ✓ Reglas de Inferencia:
 - Mecanismo de Resolución:
 - Siguiendo los pasos indicados se tiene:
 - 1) Las dos reglas se sustituyen por expresiones equivalentes:

NIP = correcto o Pago = no autorizado
Pago = autorizado o Explicar = si
 - 2) Las dos expresiones anteriores se combinan de la forma indicada para dar la expresión :

NIP = correcto o Explicar = si
 - 3) Esta última expresión se combina con la evidencia NIP = incorrecto y se obtiene la conclusión, Explicar =si

Motor de Inferencia

Puede no conocerse la verdad o falsedad de ciertas expresiones. Si esto ocurre, el sistema experto, o mas precisamente, su motor de inferencia, debe decidir entre:

- ◆ Abandonar la regla, dada la imposibilidad de obtener conclusiones, o
- ◆ Preguntar al usuario, mediante el subsistema de demanda de información, sobre la verdad o falsedad de una o varias expresiones para poder continuar el proceso de inferencia hasta que se obtenga una conclusión.

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - Encadenamiento de Reglas
 - Obtiene conclusiones compuestas
 - Se utiliza cuando las premisas de ciertas reglas coinciden con las conclusiones de otras
 - Cuando se encadenan las reglas, los hechos pueden dar lugar a nuevos hechos
 - Esto se repite hasta llegar a una conclusión

El tiempo que consume este proceso hasta su terminación depende, por una parte, de los hechos conocidos, y, por otra, de las reglas que se activan

Motor de Inferencia

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas

▪ Algoritmo:

- **Datos**: una base de conocimiento (objetos y reglas) y algunos hechos iniciales
- **Resultados**: el conjunto de hechos derivados lógicamente de ellos
- **Etapas**:
 - 1) Asignar a los objetos sus valores conocidos tales como los dán los hechos conocidos o la evidencia
 - 2) Ejecutar cada regla de la base de conocimiento y concluir nuevos hechos si es posible
 - 3) Repetir la etapa 2 hasta que no puedan ser obtenidos nuevos hechos

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:

- Encadenamiento de Reglas

- Implementación
 - Comenzar por las reglas cuyas premisas tienen valor conocido
 - Estas reglas deben concluirse y sus conclusiones dan lugar a nuevos hechos
 - Los nuevos hechos se añaden al conjunto de hechos conocidos
 - El proceso continua hasta que no se puedan obtener nuevos hechos

Motor de Inferencia

✓ Estrategias de Inferencia:

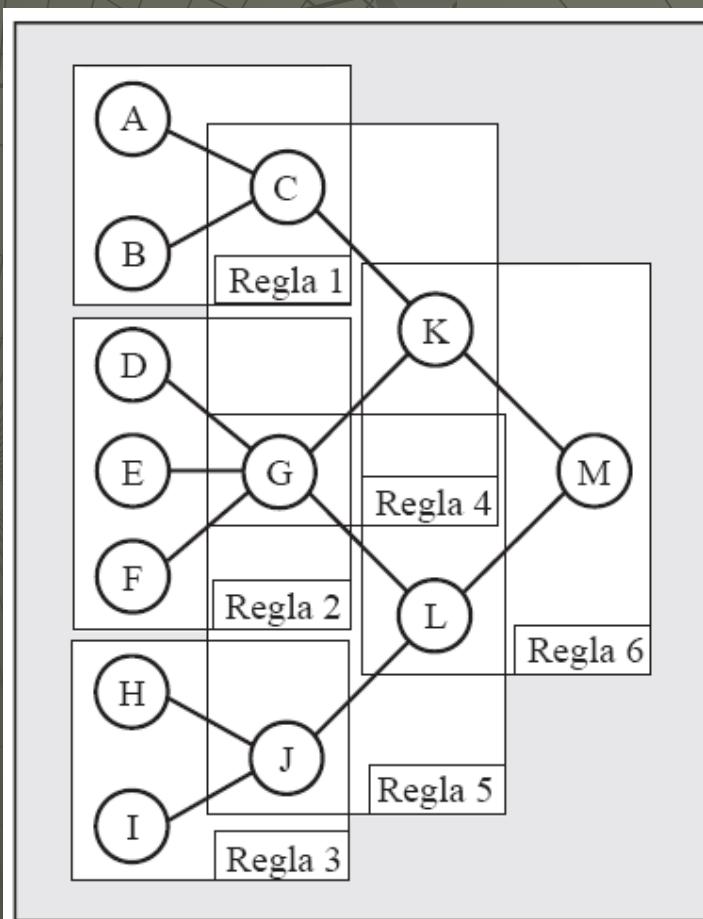
➤ Encadenamiento de Reglas. Ejemplo 1

- La Regla 1 concluye que $C = \text{cierto}$.
- La Regla 2 concluye que $G = \text{cierto}$.
- La Regla 3 concluye que $J = \text{cierto}$.
- La Regla 4 concluye que $K = \text{cierto}$.
- La Regla 5 concluye que $L = \text{cierto}$.
- La Regla 6 concluye que $M = \text{cierto}$.

Regla 1 Si A y B Entonces C	Regla 2 Si D, E y F Entonces G	Regla 3 Si H e I Entonces J
Regla 4 Si C y G Entonces K	Regla 5 Si G y J Entonces L	Regla 6 Si K y L Entonces M

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - Encadenamiento de Reglas. Ejemplo 1



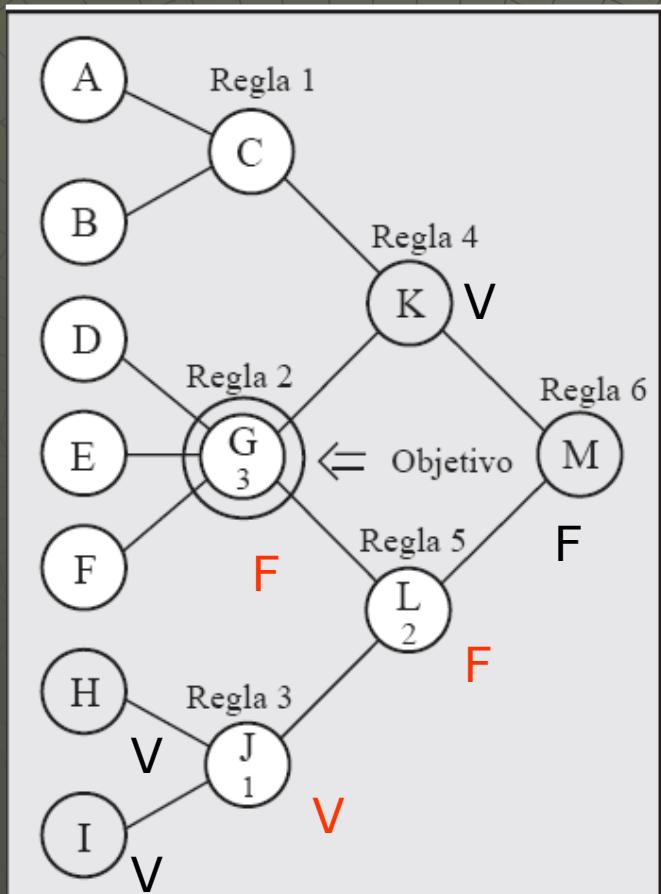
Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - Encadenamiento de Reglas
 - Ejemplo 2:
 - Considérense de nuevo las seis reglas de la Figura 2.10 y supóngase ahora que se dan los hechos $H = \text{cierto}$, $I = \text{cierto}$, $K = \text{cierto}$ y $M = \text{falso}$.
 - Los objetos con valores conocidos (los hechos) aparecen sombreados y la variable objetivo se muestra rodeada por una circunferencia.

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas. Ejemplo 2



1. La Regla 3 concluye que J = cierto (Modus Ponens).
2. La Regla 6 concluye (Modus Tollens) que K = falso o L = falso, pero, puesto que K = cierto, deberá ser L = falso.
3. La Regla 5 concluye (Modus Tollens) que G = falso o J = falso, pero, puesto que J = cierto, deberá ser G = falso.

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - Encadenamiento de Reglas. Ejemplo 2

Nótese que la estrategia de encadenamiento de reglas diferencia claramente entre la memoria de trabajo y la base de conocimiento. La memoria de trabajo contiene datos que surgen durante el periodo de consulta. Las premisas de las reglas se comparan con los contenidos de la memoria de trabajo y cuando se obtienen nuevas conclusiones son pasadas también a la memoria de trabajo.

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto
 - Obtiene conclusiones compuestas
 - El usuario debe fijar una variable o nodo objetivo
 - El algoritmo navega por las reglas en búsqueda de una conclusión para el nodo objetivo
 - Si no obtiene ninguna conclusión con la información existente, entonces el algoritmo fuerza a preguntar al usuario en busca de nueva información sobre los elementos que son relevantes para obtener información sobre el objetivo

Motor de Inferencia

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto

▪ Algoritmo:

- Datos: una base de conocimiento (objetos y reglas), algunos hechos iniciales y un nodo o variable objetivo
- Resultados: el valor del nodo o variable objetivo
- Etapas:
 - 1) Asignar a los objetos sus valores conocidos tales como están dados en los hechos de partida si es que existe alguno. Marcar todos los objetos cuyo valor ha sido asignado. Si el nodo objetivo está marcado ir a la etapa 7 en otro caso:

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto
 - Algoritmo:
 - Etapas:
- 1-a) Designar como objetivo inicial el objetivo en curso
- 1-b) Marcar el objetivo en curso
- 1-c) Sea Objetivos Previos = \emptyset , donde \emptyset en el conjunto vacío
- 1-d) Designar todas las reglas como activas o ejecutables
- 1-d) Ir a etapa 2
- 2) Encontrar una regla activa que incluya el objetivo en curso y ninguno de los objetivos previos, si se encuentra una regla ir a la etapa 3, en otro caso ir a la etapa 5

Motor de Inferencia

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto

- Algoritmo:
 - Etapas:

- 3) Ejecutar la regla referente al objetivo en curso, si concluye asignar el valor concluido al objetivo en curso, e ir a la etapa 6 en caso contrario ir a la etapa 4
- 4) Si todos los objetivos de la regla están marcados, declara la regla como inactiva e ir a la etapa 2, en otro caso:
 - 4-a) Añadir el objetivo en curso a Objetivos Previos
 - 4-b) Designar uno de los objetivos no marcados en la regla como el objetivo en curso
 - 4-c) Marcar el Objtivo en curso
 - 4-d) Ir a etapa 2

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto
 - Algoritmo:
 - Etapas:
- 5) Si el objetivo en curso es el mismo que el objetivo inicial ir a la etapa 7, en caso contrario preguntar al usuario por el valor del objetivo en curso, si no se da un valor ir a la etapa 6, en otro caso asignar al objetivo el valor dado e ir a la etapa 6
- 6) Si el objetivo en curso es el mismo que el objetivo inicial, ir a la etapa 7, en otro caso, designar el objetivo previo como objetivo en curso, eliminarlo de Objetivos Previos e ir a la Etapa 2:
- 7) Devolver el valor objetivo en curso si es conocido

Motor de Inferencia

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto

- La Regla 1 concluye que $C = \text{cierto}$.
- La Regla 2 concluye que $G = \text{cierto}$.
- La Regla 3 concluye que $J = \text{cierto}$.
- La Regla 4 concluye que $K = \text{cierto}$.
- La Regla 5 concluye que $L = \text{cierto}$.
- La Regla 6 concluye que $M = \text{cierto}$.

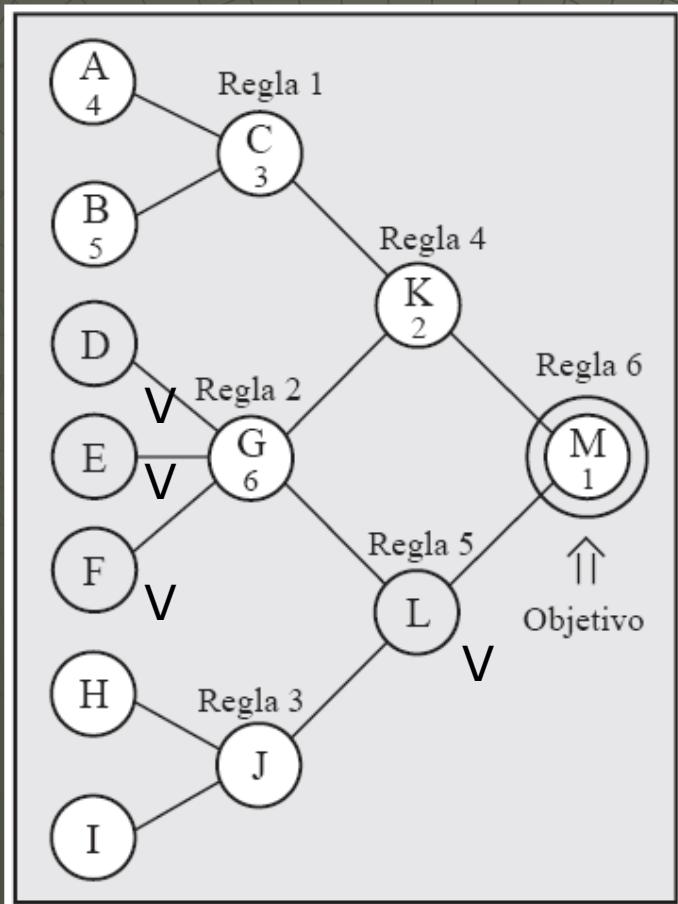
Ejemplo: basándonos en las reglas vistas hasta ahora

Regla 1 Si A y B Entonces C	Regla 2 Si D, E y F Entonces G	Regla 3 Si H e I Entonces J
Regla 4 Si C y G Entonces K	Regla 5 Si G y J Entonces L	Regla 6 Si K y L Entonces M

Motor de Inferencia

Paso 1 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



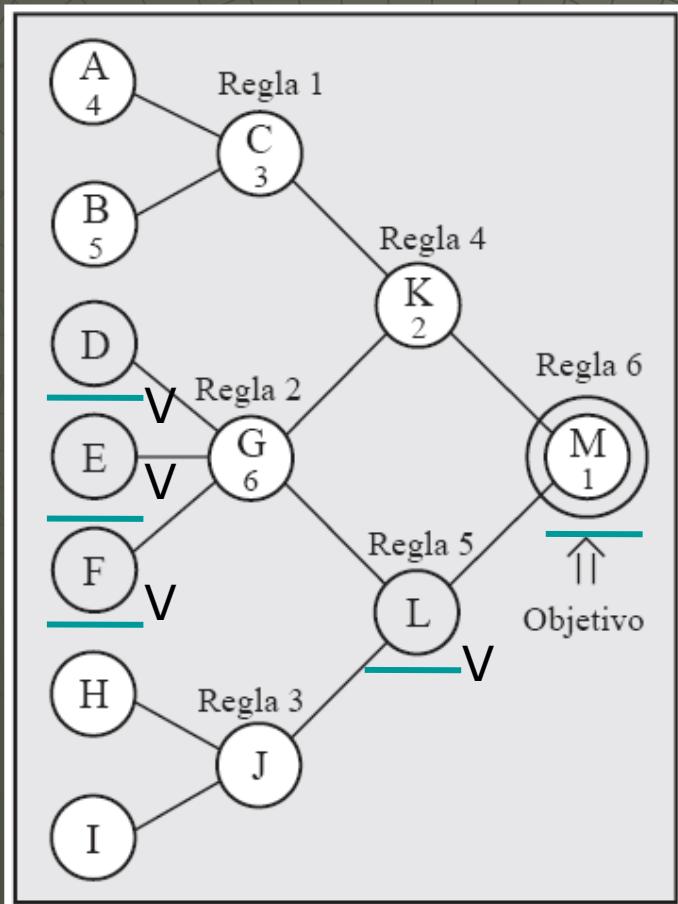
Supóngase que se selecciona el nodo M como nodo objetivo y que se sabe que los objetos D, E, F y L son ciertos.

Motor de Inferencia

Paso 2

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 1: se marcan los datos conocidos.
Como ninguno es nodo objetivo.
Se designa el objeto M como objeto en curso.

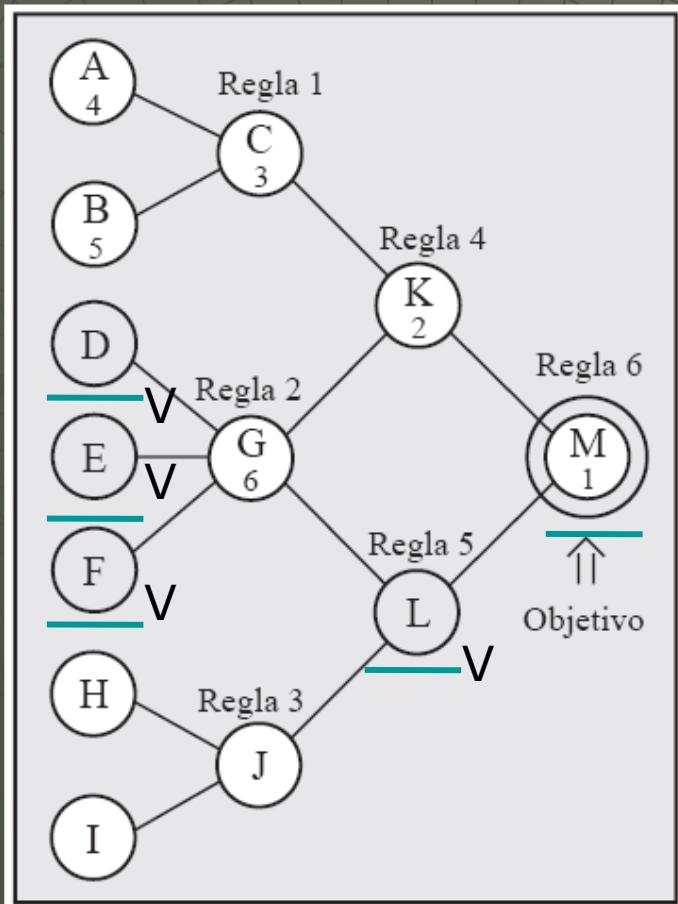
- Se marca el objeto M. Por tanto, se tiene $\text{ObjetosMarcados} = \{D, E, F, L, M\}$.
- $\text{ObjetivosPrevios} = \emptyset$.
- Las seis reglas están activas. Por tanto, se tiene $\text{ReglasActivas} = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$.
- Se va a la Etapa 2.

Motor de Inferencia

Paso 3

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 2. Se busca una regla que incluya el objetivo en curso M. Se encuentra la Regla 6, por lo que se va a la Etapa 3.

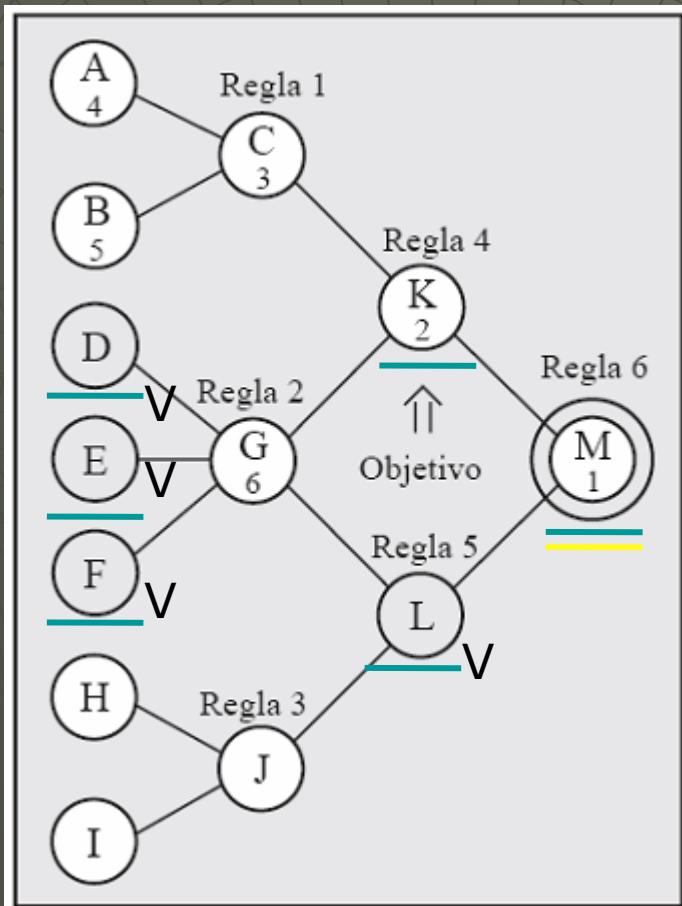
Etapa 3. La Regla 6 no puede concluir puesto que el valor del objeto K es desconocido. Así que se va a la Etapa 4.

Motor de Inferencia

Paso 4

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 4. El objeto K no está marcado. Entonces

- ObjetivosPrevios = {M}.
- Se elige el objeto K como objetivo en curso.

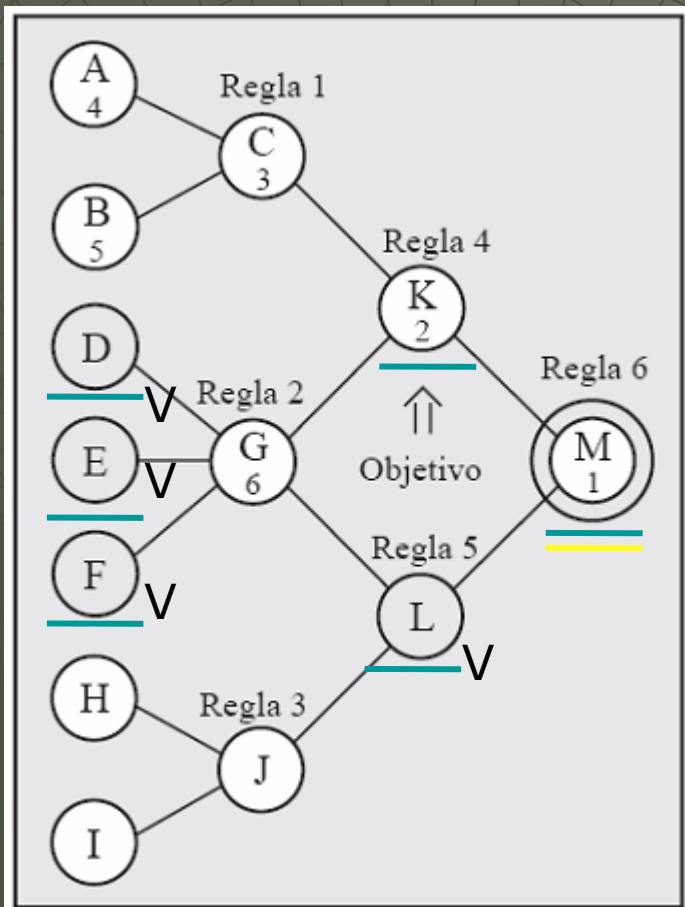
- El objeto K está marcado. Por tanto se tiene, ObjetosMarcados = {D, E, F, L, M, K}.
- Se va a la Etapa 2.

Motor de Inferencia

Paso 5

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 2. Se busca una regla que incluya el objetivo en curso K pero no el anterior M. Se encuentra la Regla 4, y se continúa con la Etapa 3.

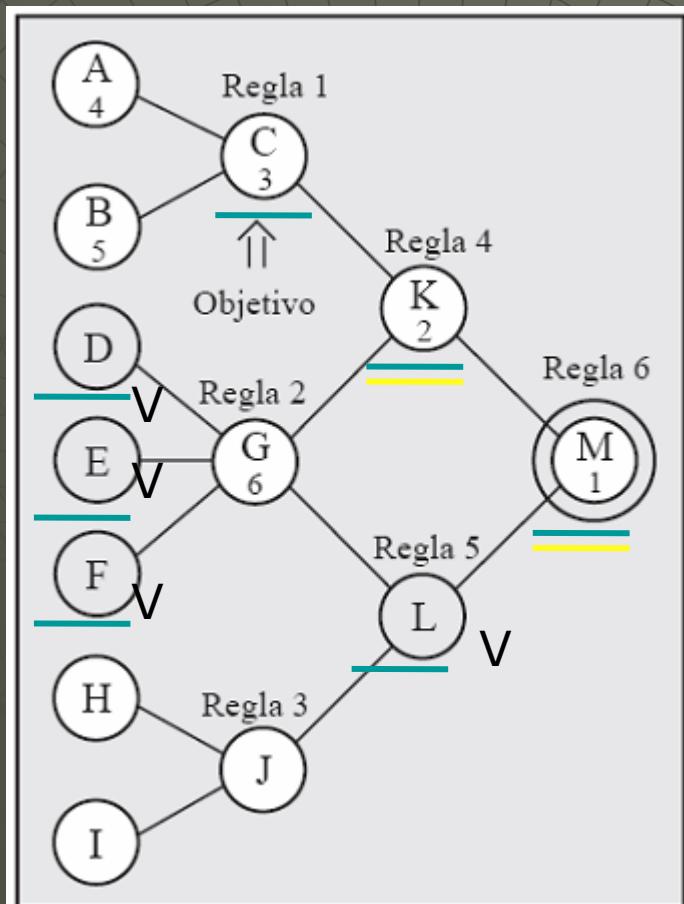
Etapa 3. La Regla 4 no puede concluir puesto que se desconocen los valores de los objetos C y G. Por ello, se continúa con la Etapa 4.

Motor de Inferencia

Paso 6

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 4. Los objetos C y G no están marcados. Entonces

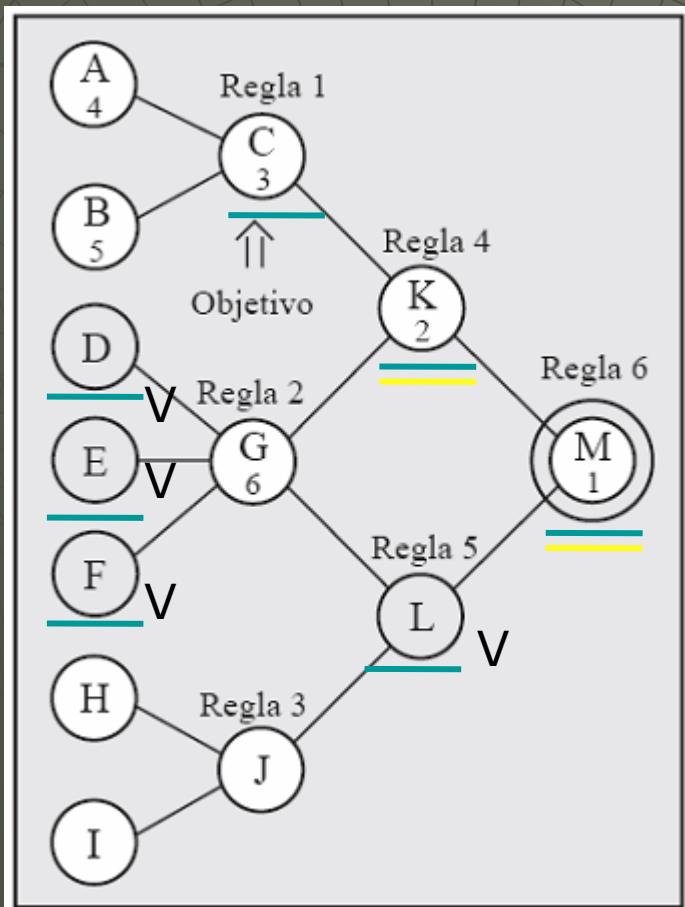
- ObjetivosPrevios = {M,K}.
- Se elige uno de los objetos no marcados C o G como el nuevo objetivo en curso. Supóngase que se elige C.
- Se marca el objeto C. Por tanto, se tiene ObjetosMarcados = {D, E, F, L, M, K, C}.
- Se continúa con la Etapa 2.

Motor de Inferencia

Paso 7

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 2. Se busca una regla activa que incluya el objetivo en curso C pero no los objetos previos {M,K}. Se encuentra la Regla 1, así que se va a la Etapa 3.

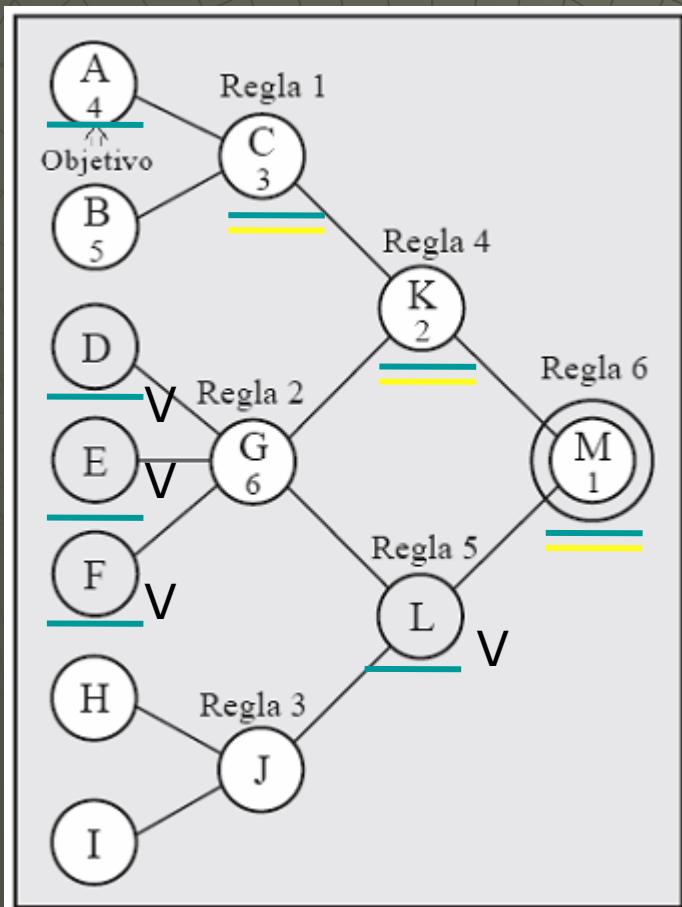
Etapa 3. La Regla 1 no puede concluir puesto que se desconocen los valores de los objetos A y B. Por tanto se continúa con la Etapa 4.

Motor de Inferencia

Paso 8

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 4. Los objetos A y B no están marcados. Entonces

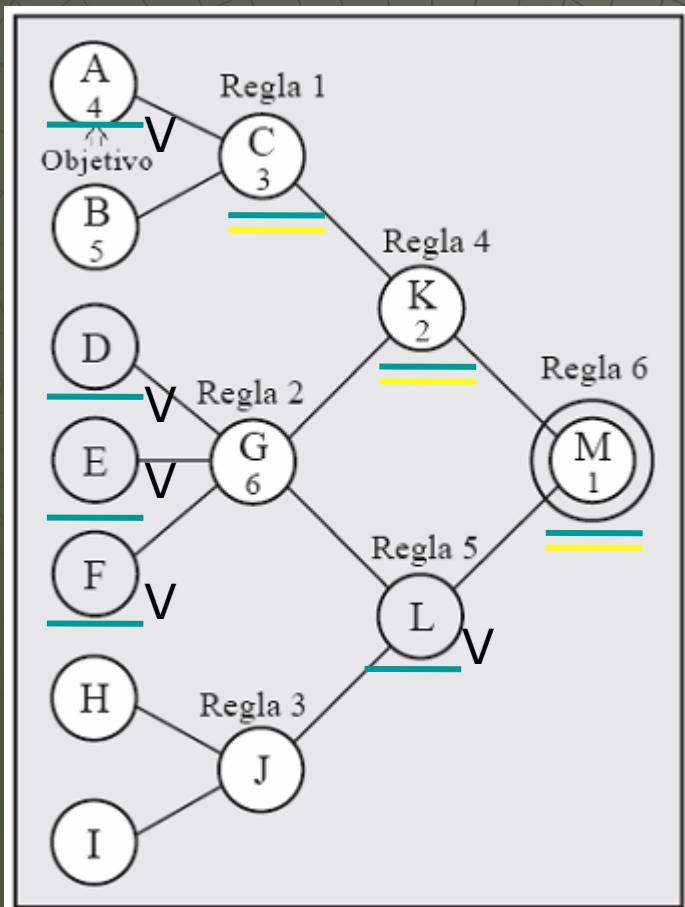
- ObjetivosPrevios = {M,K,C}.
 - Se elige uno de los objetos no marcados A y B como nuevo objetivo en curso. Supóngase que se elige A.
 - Se marca el objeto A.
- Por ello, ObjetosMarcados = {D, E, F, L, M, K, C, A}.
- Se continúa con la Etapa 2.

Motor de Inferencia

Paso 9

✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



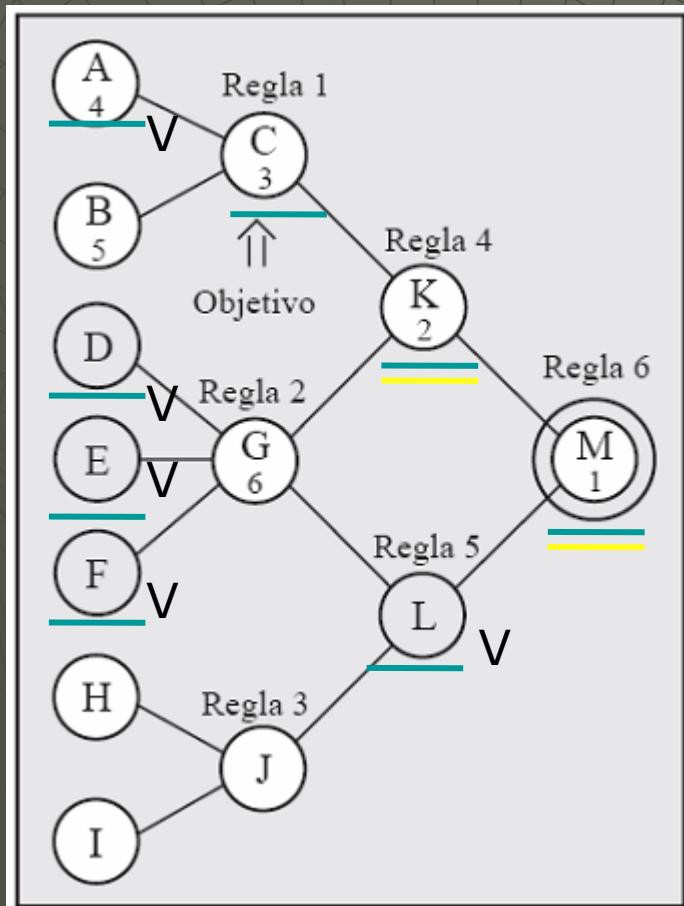
Etapa 2. Se busca una regla activa que incluya el objetivo en curso A pero no los objetivos previos {M,K,C}. No se encuentra ninguna regla que satisfaga estas condiciones, así que se pasa a la Etapa 5.

Etapa 5. Puesto que el objetivo en curso A es diferente del inicial M, se pregunta al usuario por el valor del objeto A. Supóngase que A toma el valor cierto, entonces se hace A = cierto y se sigue con la Etapa 6.

Motor de Inferencia

Paso 10 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



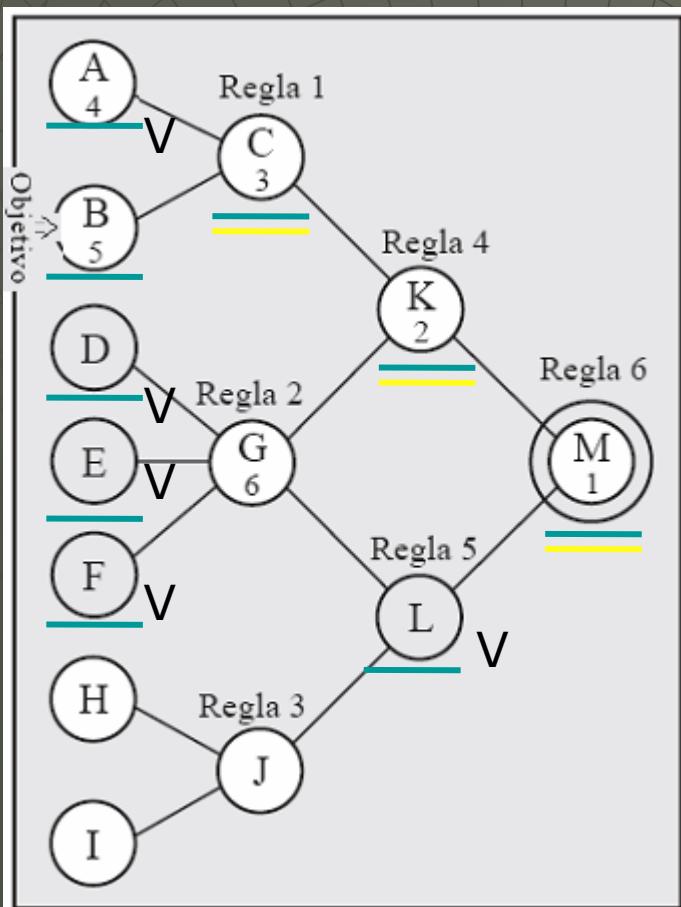
Etapa 6. El objetivo en curso A no coincide con el previo M . Por tanto, el objeto C se designa como objetivo en curso y se elimina de la lista $ObjetivosPrevios$. Por ello, $ObjetivosPrevios = \{M, K\}$ y se continúa con la Etapa 2.

Etapa 2. Se busca una regla activa que incluya el objetivo C pero no los anteriores $\{M, K\}$. Se encuentra la Regla 1, por lo que se va a la Etapa 3.

Motor de Inferencia

Paso 11 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 3. La Regla 1 no puede concluir porque el valor del objeto *B* es desconocido. Así que se va a la Etapa 4.

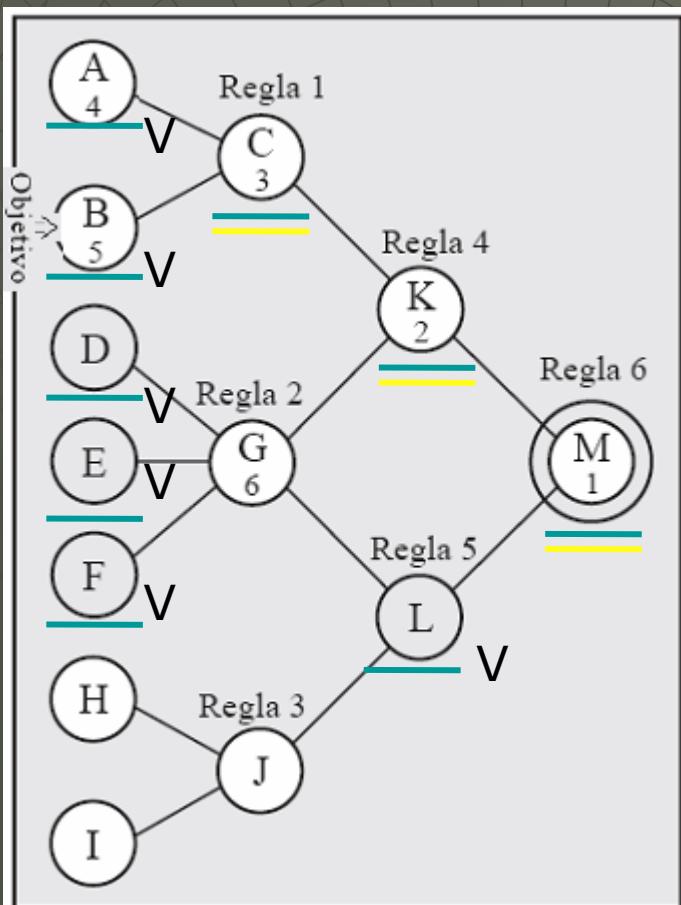
Etapa 4. El objeto *B* no está marcado. Entonces

- $ObjetivosPrevios = \{M, K, C\}$.
- Se elige como objetivo en curso el único objeto no marcado, *B*.
- Se marca el objeto *B*. Por ello, $ObjetosMarcados = \{D, E, F, L, M, K, C, A, B\}$.
- Se va a la Etapa 2.

Motor de Inferencia

Paso 12 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



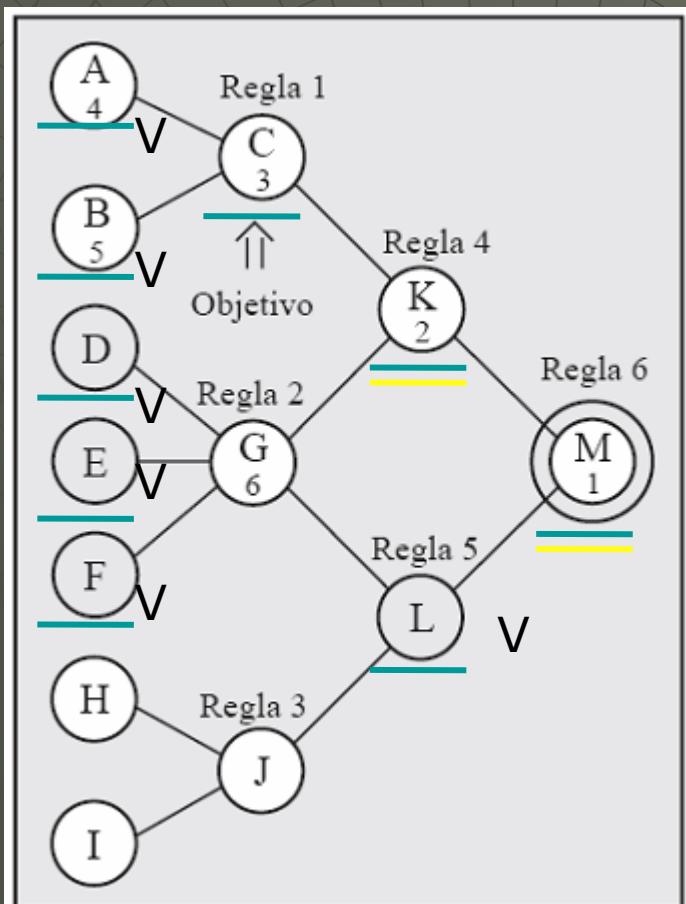
Etapa 2. Se busca una regla activa que incluya el objetivo B pero no los objetivos previos $\{M, K, C\}$. Como no se encuentra ninguna regla, se va a la Etapa 5.

Etapa 5. Puesto que el objetivo en curso B no coincide con el inicial M , se pregunta al usuario el valor del objetivo en curso B . Supóngase que se da un valor cierto a B , entonces se hace $B = \text{cierto}$ y se va a la Etapa 6.

Motor de Inferencia

Paso 13 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



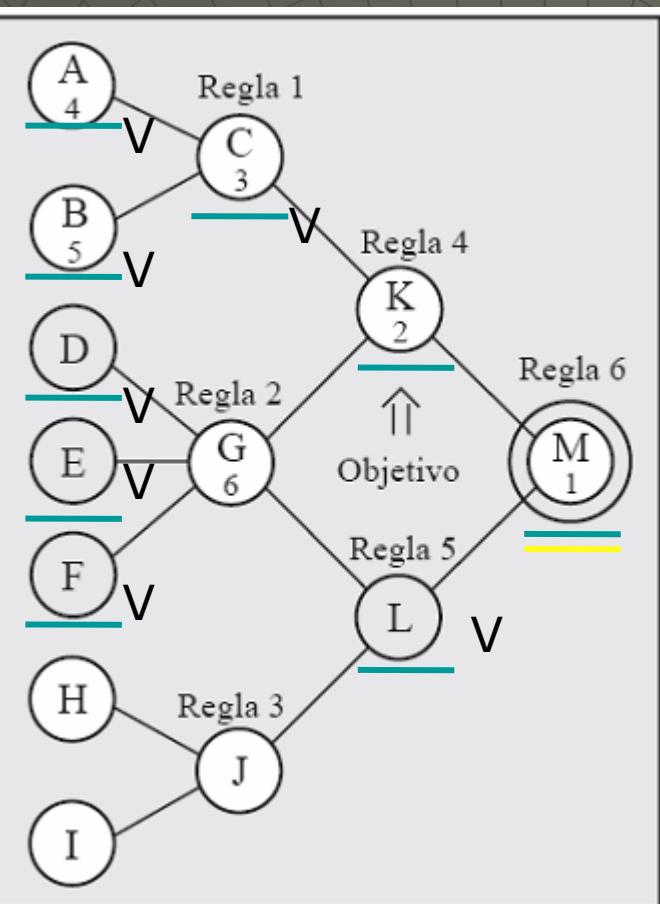
Etapa 6. Como el objetivo en curso B no coincide con el inicial M , se designa el objetivo previo C como objetivo en curso y se elimina de $ObjetivosPrevios$. Por ello, $ObjetivosPrevios = \{M, K\}$ y se va a la Etapa 2.

Etapa 2. Se busca una regla activa que incluya el objetivo en curso C pero no los anteriores $\{M, K\}$. Se encuentra la Regla 1, por lo que se va a la Etapa 3.

Motor de Inferencia

Paso 14 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



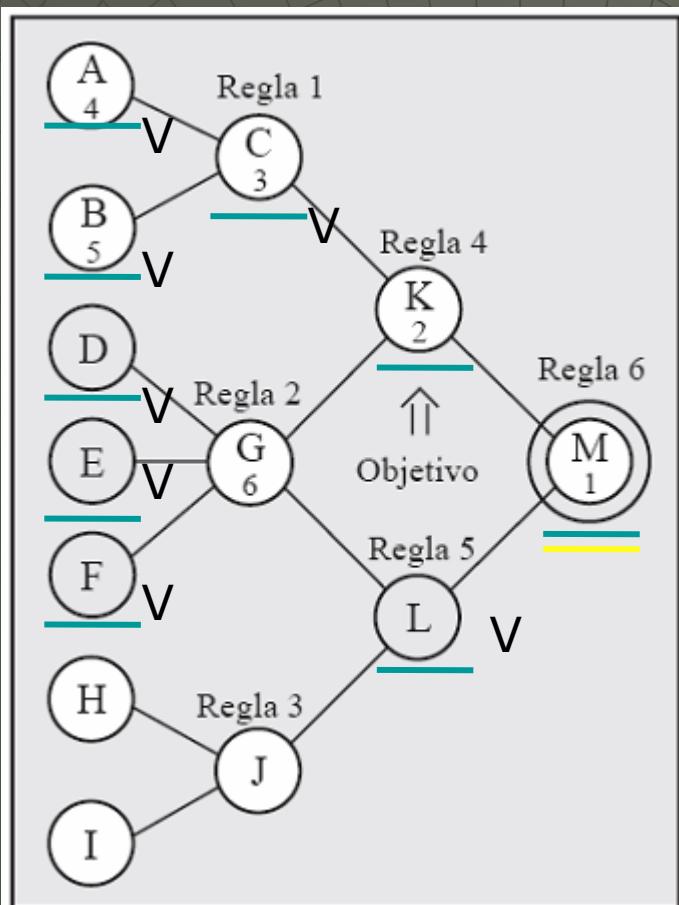
Etapa 3. Puesto que $A = cierto$ y $B = cierto$, entonces $C = cierto$ por la Regla 1. Ahora se va a la Etapa 6.

• Etapa 6. El objetivo en curso C no coincide con el inicial M . Entonces, se designa el objetivo previo K como objetivo en curso y se elimina de $ObjetivosPrevios$. Por ello, $ObjetivosPrevios = \{M\}$ y se va a la Etapa 2.

Motor de Inferencia

Paso 15 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



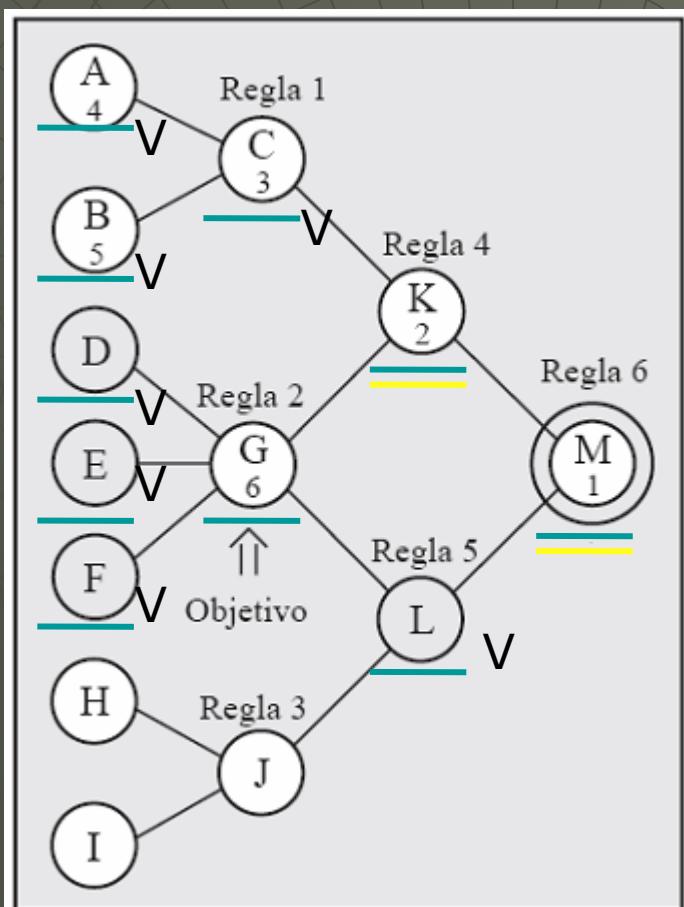
Etapa 2. Se busca una regla activa que incluya el objetivo en curso K pero no los anteriores $\{M\}$. Se encuentra la Regla 4, por lo que se va a la Etapa 3.

Etapa 3. La Regla 4 no puede concluir puesto que el valor del objeto G es desconocido. Por tanto, se va a la Etapa 4.

Motor de Inferencia

Paso 16 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 4. El objeto G no está marcado.

Entonces

- $ObjetivosPrevios = \{M, K\}$.
- El único objeto no marcado G se elige como objetivo en curso.
- Se marca el objeto G .

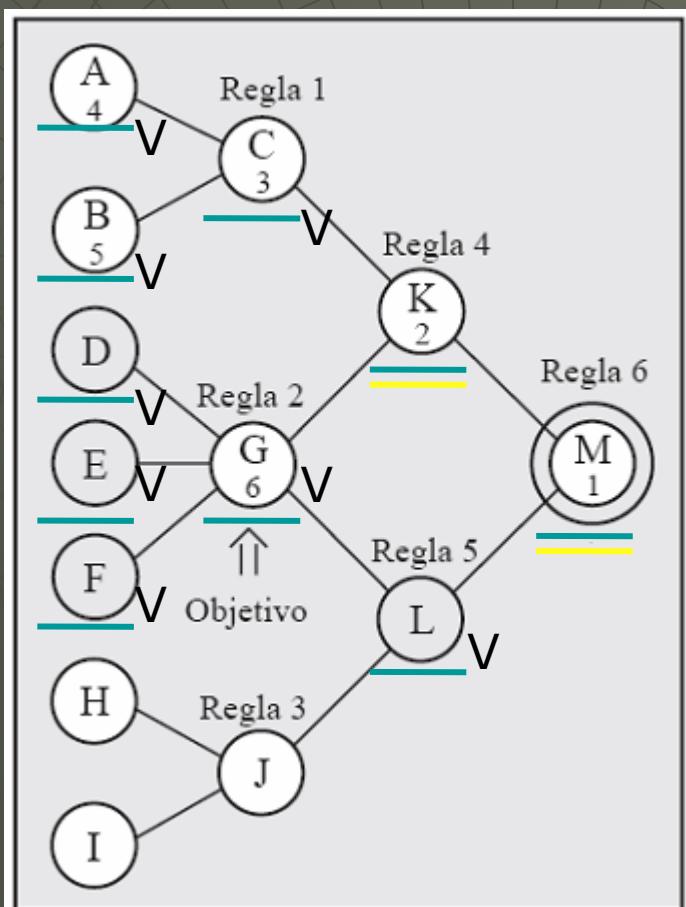
Por ello, $ObjetosMarcados = \{D, E, F, L, M, K, C, A, B, G\}$.

- Se va a la Etapa 2.

Motor de Inferencia

Paso 17 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



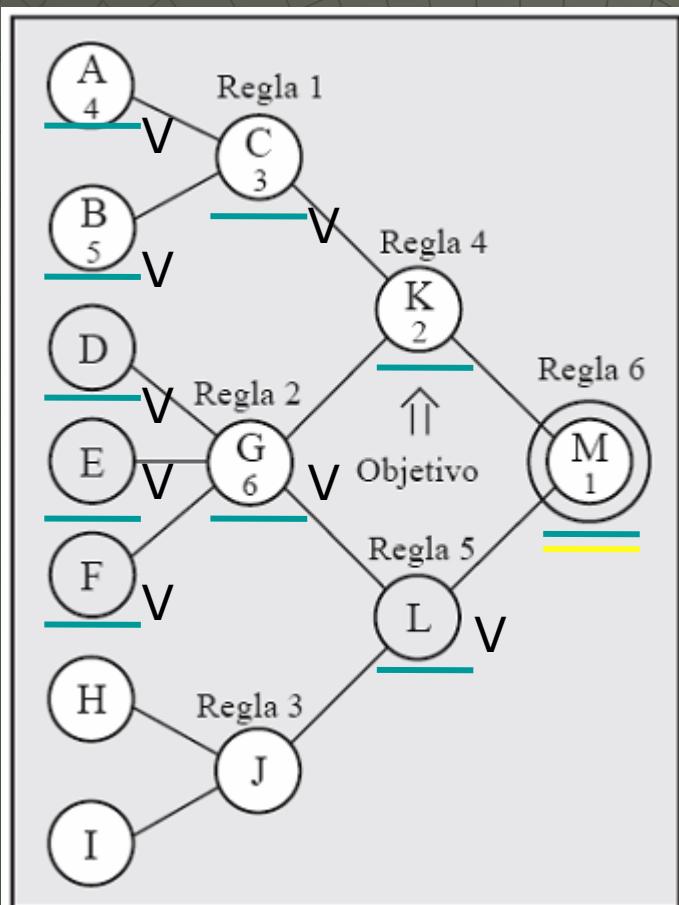
Etapa 2. Se busca una regla activa que incluya el objetivo en curso G pero no los anteriores $\{M, K\}$. Se encuentra la Regla 2, por lo que se va a la Etapa 3.

Etapa 3. Puesto que $D = \text{cierto}$, $E = \text{cierto}$ y $F = \text{cierto}$, entonces $G = \text{cierto}$ por la Regla 2. Ahora se va a la Etapa 6.

Motor de Inferencia

Paso 18 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



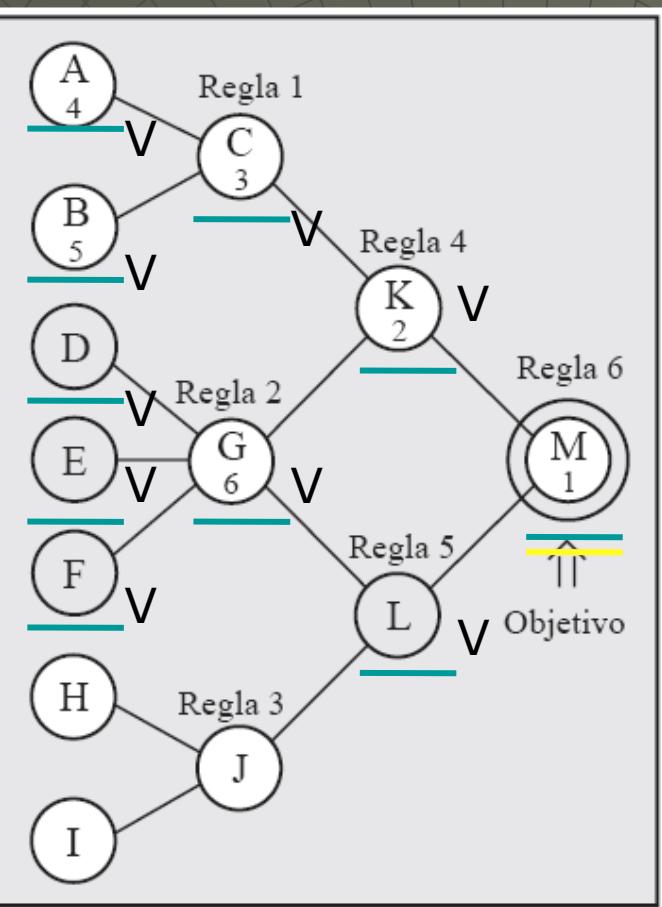
Etapa 6. El objetivo en curso G no coincide con el inicial M . Entonces, se designa el objetivo previo K como objetivo en curso y se elimina de $ObjetivosPrevios$. Por ello, $ObjetivosPrevios = \{M\}$ y se va a la Etapa 2.

Etapa 2. Se busca una regla activa que incluya el objetivo en curso K pero no los anteriores $\{M\}$. Se encuentra la Regla 4, por lo que se va a la Etapa 3.

Motor de Inferencia

Paso 19 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



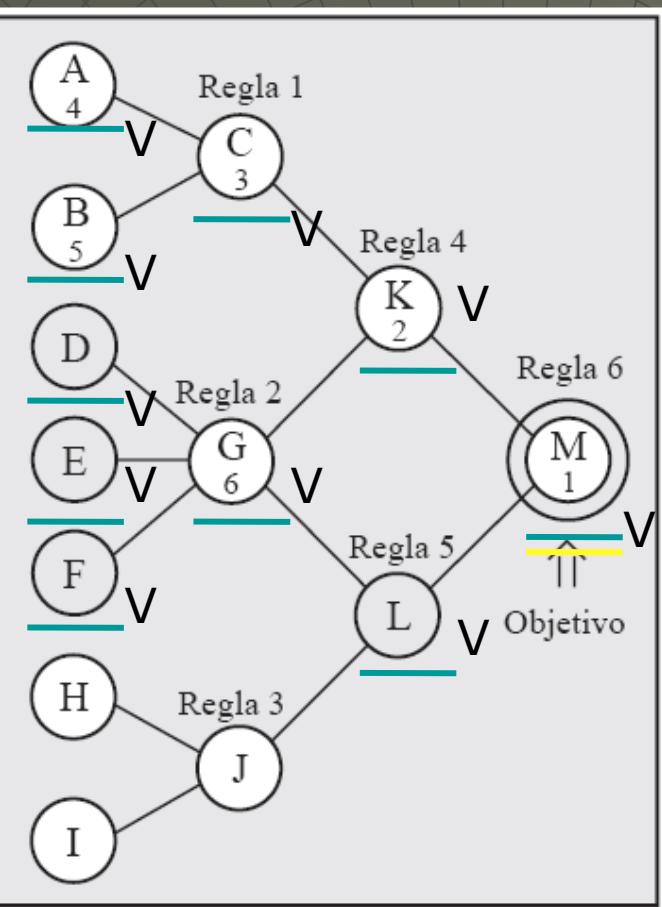
Etapa 3. Puesto que $C = cierto$ y $G = cierto$, entonces $K = cierto$ por la Regla 4. Seguidamente se va a la Etapa 6.

Etapa 6. El objetivo en curso K no coincide con el inicial M . Entonces, se designa el objetivo previo M como objetivo en curso y se elimina de $ObjetivosPrevios$. Por ello, $ObjetivosPrevios = \varphi$ y se va a la Etapa 2.

Motor de Inferencia

Paso 20 ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



Etapa 2. Se busca una regla activa que incluya el objetivo en curso

M. Se encuentra la Regla 6, por lo que se va a la Etapa 3.

Etapa 3. Puesto que $K = \text{cierto}$ y $L = \text{cierto}$, entonces $M = \text{cierto}$

por la Regla 6. Ahora se va a la Etapa 6.

Etapa 6. El objetivo en curso M coincide con el inicial. En consecuencia, se va a la Etapa 7.

Etapa 7. El algoritmo devuelve el valor $M = \text{cierto}$.

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - **Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto**
 - Nótese que a pesar de que los objetos H, I y J tienen valores desconocidos, el algoritmo orientado a un objetivo ha sido capaz de concluir el valor del objetivo M. La razón de este resultado está en que el conocimiento del objeto L convierte al conocimiento de los objetos H, I y J es irrelevante para el conocimiento del objeto M.

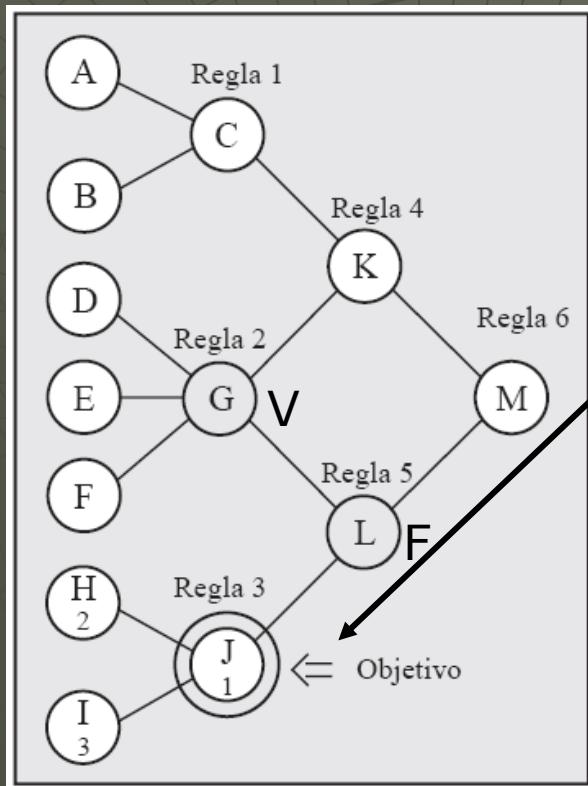
Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - **Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto**
 - Las estrategias de encadenamiento de reglas se utilizan en problemas en los que algunos hechos (por ejemplo, síntomas) se dan por conocidos y se buscan algunas conclusiones (por ejemplo, enfermedades). Por el contrario, las estrategias de encadenamiento de reglas orientadas a un objetivo se utilizan en problemas en los que se dan algunos objetivos (enfermedades) y se buscan los hechos (síntomas) para que estas sean posibles.

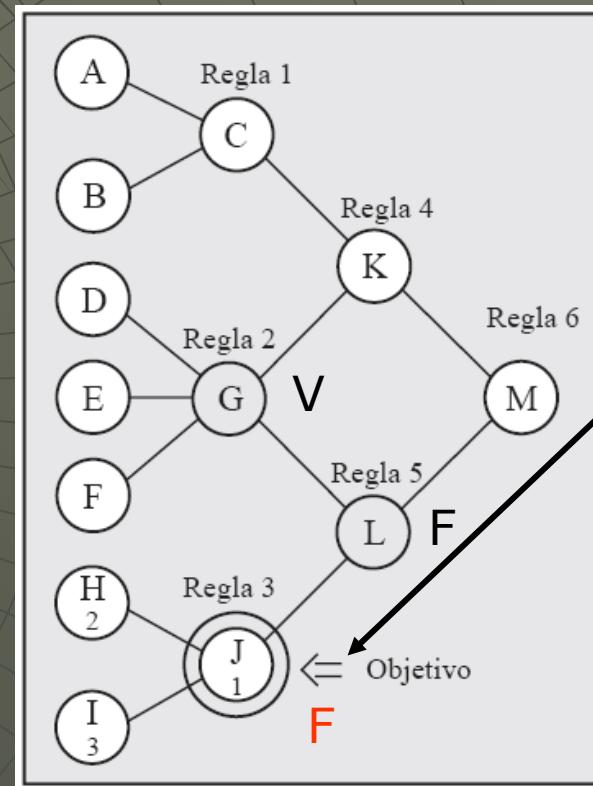
Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:

➤ Encadenamiento de Reglas Orientadas a un Objeto



sin
modus
tollens:
no se
puede
concluir



Con
modus
tollens:
se
concluye
J=F

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia:
 - **Compilación de Reglas**
 - Obtiene conclusiones compuestas
 - Es una forma de tratar con reglas encadenadas, consiste en comenzar con un conjunto de datos y tratar de alcanzar algunos objetivos
 - Cuando datos u objetivos se han determinado previamente, las reglas pueden ser compiladas, es decir escribir los objetivos en función de los datos para obtener las llamadas ecuaciones objetivos.

Motor de Inferencia

- ✓ Estrategias de Inferencia: **Compilación de Reglas :**
Ejemplo.

Regla 1 Si A y B Entonces C	Regla 2 Si D, E y F Entonces G	Regla 3 Si H e I Entonces J
Regla 4 Si C y G Entonces K	Regla 5 Si G y J Entonces L	Regla 6 Si K y L Entonces M

Motor de Inferencia

✓ Estrategias de Inferencia: **Compilación de Reglas :** **Ejemplo.**

Por ello, si, por ejemplo, cada uno de los objetos $\{A, B, D, E, F, H, I\}$ toma el valor cierto, entonces se obtiene de forma inmediata, a partir de las Reglas 4a, 5a y 6a, que los objetos $\{K, L, M\}$ deben ser ciertos.

- La Regla 1 implica $C = A \wedge B$.
- La Regla 2 implica $G = D \wedge E \wedge F$.
- La Regla 3 implica $J = H \wedge I$.
- La Regla 4 implica $K = C \wedge G = (A \wedge B) \wedge (D \wedge E \wedge F)$.
- La Regla 5 implica $L = G \wedge J = (D \wedge E \wedge F) \wedge (H \wedge I)$.
- La Regla 6 implica $M = K \wedge L = A \wedge B \wedge D \wedge E \wedge F \wedge H \wedge I$.



- Regla 4a: *Si A y B y D y E y F, entonces K.*
- Regla 5a: *Si D y E y F y H e I, entonces L.*
- Regla 6a: *Si A y B y D y E y F y H e I, entonces M.*

Control de Coherencia

- ✓ En situaciones complejas, incluso expertos pueden dar información inconsistente (por ejemplo, reglas inconsistentes y/o combinaciones de hechos no factibles)
- ✓ Es muy importante controlar la coherencia del conocimiento tanto:
 - durante la construcción de la base de conocimiento
 - durante los procesos de adquisición de datos y razonamiento

Control de Coherencia

- ✓ Si la base de conocimiento contiene información inconsistente (por ejemplo, reglas y/o hechos), es muy probable que el sistema experto se comporte de forma poco satisfactoria y obtenga conclusiones absurdas

Control de Coherencia

- ✓ Objetivo del control de la coherencia
 - Ayudar al usuario a no dar hechos inconsistentes, por ejemplo, dándole al usuario las restricciones que debe satisfacer la información demandada
 - Evitar que entre en la base de conocimiento cualquier tipo de conocimiento inconsistente o contradictorio
- ✓ El control de la coherencia debe hacerse controlando:
 - la coherencia de las reglas
 - la coherencia de los hechos

Control de Coherencia

Coherencia de las Reglas

- ✓ Reglas coherentes:

- Un conjunto de reglas se denomina coherente si existe, al menos, un conjunto de valores de todos los objetos que producen conclusiones no contradictorias.
- Un conjunto coherente de reglas no tiene por qué producir conclusiones no contradictorias para todos los posibles conjuntos de valores de los objetos

Control de Coherencia

Coherencia de las Reglas

- ◆ Regla 1: Si $A = C$, entonces $B = C$.
- ◆ Regla 2: Si $A = C$, entonces $B = F$.
- ◆ Regla 3: Si $A = F$, entonces $B = C$.
- ◆ Regla 4: Si $A = F$, entonces $B = F$.

Control de Coherencia

Coherencia de las Reglas

- ◆ Regla 1: Si $A = C$, entonces $B = C$.
- ◆ Regla 2: Si $A = C$, entonces $B = F$

Objetos		Conclusiones		Conclusiones contradictorias
A	B	Regla 1	Regla 2	
C	C	$B = C$	$B = F$	Sí
C	F	$B = C$	$B = F$	Sí
F	C	—	—	No
F	F	—	—	No

Conclusión: Las Reglas 1–2 son coherentes puesto que, tal como se muestra en la Tabla , para $A = F$, no producen conclusiones contradictorias.

Control de Coherencia

Coherencia de las Reglas

- ◆ Regla 1: Si $A = C$, entonces $B = C$.
- ◆ Regla 3: Si $A = F$, entonces $B = C$.

Objetos		Conclusiones			Conclusiones contradictorias
A	B	Regla 1	Regla 2	Regla 3	
C	C	$B = C$	$B = F$	—	Sí
C	F	$B = C$	$B = F$	—	Sí
F	C	—	—	$B = C$	No
F	F	—	—	$B = C$	<u>Sí</u>

Conclusión: Las Reglas 1–3 son coherentes puesto que para $A = F$ y $B = C$, producen una conclusión ($B = C$)

Control de Coherencia

Coherencia de las Reglas

- ◆ Regla 1: Si $A = C$, entonces $B = C$.
- ◆ Regla 4: Si $A = F$, entonces $B = F$.

Objetos		Conclusiones				Conclusiones contradictorias
A	B	Regla 1	Regla 2	Regla 3	Regla 4	
C	C	$B = C$	$B = F$	—	—	Sí
C	F	$B = C$	$B = F$	—	—	Sí
F	C	—	—	$B = C$	$B = F$	Sí
F	F	—	—	$B = C$	$B = F$	Sí

Conclusión: Las Reglas 1–4 son incoherentes porque producen conclusiones contradictorias para todos los posibles valores de A y B , tal como se ve en la Tabla

Control de Coherencia

Coherencia de las Reglas

✓ Valores no Factibles:

- Se dice que un valor “ a ” para el objeto “ A ” no es factible si las conclusiones obtenidas al hacer “ $A=a$ ” contradicen cualquier combinación de valores del resto de los objetos
- Cualquier valor no factible debe ser eliminado de la lista de valores posibles de su correspondiente objeto para eliminar la posibilidad de que el motor de inferencia pueda obtener conclusiones inconsistentes.

Control de Coherencia

Coherencia de los hechos

- ✓ Los datos o evidencias suministrados por los usuarios deben ser también consistentes en sí y con el conjunto de reglas de la base de datos
- ✓ El sistema no debe aceptar hechos que contradigan el conjunto de reglas y/o el conjunto de hechos existente en cada instante del proceso
- ✓ El sistema debe también comprobar si existe o no una solución factible e informar al usuario en consecuencia

Control de Coherencia

Coherencia de los hechos

Recordemos-- Supóngase que se tienen los cuatro objetos: $A = \{0, 1\}$, $B = \{0, 1\}$, $C = \{0, 1, 2\}$ y $D = \{0, 1\}$. Considérense las sgtes. reglas:

- Regla 1: Si $A = 0$ y $B = 0$, entonces $C = 0$.
- Regla 2: Si $A = 0$ y $D = 0$, entonces $C = 1$.
- Regla 3: Si $A = 0$ y $B = 0$, entonces $C = 1$.
- Regla 4: Si $A = 0$, entonces $B = 0$.
- Regla 5: Si $B = 0$, entonces $A = 1$.

Control de Coherencia

Coherencia de los hechos

Por ejemplo: con una base de conocimiento que contenga las dos primeras reglas del Ejemplo anterior, el sistema no debe aceptar el conjunto de hechos $A = 0$, $B = 0$ y $C = 1$ puesto que contradicen la Regla 1.

- Regla 1: Si $A = 0$ y $B = 0$, entonces $C = 0$.
- Regla 2: Si $A = 0$ y $D = 0$, entonces $C = 1$.
- Regla 3: Si $A = 0$ y $B = 0$, entonces $C = 1$.

El sistema debe también comprobar si existe o no, una solución factible e informar al usuario en consecuencia

Control de Coherencia

Coherencia de los hechos

Si en el ejemplo anterior se trata de dar la información $A = 0$, $B = 0$ y $D = 0$, el sistema debe detectar que no existe ningún valor de C que sea consistente con la base de conocimiento.

- Regla 1: Si $A = 0$ y $B = 0$, entonces $C = 0$.
(se podría suponer que es con D=1)
- Regla 2: Si $A = 0$ y $D = 0$, entonces $C = 1$.
(se podría suponer que es con B=1)
- Regla 3: Si $A = 0$ y $B = 0$, entonces $C = 1$.
- Regla 4: Si $A = 0$, entonces $B = 0$.
- Regla 5: Si $B = 0$, entonces $A = 1$.

Inconsistencia
con los valores
ingresados, no se
puede determinar
 C

Control de Coherencia

Coherencia de los hechos

Nótese que antes de conocer los valores de los objetos, existe una solución factible. Por ejemplo, $A = 0$, $B = 0$, $C = 0$ y $D = 1$ (estos hechos no contradicen la base de conocimiento). Por ello, la inconsistencia surge de que los hechos y las reglas sean inconsistentes.

- Regla 1: Si $A = 0$ y $B = 0$, entonces $C = 0$.
- Regla 2: Si $A = 0$ y $D = 0$, entonces $C = 1$.
- Regla 3: Si $A = 0$ y $B = 0$, entonces $C = 1$.
- Regla 4: Si $A = 0$, entonces $B = 0$.
- Regla 5: Si $B = 0$, entonces $A = 1$.

Control de Coherencia

Coherencia de los Hechos

✓ Estrategias:

- Eliminar todos los **valores** no factibles, los que contradicen el conjunto de reglas y/o hechos, de los objetos una vez detectados.
- Cuando se pregunte al usuario por información sobre los valores de un conjunto de objetos, el sistema experto debería aceptar solo los valores de cada objeto que sean consistentes con las reglas y con el conocimiento previo

(supóngase que al sistema experto se le ha dado la información $A = 0$ y $C = 1$; entonces el sistema debe saber que $B = 0$. Por ello, este valor debe ser eliminado de la lista de posibles valores del objeto B .)

Control de Coherencia

Coherencia de los Hechos

✓ Estrategias:

- ◆ El motor de inferencia debe comprobar que los hechos conocidos no contradicen el conjunto de **reglas**, si el sistema no elimina los valores no factibles, entonces el usuario podrá dar evidencias contradictorias. Ej: Pago = autorizado y NIP = incorrecto (es contradictorio)
Suministrar al usuario una lista de objetos a los que no se ha asignado valores previamente

Control de Coherencia

Coherencia de los Hechos

✓ Estrategias:

- Para cada uno de los objetos, mostrar y aceptar solo sus valores factibles
- Actualizar continuamente la base de conocimiento, tanto de:
 - un hecho
 - una conclusión obtenida
 - eliminar los valores no factibles.

Control de Coherencia

Coherencia de los Hechos

✓ Estrategias:

- No dar varias unidades de información simultáneamente, debido a que puede conducir a inconsistencias:
- Porque el motor de inferencia obtiene todas las conclusiones posibles, examinando las reglas tan pronto como una simple unidad de información llega al sistema.

Explicación de Conclusiones

- ✓ Las conclusiones no bastan para satisfacer al usuario de un sistema experto, los usuarios esperan que el sistema les de algún tipo de explicación, que indique el por qué de las conclusiones
- ✓ Durante el proceso realizado por el motor de inferencia, las reglas activas (las que han concluido) forman la base del mecanismo de explicación, que es regulado por el subsistema de explicación
- ✓ En los sistemas expertos basados en reglas, es fácil dar explicaciones de las conclusiones obtenidas, el motor de inferencia conoce de qué regla procede cada conclusión, el sistema puede dar al usuario la lista de hechos concluidos junto con las reglas que se han utilizado para obtenerlos.

Ventajas y Desventajas

✓ Ventajas:

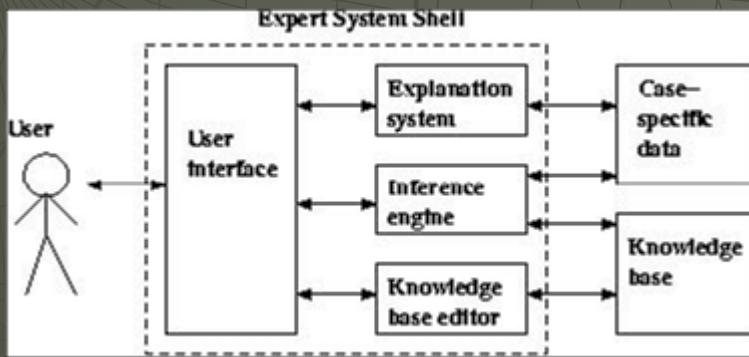
- Independencia de piezas: Nuevas Reglas
- Permite Modularidad
- Ejecución en Paralelo
- Fácil Comprensión

✓ Desventajas

- Falta de Estructura Global
- Adicción incontrolada de Reglas => Resultados imprevistos
- Limitaciones a los conectivos lógicos en las condiciones
- Complicaciones con estructuras de control complejas (iteraciones)
- Factores de Certeza

Lenguaje Shell y Herramientas

El lenguaje shell es un ambiente de desarrollo de software el cual contiene todos los componentes de un sistema experto, asociado al shell, se encuentran métodos prescritos de construcción de aplicaciones, para construir los sistemas expertos se debe configurar e instanciar estos componentes, algunos de los componentes genéricos se muestran en la figura debajo de estas líneas.



Lenguaje Shell y Herramientas

Knowledge base: (Base de conocimiento) Un almacenamiento de conocimiento Heuristico o Factico, Una herramienta de Sistemas Expertos que proporciona una o mas representaciones esquematicas del conocimiento sobre el dominio de la aplicación, algunas herramientas de esta clase, utilizan reglas tanto de Objetos como Si-Entonces.

Inference Engine: (Motor de inferencia) Un mecanismo de manipulación de información y conocimiento simbólico en la base de conocimiento para formar una linea de razonamiento para resolver un problema, el mecanismo puede ir de simple encadenamiento "modus ponens" de reglas Si-Entonces hasta razonamiento basado en el tipo de caso.

Lenguaje Shell y Herramientas

Knowledge base editor: (Editor de Bases de Conocimiento) Un subsistema que ayuda a expertos a construir las bases de conocimiento. Capturar conocimiento necesario para resolver problemas y construir bases de conocimiento es un cuello de botella en la construcción de Sistemas Expertos

Explanation Subsystem: (Subsistema de explicaciones) Un subsistema que explica las acciones del sistema mismo, estas explicaciones pueden ir de como se llevo a la parte intermedia o final de la solución hasta incluso justificar la necesidad de datos adicionales.

User Interface: (Interfaz de usuario) La forma de comunicarse con el usuario, por lo general no es parte de la tecnología de un Sistema Experto.

Lenguaje Shell y Herramientas

Existen muchas herramientas en la actualidad para construir sistemas expertos, las hay desde tipo "Freeware" (gratuitos) hasta los comerciales (de pago), los siguientes son solo algunas herramientas (tanto freeware como comerciales) usadas para la construcción de sistemas expertos

- ART-IM
- CBR Express v1.1
- Nex-Expert Object v.2.0
- Exsys Corvid
- Xpertrule
- G2
- Visual Prolog
- Jess
- Winprolog
- Clisps: <https://clisp.sourceforge.io/>
- Expert System Builder:
[https://expert-system-builder.software.informer.com/4.3/](http://expert-system-builder.software.informer.com/4.3/)

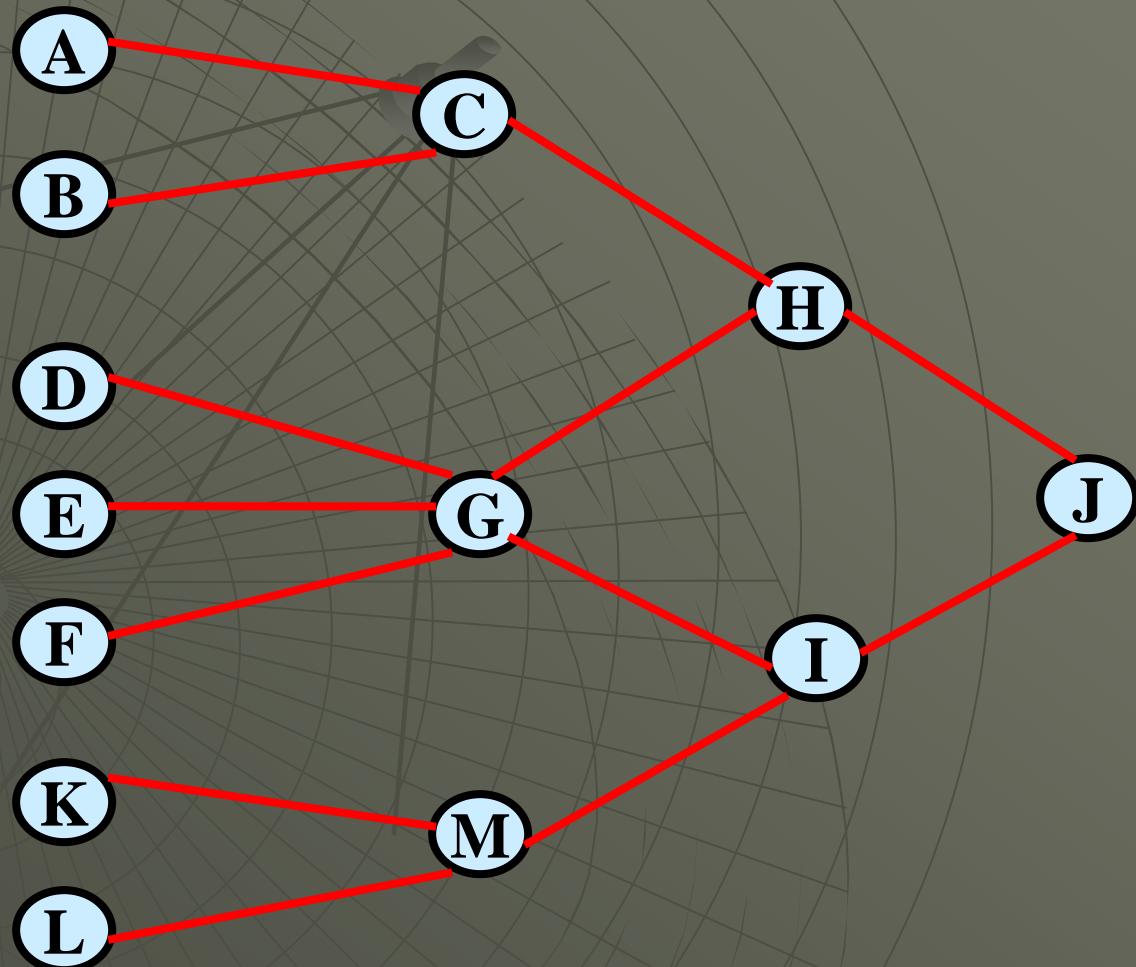
Prácticas para SE Basados en Reglas

Práctico 1:

1. Analizar el siguiente grafo y determinar las reglas que vinculan los objetos
1. Generar la Base de Conocimiento correspondiente a ese conjunto de reglas
1. Analizar el comportamiento del sistema experto, al ingresar evidencias verdaderas
1. Analizar el comportamiento del sistema experto al ingresar evidencias falsas
1. Solucionar el problema incorporando las reglas que sean necesarias

Prácticas para SE Basados en Reglas

Práctico 1:



Prácticas para SE Basados en Reglas

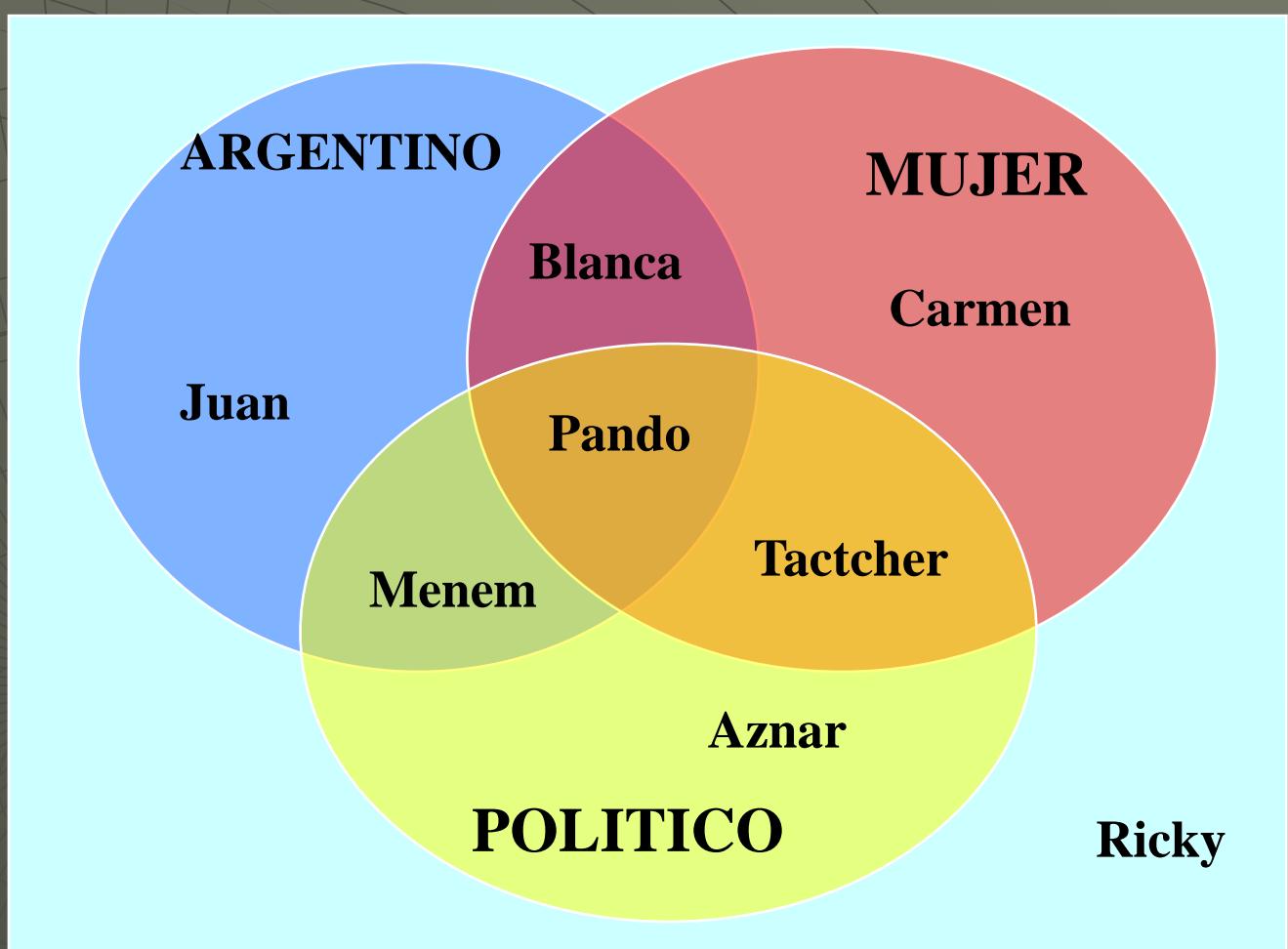
Práctico 2

Analizar el diagrama de la diapositiva siguiente
y identificas los objetos que se relacionan

Plantear las reglas que relacionan a los objetos
identificados

Identificar los distintos componentes de un
Sistema Experto Basado en Reglas en el ejemplo.
Realizar el trabajo práctico adjunto

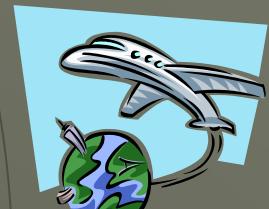
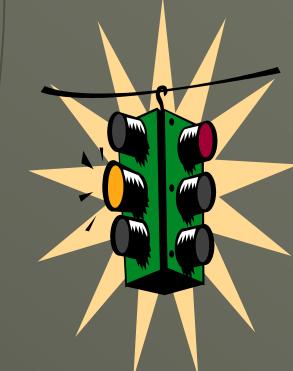
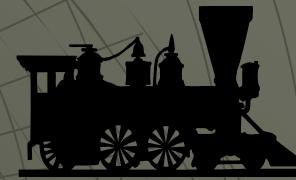
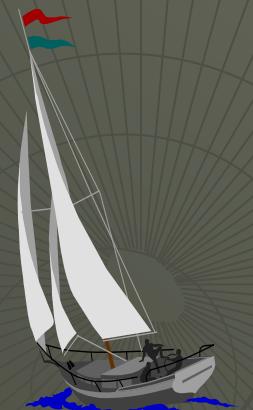
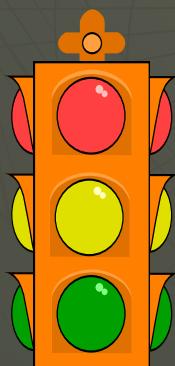
Prácticas para SE Basados en Reglas



Ejemplo de Aplicaciones de Sistemas Expertos Basados en Reglas

Practico 3:

Investigar y comentar sobre aplicaciones reales y existentes de casos de éxito o no de SEBR



Bibliografía

- RICH, E. KNIGHT K. Inteligencia Artificial. Mc Graw Hill. 1996.
- Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas. Enrique Castillo, José Manuel Gutiérrez, y Ali S. Hadi
- Documentación del Curso Sistemas Expertos de la Maestría en Informática y Computación - UNNE, Corrientes Argentina - Curso Académico 2002. Mag. María del Carmen Montserrat la Red Martínez