

# INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Códigos: INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Código carrera: 40 Código asignatura: 2090

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

Material permitido: NINGUNO

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

## 1. (Valoración: 3.5 puntos)

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

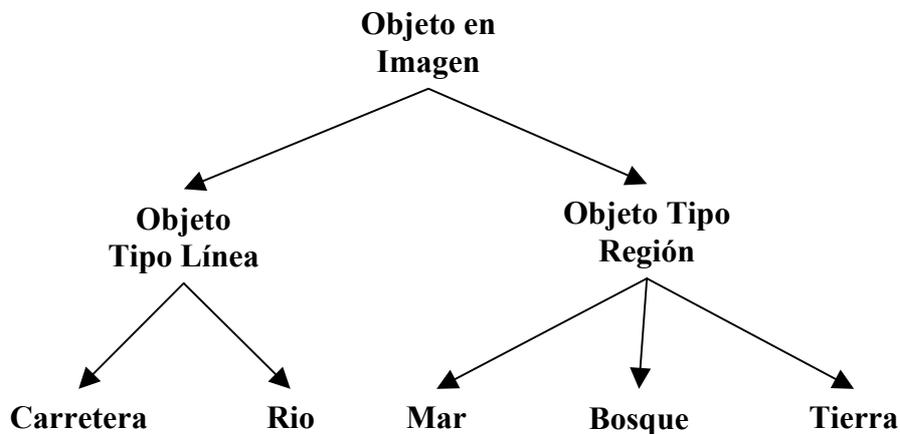
## 2. (Valoración: 3.5 puntos)

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

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

## 3. (Valoración: 3 puntos)

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



(CONTINÚA...)

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

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

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

ObjetoX

Area = 100 pixels  
Perímetro = 50 pixels  
Color = Azul

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

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

2.

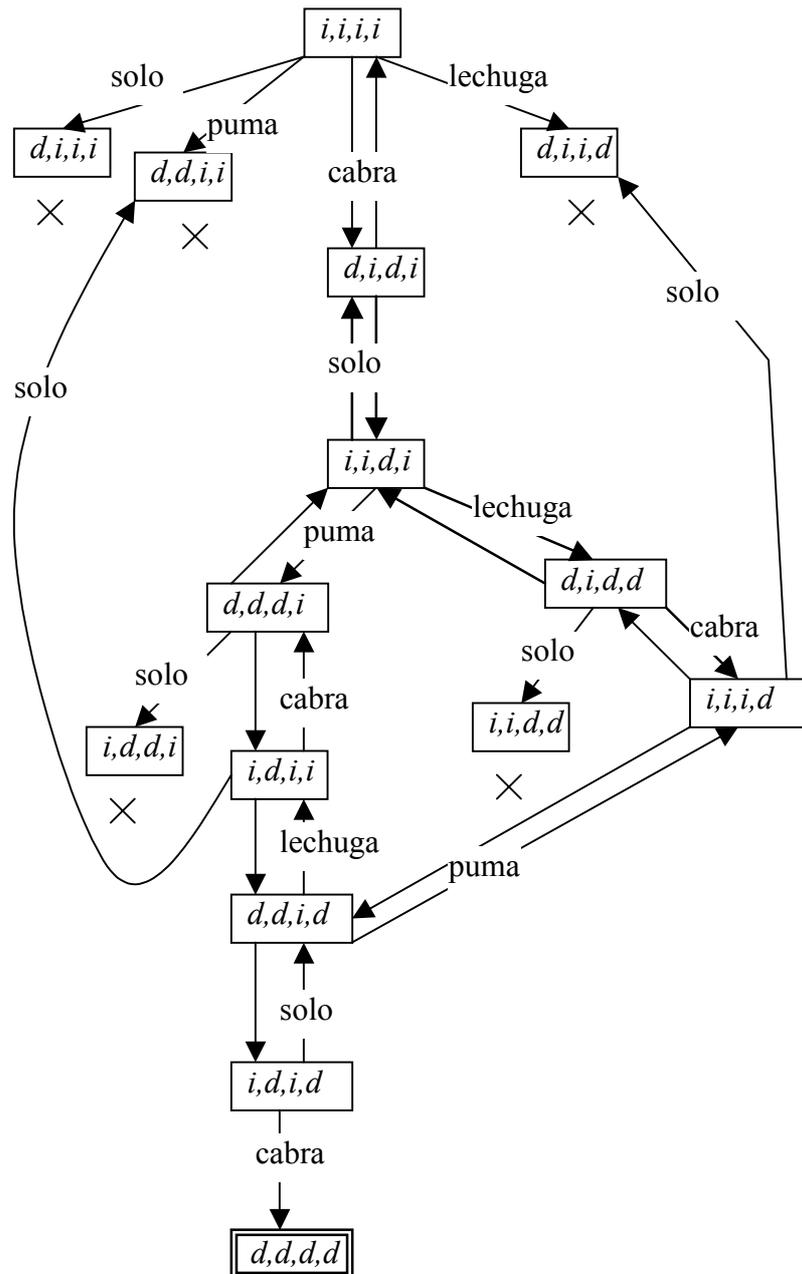
- a) Supongamos que cada estado se representa de la siguiente manera:  $estado(B,P,C,L)$ , en que  $B, P, C$  y  $L$  son variables que representan respectivamente la posición del barquero, el puma, la cabra y la lechuga. Las variables pueden tomar dos valores:  $i$  y  $d$ , que simbolizan el borde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

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

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

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

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



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

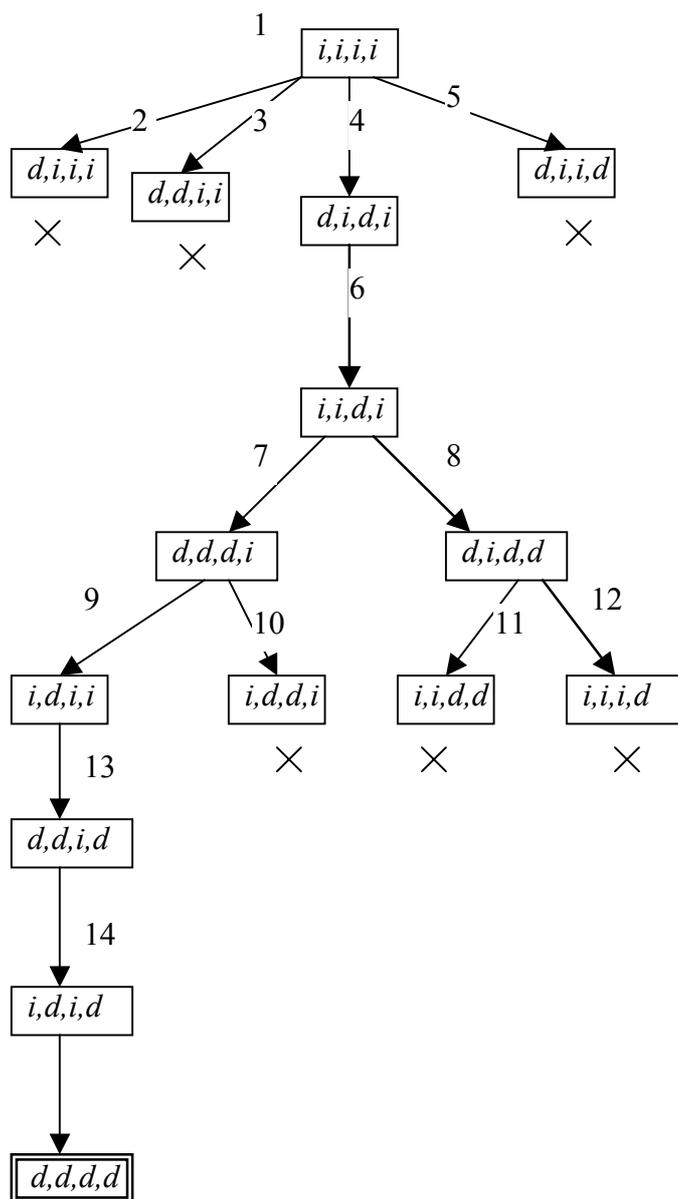
- b) **Describir los siguientes métodos de búsqueda: búsqueda en profundidad y en amplitud. Analice la complejidad de cada método, así como sus ventajas e inconvenientes.**

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

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

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

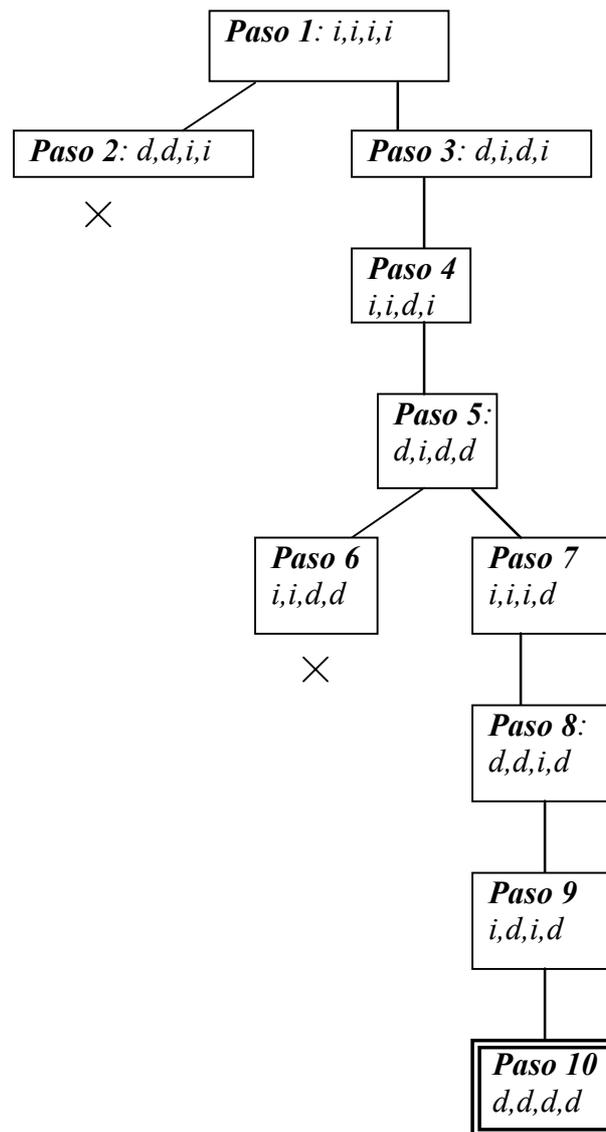
Para llevar a cabo este método de búsqueda es necesario ayudarse de una estructura de datos tipo cola. Un posible orden de expansión de los nodos es el mostrado en la siguiente figura, donde hemos supuesto que no generamos aquellos nodos ya generados previamente, de cara a no repetir búsquedas.



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

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

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



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

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

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

### 3.

#### a) Representación en lógica de predicados

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

utilizaremos la siguiente nomenclatura:

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

A continuación se indica la codificación en lógica de predicados:

- premisas derivadas de la taxonomía :

relaciones clase-subclase y relaciones de incompatibilidad entre subclases.

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

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

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

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

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

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

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

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

- Premisas derivadas de las relaciones indicadas en las tablas:

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

$$\forall x \text{ AP}_{\text{mayor10}}(x) \equiv \text{OR}(x)$$

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

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

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

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

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

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

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

### \* base de conocimiento

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

### \* base de hechos inicial

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

### \* Descripción del sistema de reglas:

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

### \* Proceso de inferencia:

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

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

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