

# INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

## MÓDULO 2: PROCEDIMIENTOS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Muchas de las aplicaciones de la IA implican la búsqueda de una solución en el espacio del problema, esta solución es en algunos casos, una secuencia de operaciones, controlar los movimientos de un robot, o generar un programa en forma automática, por mencionar algunos ejemplos.

Como se intuye de lo visto con anterioridad, esta búsqueda puede ser muy ardua o a veces imposible, debido a la complejidad o el tamaño del espacio de búsqueda, es así que aparecen distintos métodos para realizarla. Empecemos por los más sencillos.

#### 2.1.1 JUEGO DEL 8

Un ejemplo extensamente usado en la literatura para ilustrar el problema de la búsqueda es el juego del 8, consiste en una matriz de 3x3 con sus elementos numerados del 1 al 8 y un elemento vacío, cualquier celda adyacente se puede mover hacia este espacio vacío; o visto de otra manera el elemento vacío se puede mover a cualquier posición adyacente.

Se pueden identificar 2 elementos de este problema, los estados, las movidas, dentro de los estados se distinguen el estado inicial y el estado objetivo. El conjunto de todas las configuraciones posibles, de estados es el espacio de estados, (en este caso el espacio de estados esta dividido en dos subconjuntos disjuntos de  $9!/2$  , 181440 estados cada uno). La forma en que se representa en la máquina, en general guarda semejanza con el problema físico.

La secuencia de movidas que transforman el estado inicial en el estado objetivo es la solución del problema, a esta secuencia, en algunas oportunidades se le imponen restricciones como, que sea la secuencia mas corta.

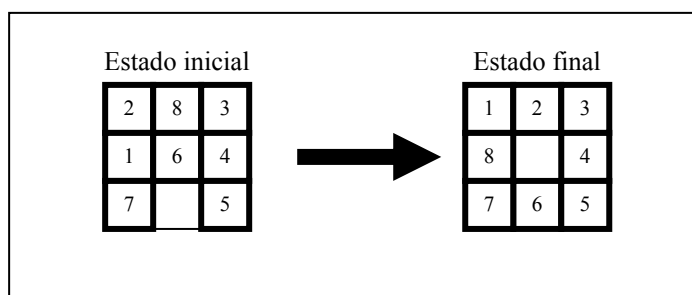


Figura 2.1 El juego del 8

El procedimiento básico de la búsqueda consiste en:

- a- DATOS = Configuración Inicial
- b- Hasta que DATOS = Configuración Final hacer:  
Comienzo  
*Seleccione* algún movimiento que pueda ser realizado  
DATOS = DATOS + movimiento seleccionado  
Fin

## 2.2 MÉTODOS DE BÚSQUEDA

Todo el problema de la búsqueda cae sobre el proceso de selección del movimiento. Esta selección puede ser al azar, siguiendo algún procedimiento general (como un simple ordenamiento), o alguna regla heurística (de la experiencia). Si la selección se realiza sin emplear conocimiento específico sobre el problema en cuestión se dice que la búsqueda es No Informada, en la medida en que se hace uso de la experiencia o de conocimiento sobre el tema, los métodos se convierten en informados. Los métodos informados pueden tener un conocimiento local explícito, pero no de una estrategia global.

Si en el proceso se emplea una estrategia de prueba y error, es decir que se puede volver atrás, se dice que la estrategia es Tentativa, por el contrario la estrategia es Irrevocable. Una estrategia tentativa es el método Backtracking, que consiste en buscar hasta un determinado punto preestablecido, si no se encuentra la solución, se retornan N pasos y se prueba otra movida y se continúa el proceso. La otra estrategia de búsqueda tentativa es llamada Búsqueda en Grafo, existen distintos tipos de búsqueda en grafo, como “profundizar primero” o “abrir primero”

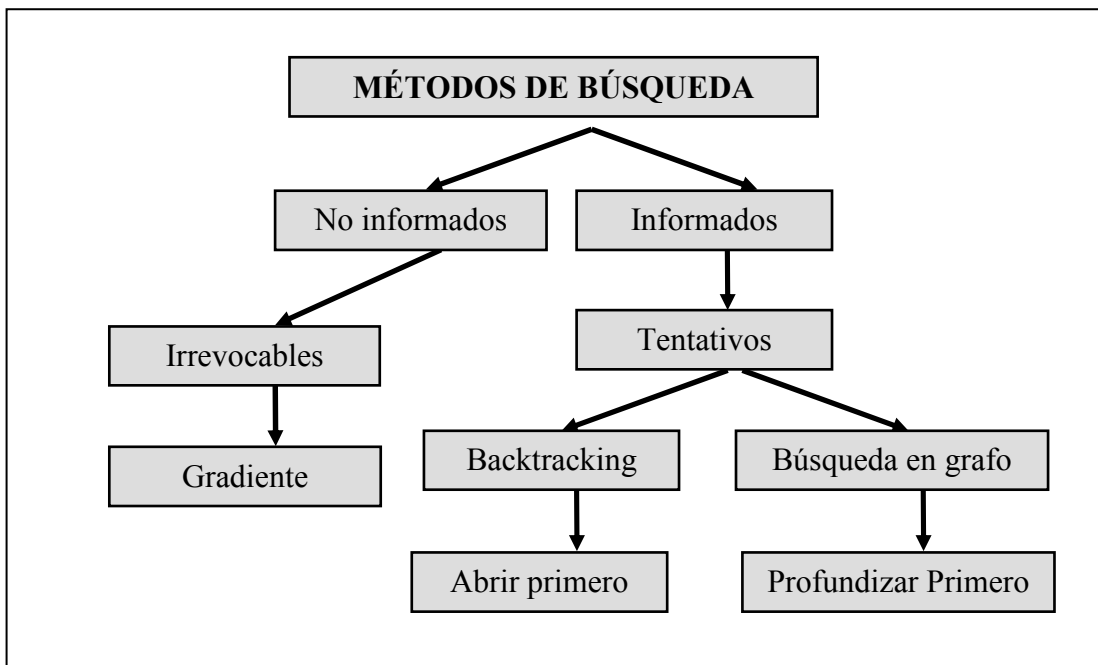


Figura 2.2 Métodos de búsqueda

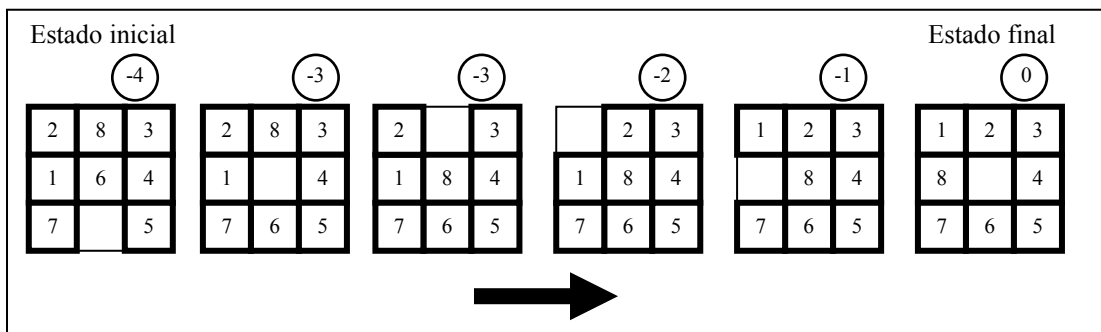


Figura 2.3 Método del gradiente para el juego del 8

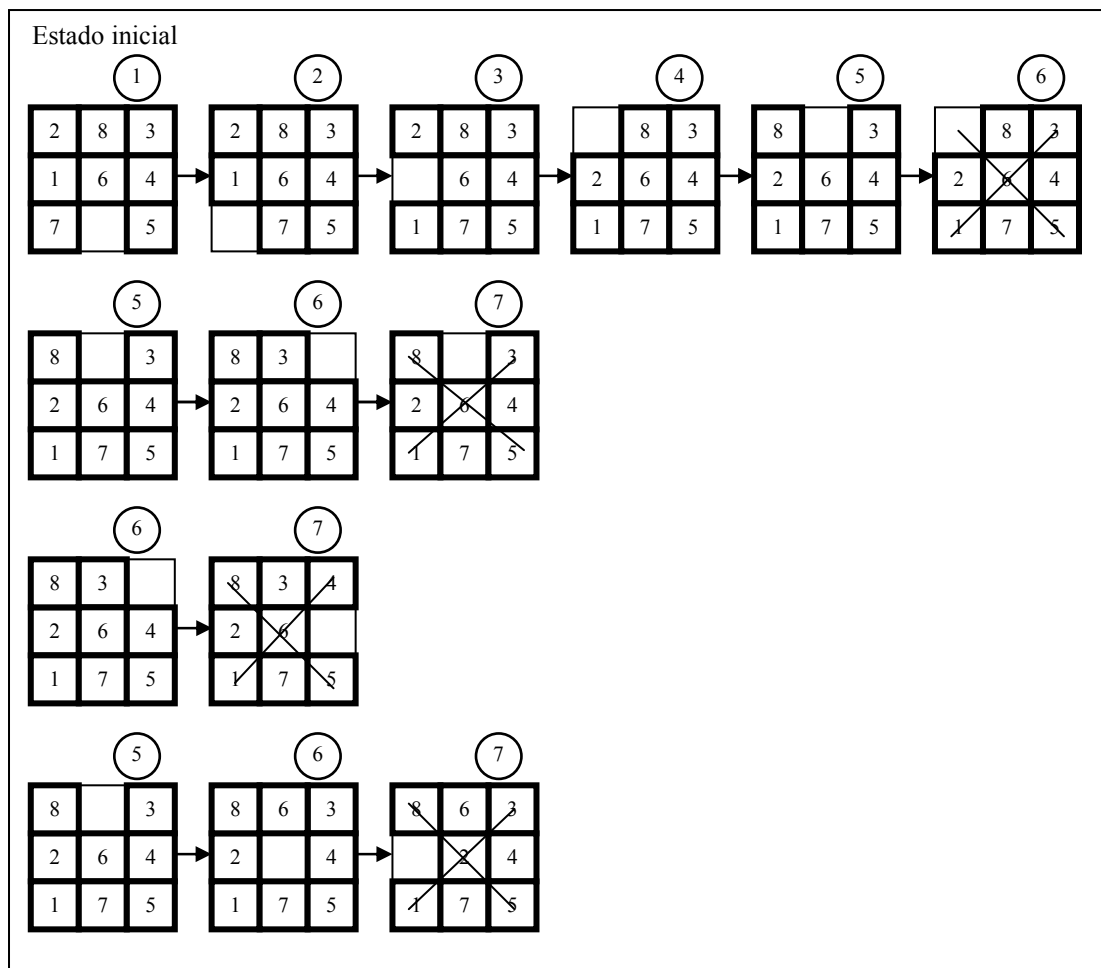


Figura 2.4 Estrategia de backtracking en el juego del 8

En la primera fila, en el estado 6 hace *backtrack* porque el estado alcanzado es idéntico al 4. En la segunda fila, por idénticos motivos, pues el estado 7 es igual al 5. En la tercera fila se aplicaron 6 reglas y no se llegó a la meta, en la cuarta ídem, etc.

El método de backtrack no mantiene en memoria todos los nodos visitados, solo lo hace con los nodos en el camino actualmente explorado. Pero debe tener algún método para no caer en loops.

En la figura 2.5 se muestra el árbol de búsqueda cuando en cada estado se abre todas las posibilidades de cada estado. Esta estrategia ocupa gran cantidad de memoria para desplegar todos los estados posibles en cada nivel de la búsqueda. Aquí las estrategias que puedan estrechar el espacio de búsqueda son muy importantes, porque en problemas relativamente simples la explosión combinatoria de estados impide la apertura más allá de unos pocos pasos.

Se puede ver aún en problemas sencillos como la representación del problema juega un papel importante, en el problema precedente uno puede elegir escribir 32 movimientos diferentes que implican mover cada mosaico, arriba-abajo, derecha- izquierda, por el contrario si uno eleva el nivel de abstracción puede elegir mover el "hueco", en tal caso solo cuatro movimientos son suficientes (tanto en uno como en otro caso se deben respetar las condiciones de borde).

Complejidad exponencial  $O(b^d)$  donde  $b$  es el factor de ramificación (branch) y  $d$  es la profundidad (depth).

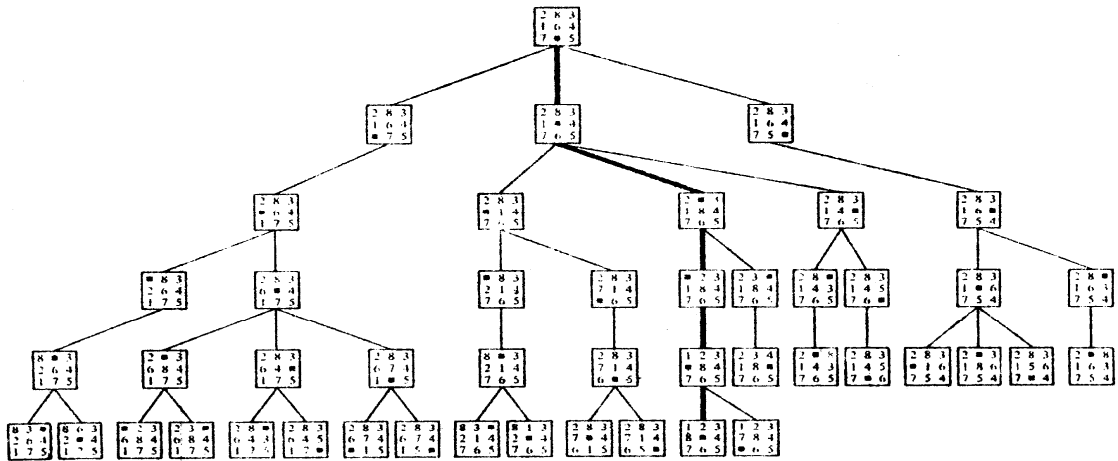


Figura 2.5 Árbol de búsqueda para el juego del 8

## 2.3 OTRAS REPRESENTACIONES

### 2.3.1 El problema del viajante de comercio

El problema del viajante de comercio, conocido por sus siglas del inglés TSP (Travelling Salesman Problem), es un viejo tema de la investigación operativa que cobró fama por ser un problema NP completo. El viajante debe recorrer  $n$  ciudades y volver al punto de origen. El problema consiste en encontrar el circuito más corto en que las ciudades son visitadas sólo una vez. En la figura 2.6 se ve un circuito de 5 nodos.

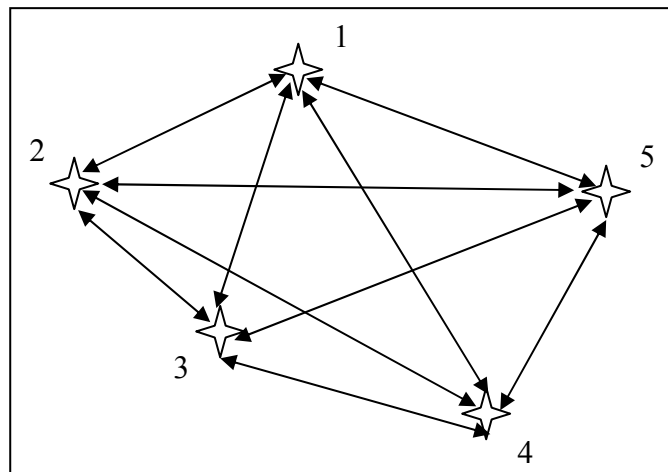


Figura 2.6 Problema del Viajante de Comercio (TSP)

Los caminos entre las ciudades, se suponen reversibles  $d_{12} = d_{21}$ , y están conectadas todas con todas. En general se habla de costos en lugar de distancias, como concepto más general que puede involucrar otras variables. En la tabla 2.1 se ve un juego de valores no euclidianos para 5 nodos.

	1	2	3	4	5
1	0	7	7	10	10
2		0	6	10	93
3			0	5	9
4				0	60
5					0

Tabla 2.1 "Costos" de las distancias del TSP

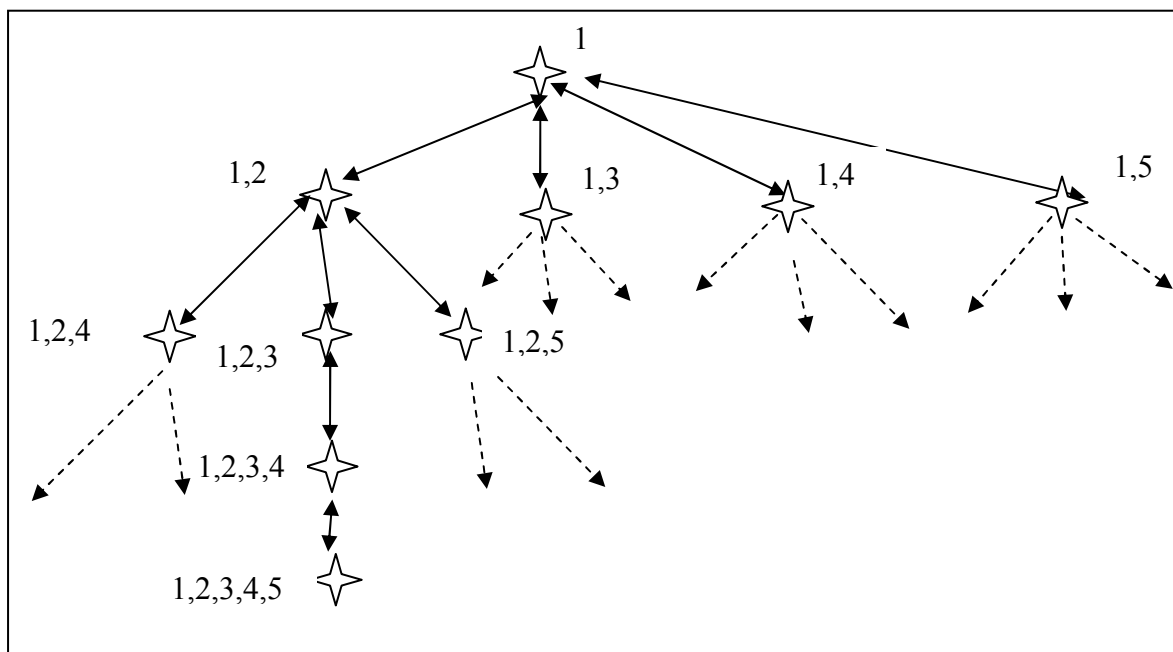


Figura 2.7. Árbol de búsqueda para el TSP

### 2.3.2 El problema del análisis sintáctico

Consiste en analizar una serie de oraciones, construidas a partir de un conjunto de palabras o frases (símbolos terminales), estas oraciones deben ser correctas sintácticamente, independientemente de su significado.

Sea el siguiente conjunto de símbolos terminales:

*La presidente de la nueva República aprobó el canje*

Y el conjunto de símbolos no terminales:

O (oración), FN (frase nominal), FV (frase verbal), FP (frase proposicional), P (preposición), V (verbo), ArFN (frase nominal con Artículo), Ar (artículo), Ad (adjetivo), S (sustantivo)

La gramática se define con el siguiente conjunto de reglas de reescritura.

- 1- ArFN FV  $\Rightarrow$  O
- 2- V ArFN  $\Rightarrow$  FV
- 3- P ArFN  $\Rightarrow$  FP
- 4- Ar FN  $\Rightarrow$  ArFN

- 5- ArFN FP  $\Rightarrow$ ArFN
- 6- Ad FN  $\Rightarrow$ FN
- 7- S  $\Rightarrow$ FN
- 8- de  $\Rightarrow$ P
- 9- aprobó  $\Rightarrow$ V
- 10-nueva  $\Rightarrow$ Ad
- 11-presidente  $\Rightarrow$ S
- 12-República  $\Rightarrow$ S
- 13-canje  $\Rightarrow$ S
- 14-la  $\Rightarrow$ Ar
- 15-el  $\Rightarrow$ Ar

Con estas reglas de reescritura se verifica la corrección de la siguiente oración

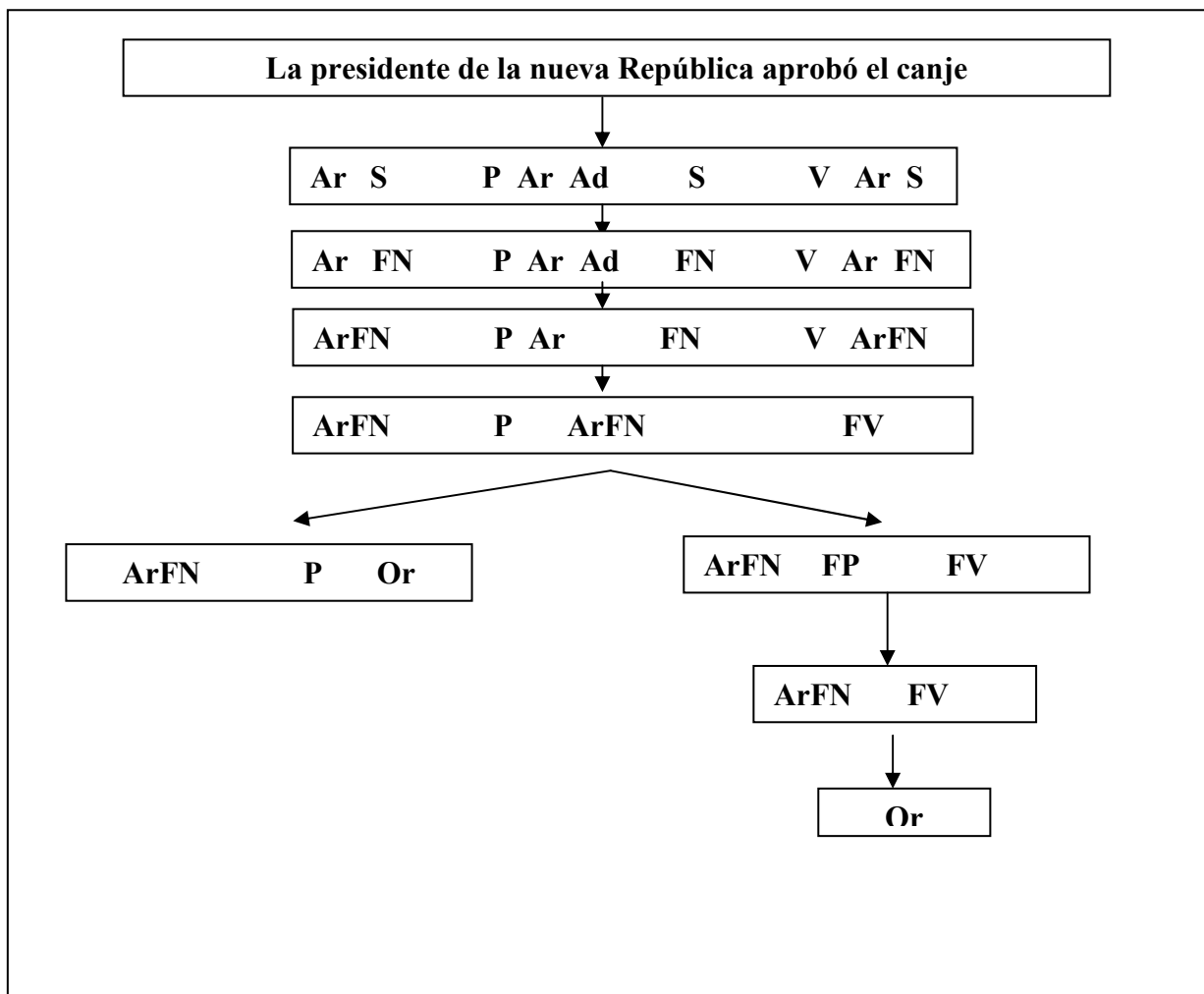


Figura 2.8. Verificación sintáctica

## 2.4 PROBLEMAS PROPUESTOS

Tomados del NILSSON.

### Problema 2.1:

Consider a sliding block puzzle with the following initial configuration:

<b>B B B W W W E</b>
----------------------

There are three black tiles(**B**),threehite(**W**),and an empty cell (**E**).The puzzle has the following moves:

- A tile may move into an adjacent empty cell with unit cost.
- A tile may hop over at most two other tiles into an empty cell with a cost equal to the number of tiles hopper over.

The goal of the puzzle is to have all of the white tiles to the left of all of the black tiles ( whitout regard for the position of the blank cell).

### Problema 1.3:

Describe how the rewrite rules of section 1.1.6 can be used in a production system that generates sentences. What is the global database and temination codition for such a system? Use the system to generate five grammatical (even if not meaningful) sentences.

## SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- ♦ La búsqueda de solución a un problema se puede formalizar por un par  $(S; f)$  donde el espacio solución  $S$  denota el conjunto finito de todas las posibles soluciones y  $f$  denota la función de costo:
  - ♦  $f : S \rightarrow \mathbb{R}$
  - ♦ Se trata (en minimización) de encontrar una solución  $i_{opt} \in S$  tal que
  - ♦  $f(i_{opt}) \leq f(i)$  para toda  $i \in S$ .

## Espacio de Soluciones

(en “Abrir Primero”)

Factor de arborescencia : 10  
 Velocidad : 1000 nodos/sec  
 Memoria : 100 bytes/nodo

Profund.	Nodos	Tiempo	Memoria
0	1	1 miliseg.	100 bytes
2	111	.1 seg.	11 kilobytes
4	11,111	11 seg.	1 megabyte
6	$10^6$	18 min.	111 megabytes
8	$10^8$	31 hr.	11 gigabytes
10	$10^{10}$	128 dias	1 terabyte
12	$10^{12}$	35 años	111 terabytes
14	$10^{14}$	3500 años	11111 terabytes



## PROCEDIMIENTOS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

♦ El procedimiento básico búsqueda consiste en:

DATOS = Inicial

Hasta que

DATOS = Final ,

hacer:

Comienzo

♦ *Seleccione* algún movimiento que pueda ser realizado

DATOS = DATOS + movimiento seleccionado

Fin

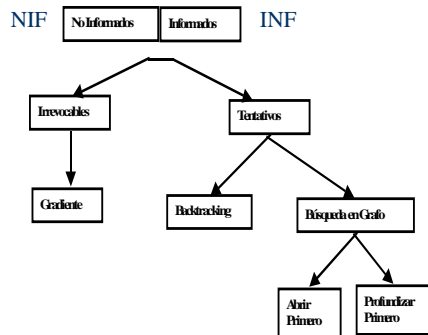
Inicial		
2	8	3
1	6	4
7		5

↓

1	2	3
8		4
7	6	5
Final		



## Métodos de Búsqueda



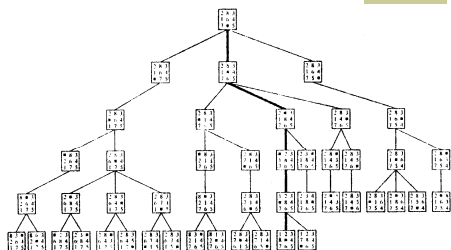
## Método del Gradiente (Irrevocable Informado)

La función a optimizar es la función distancia  $D =$  nro de mosaicos en posición incorrecta

## Método de Backtraking (Tentativo (no) Informado)

Se hace backtrack cuando se alcanza un estado ya visitado o cuando se hicieron 6 movimientos sin alcanzar la meta

## Árbol de Búsqueda Abrir primero



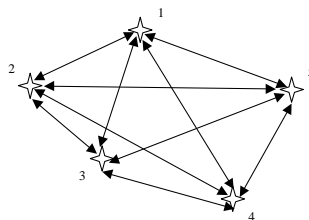
Juego del 8

El árbol puede recorrerse con la estrategia de abrir primero, profundizar primero, o siguiendo alguna regla heurística.

Se puede garantizar encontrar el camino mas corto?

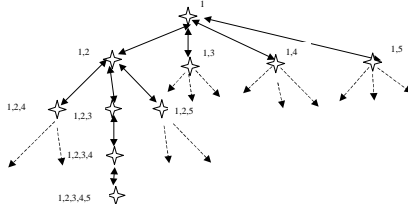
Costo del camino, costos en línea y costos fuera de línea

## Árbol de Búsqueda Abrir primero



Viajante de Comercio

TSP



## Análisis Sintáctico

### Reglas de Reescritura

ArFN FV ⇒ Or  
 V ArFN ⇒ FV  
 P ArFN ⇒ FP  
 Ar FN ⇒ ArFN  
 ArFN FP ⇒ ArFN  
 Ad FN ⇒ FN  
 S ⇒ FN  
 de ⇒ P  
 aprobó ⇒ V  
 nueva ⇒ Ad  
 presidente ⇒ S  
 República ⇒ S  
 nacionalización ⇒ S  
 la ⇒ Ar  
 el ⇒ Ar

La presidente de la nueva República aprobó la nacionalización								
Ar	S	P	Ar	Ad	S	V	Ar	S
Ar	FN	P	Ar	Ad	FN	V	Ar	FN
ArFN		P	Ar		FN	V	ArFN	
ArFN		P	ArFN			FV		
ArFN			FP			FV		
		ArFN				FV		
					Or			

Or (oración), FN (frase nominal), FV (frase verbal),

FP (frase proposicional), P (preposición), V (verbo),

ArFN (frase nominal con Artículo), Ar (artículo),

Ad (adjetivo), S (sustantivo)