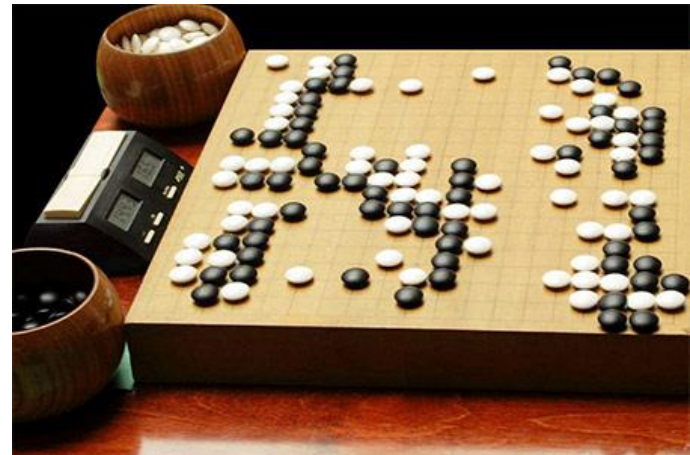


Tema 4: Búsqueda con adversario: juegos



Objetivos

- Conocer las técnicas básicas de búsqueda con adversario (minimax, poda alfa-beta) y su relación con los juegos.

Estudia el tema en ...

- Nils J. Nilsson, “*Inteligencia Artificial: Una nueva síntesis*”, Ed. Mc Graw Hill, 2000. pp. 175-192
- S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A modern Approach*, Tercera Edición, Ed. Pearson, 2010.

Contenido

- Juegos bipersonales con información perfecta
- Árboles de exploración de juegos
- El modelo básico
- Juegos en los que interviene un elemento aleatorio

Interés

- Laboratorios perfectos para investigar en técnicas de resolución de problemas.
- Es fácil medir el éxito o el fracaso.
- Fascinación para cierta gente.
- Aspecto comercial.
- Aplicaciones en ámbitos empresariales.

Juegos bipersonales con información perfecta

- Estas situaciones se estudian y resuelven utilizando la **Teoría de Juegos**. La teoría matemática de juegos fue inventada como tal por **John von Neumann** y por **Oskar Morgenstern** en 1944.
- **¿Qué es un juego?**
 - Es cualquier situación de decisión, caracterizada por poseer una interdependencia estratégica, gobernada por un conjunto de reglas y con un resultado bien definido.
- En un juego, cada jugador intenta conseguir el mayor beneficio para sus intereses. La solución de un juego permite indicar a cada jugador qué resultado puede esperar y cómo alcanzarlo.

Juegos bipersonales con información perfecta

- **Ejemplo de juego: El dilema del prisionero**

- Dos individuos son detenidos por la policía debido a que cometieron cierto delito. Ambos son encerrados en celdas diferentes y son interrogados de forma individual. Ambos tienen dos alternativas: no confesar o delatar al compañero. Saben que si ninguno confiesa, ambos irán a la cárcel por 2 años, pero si uno delata a su compañero y el otro no, entonces al que confiesa le absuelven y al otro le encierran por 10 años. Si ambos confesasen, entonces la pena se repartiría y ambos irían a prisión por 5 años.

Juegos bipersonales con información perfecta

- **Ejemplo de juego: El dilema del prisionero**

		Prisionero 1	
		No delatar	Delatar
Prisionero 2	No delatar	$(-2, -2)$	$(0, -10)$
	Delatar	$(-10, 0)$	$(-5, -5)$

- **¿Qué harán los prisioneros?** Con toda lógica: Cooperar. Sin embargo, la tentación de hacer la promesa de no delatar, para después traicionar al compañero es muy grande.
- El juego tiene una estructura no cooperativa.

Juegos bipersonales con información perfecta

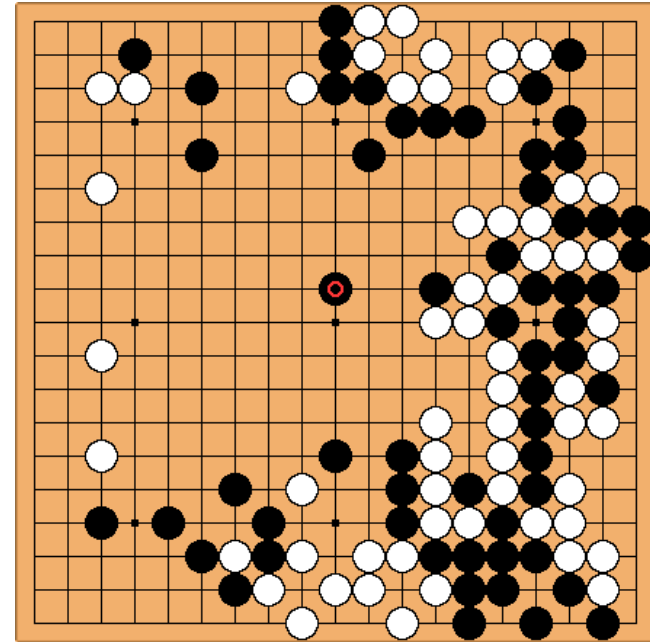
- **Ejemplo de juego:** El juego de los palillos

- Inicialmente, hay n palillos sobre la mesa, y dos jugadores A y B. El jugador A comienza el juego quitando 1, 2 ó 3 palillos. Le sigue el jugador B, que también podrá quitar 1, 2 ó 3 palillos. El turno vuelve al jugador A, y estas acciones se repiten hasta que quede un único palillo en la mesa. Aquel que quite este último palillo pierde el juego.



- **Pregunta:** ¿Cómo debe jugar A para maximizar su beneficio?

Juegos bipersonales con información perfecta

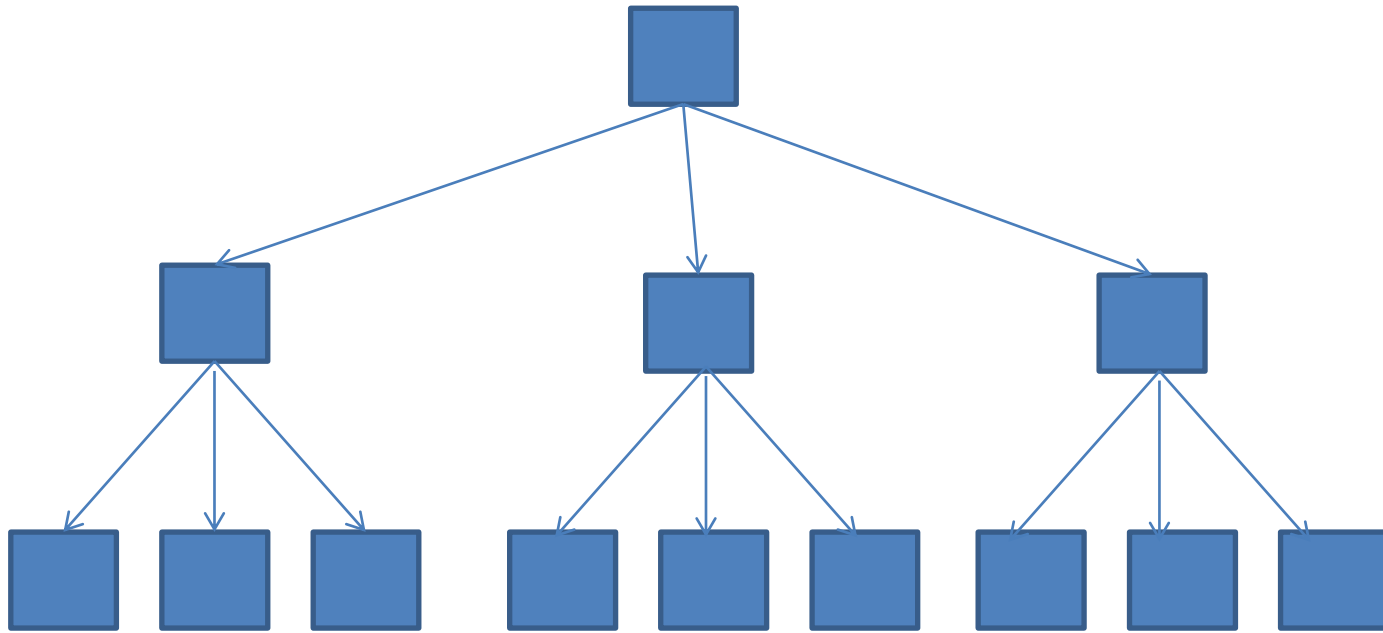


- Un juego de **información perfecta** es aquel en los jugadores tienen a su disposición toda la información de la situación del juego.

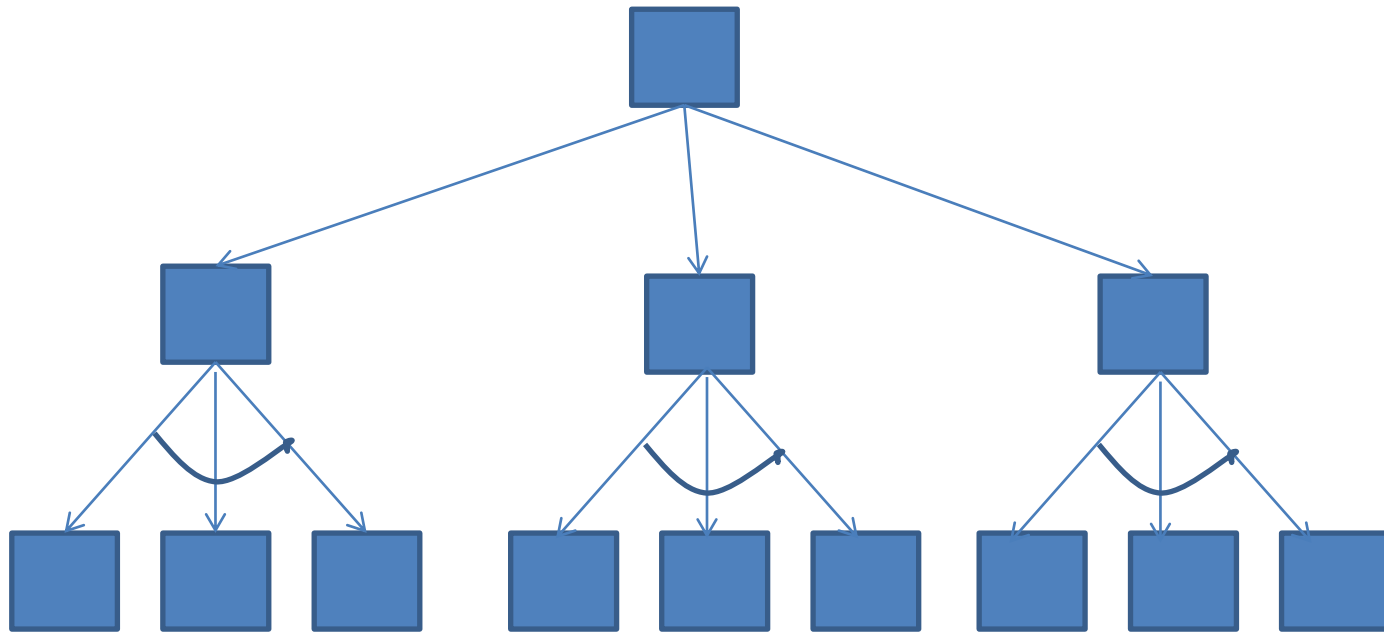
Árboles de exploración de juegos

- Un árbol del juego es una representación explícita de todas las formas de jugar a un juego
- Correspondencia entre árboles de juegos y árboles Y/O

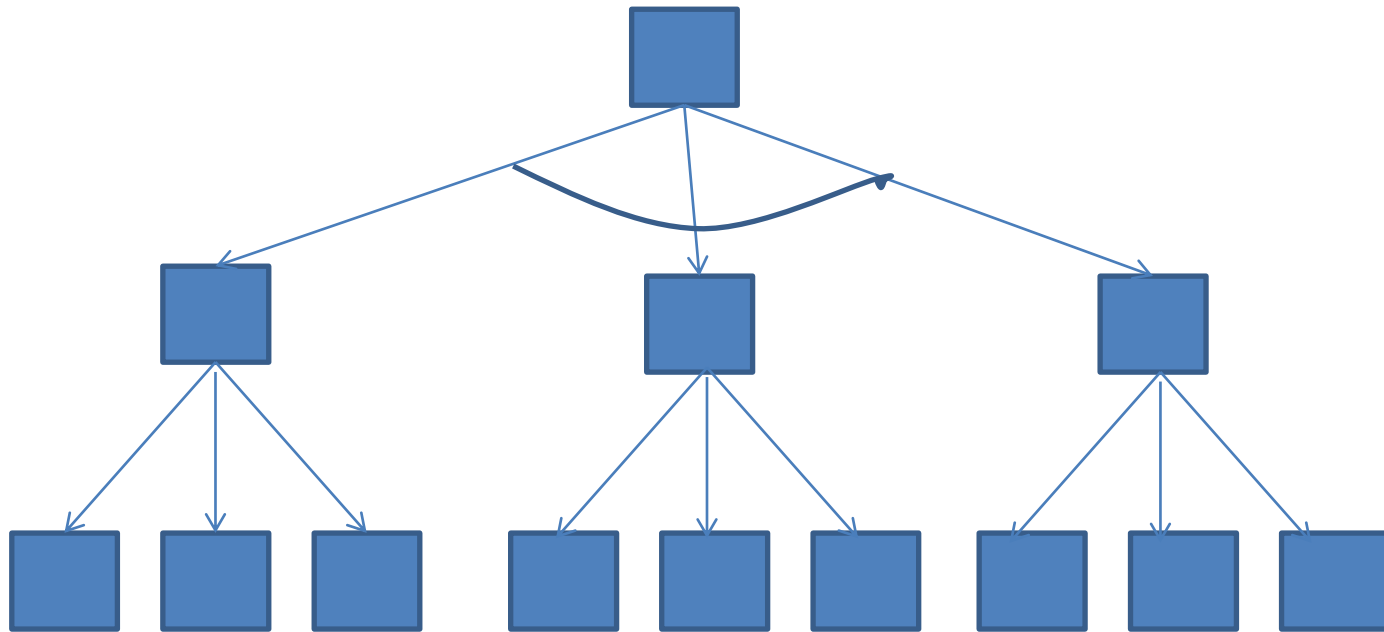
Árboles de exploración de juegos



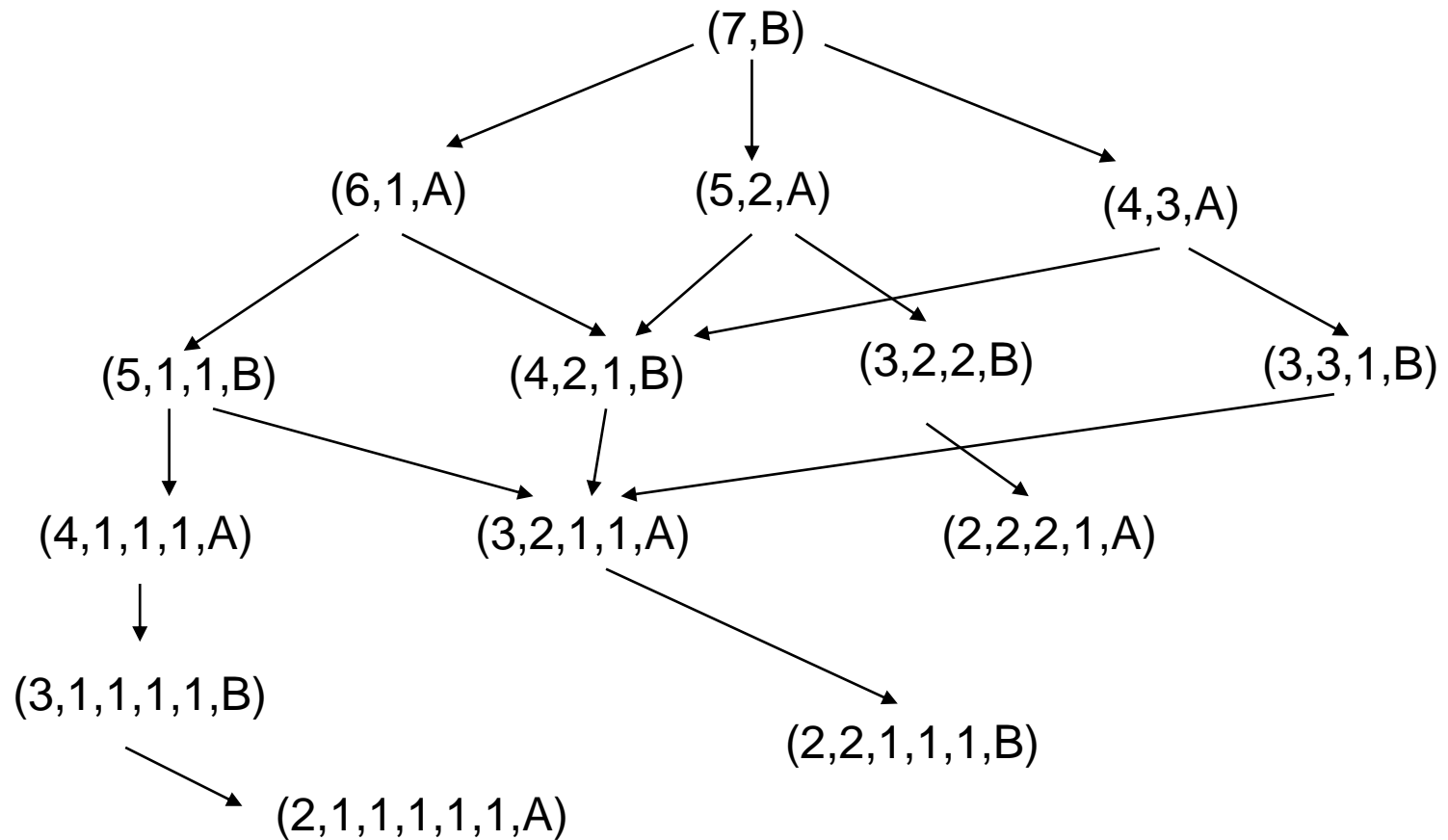
Árboles de exploración de juegos: para el primer jugador



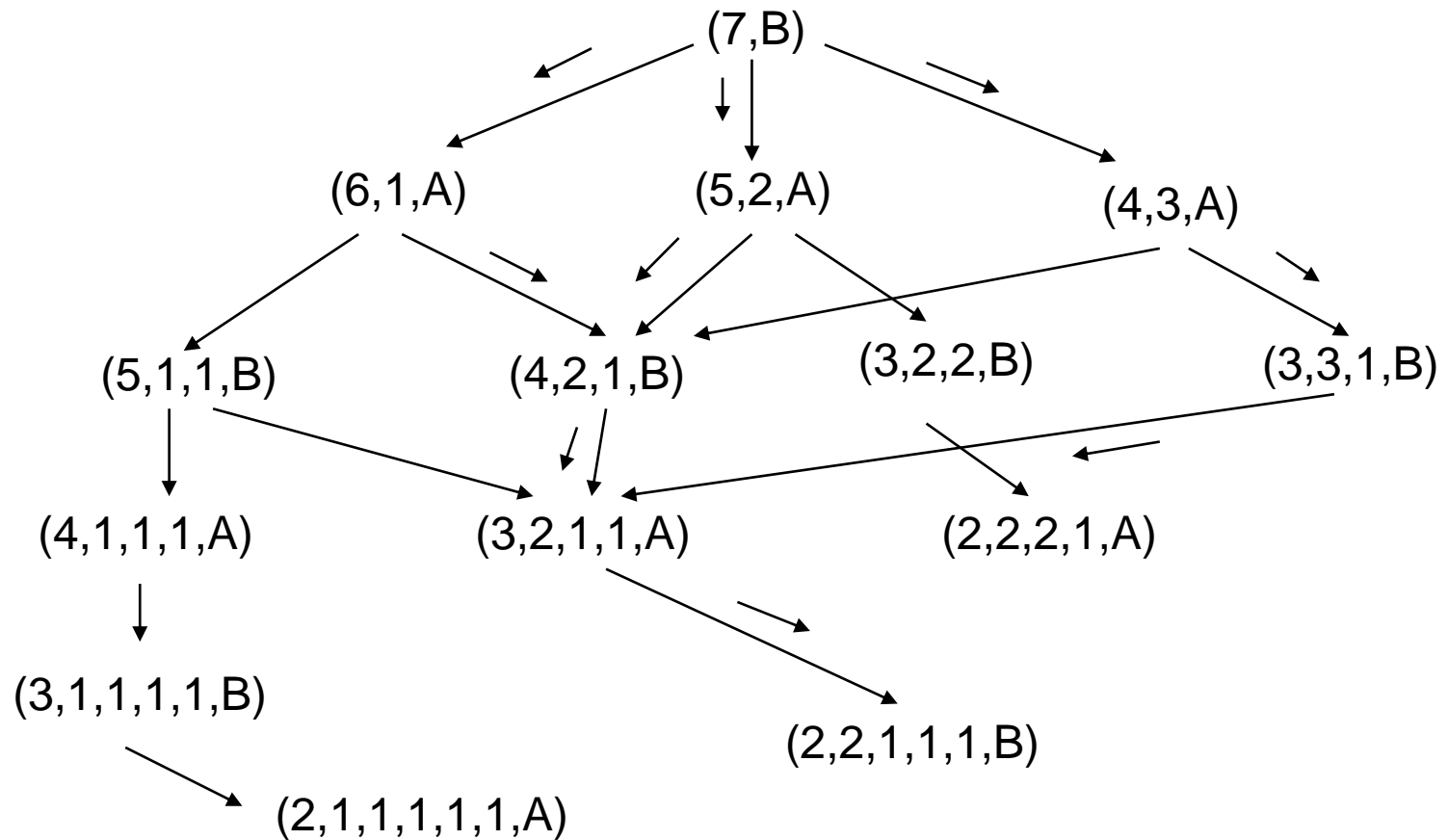
Árboles de exploración de juegos: para el segundo jugador



Ejemplo simple



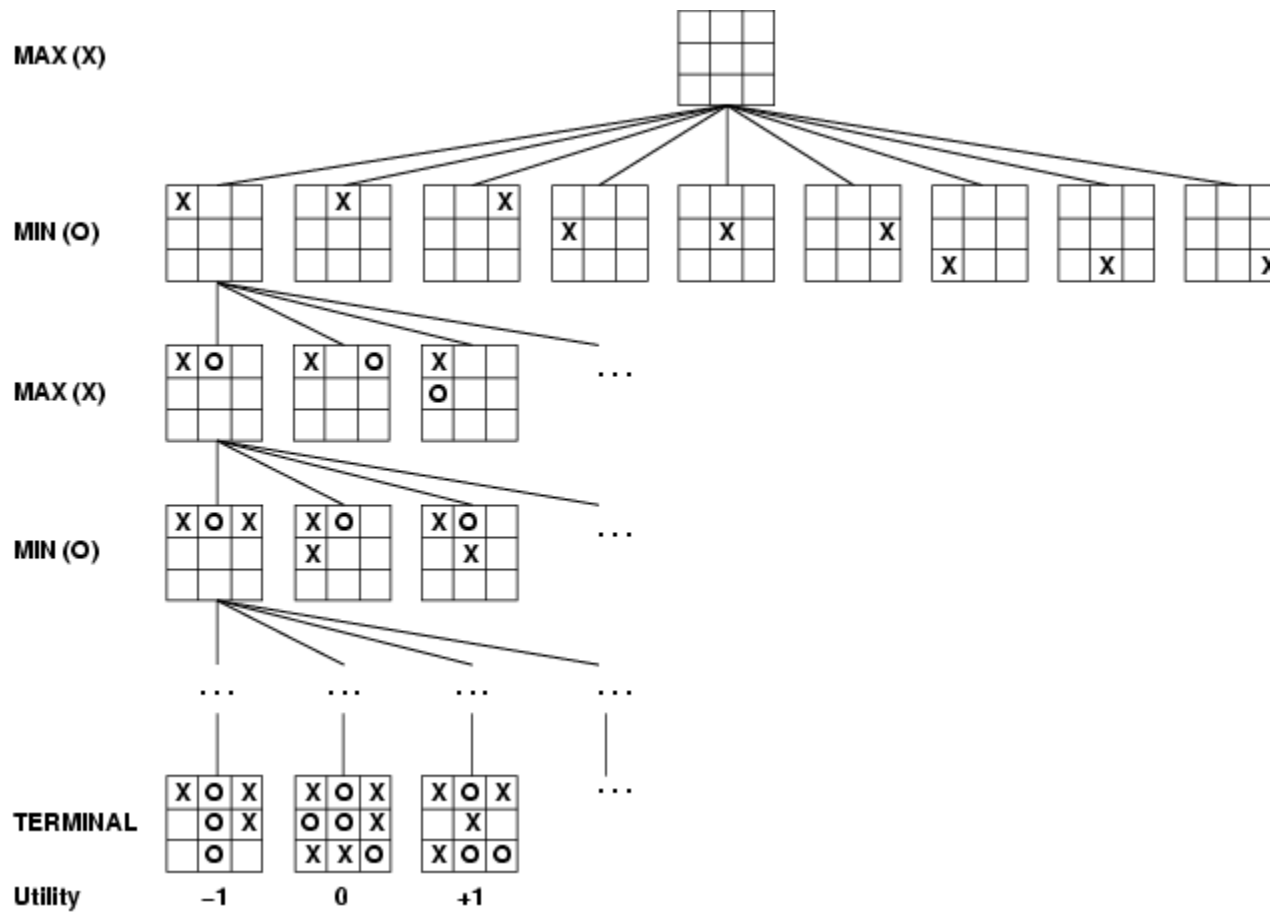
Resolución del ejemplo



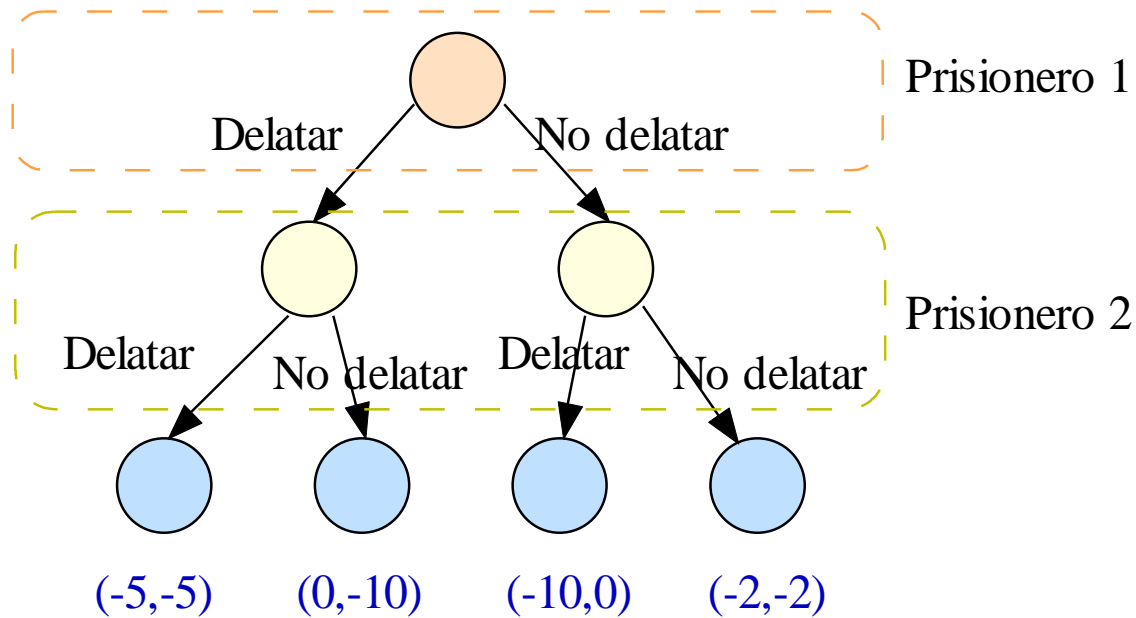
Notación min-max

- MAX: primer jugador
- MIN: segundo jugador
- Nodos MAX y nodos MIN
- Los nodos terminales se etiquetan con V, D o E desde el punto de vista de MAX

Ejemplo



Ejemplo



Algoritmo STATUS

- Si J es un nodo MAX no terminal, entonces STATUS(J)=
 - V si alguno de los sucesores de J tiene STATUS V
 - D si todos los sucesores de J tienen STATUS D
 - E en otro caso
- Si J es un nodo MIN no terminal, entonces STATUS(J)=
 - V si todos los sucesores de J tienen STATUS V
 - D si alguno de los sucesores de J tiene STATUS D
 - E en otro caso

Nuevo modelo de solución

- Los juegos complejos no se pueden resolver ya que es imposible la exploración total hasta la terminación
- Nuevo objetivo: encontrar una buena jugada inmediata
- Importancia de la heurística en el proceso

El modelo básico

- Arquitectura
percepción/planificación/actuación
- Búsqueda con horizonte
- Uso de heurísticas

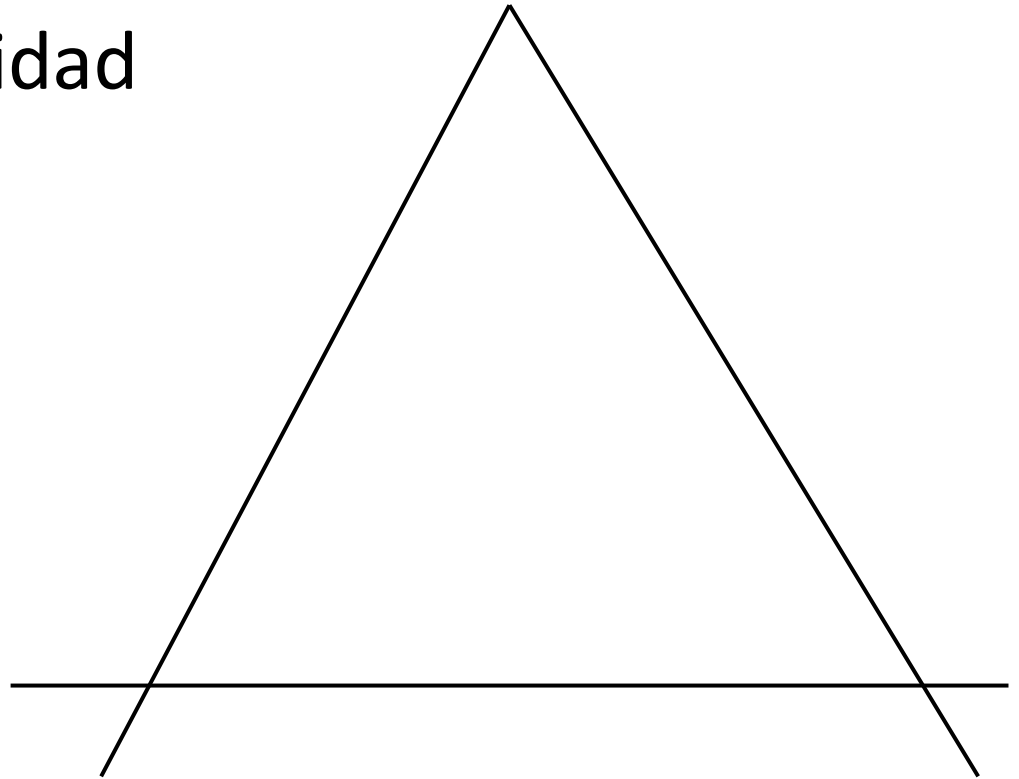
El modelo básico

- Horizonte: profundidad
- Heurística
- Búsqueda parcial
- Propagación

Complejidad de un juego:

B^P

Con B factor de ramificación y P la profundidad



Heurísticas

- Heurística para el ajedrez del programa de Turing: B/N
- Heurística para las damas del programa de Samuel: función lineal de varias características

$$f(x) = \alpha_1 * x_1 + \alpha_2 * x_2 + \dots + \alpha_n * x_n$$

La regla minimax

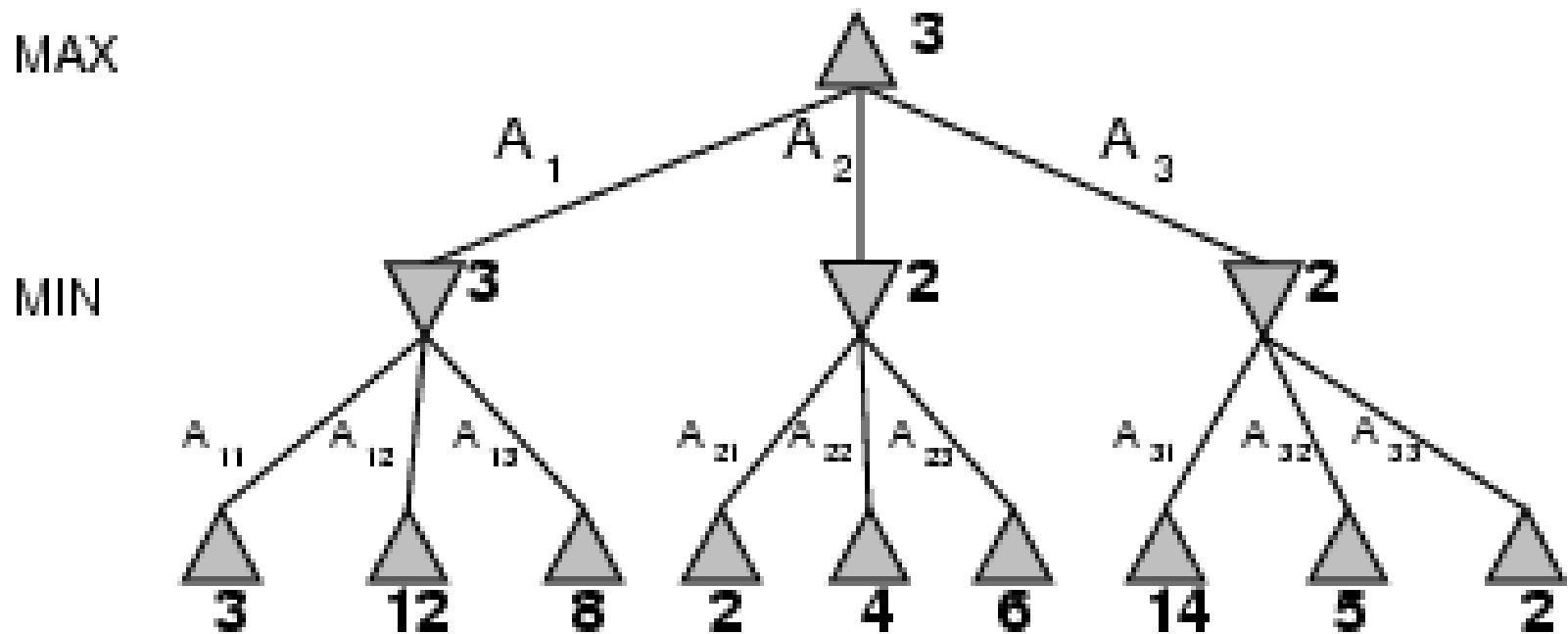
- El valor $V(J)$ de un nodo J de la frontera de búsqueda es igual al de su evaluación estática; en otro caso
- Si J es un nodo MAX, entonces su valor $V(J)$ es igual al máximo de los valores de sus nodos sucesores
- Si J es un nodo MIN, entonces su valor $V(J)$ es igual al mínimo de los valores de sus nodos sucesores.

Algoritmo Minimax

Para determinar el valor minimax, $V(J)$ de un nodo J , hacer lo siguiente:

- Si J es un nodo terminal, devolver $V(J)=f(J)$; en otro caso
- Para $k=1,2,\dots,b$, hacer:
 - Generar J_k , el k -ésimo sucesor de J
 - Calcular $V(J_k)$
 - Si $k=1$, hacer $AV(J) \leftarrow V(J_1)$; en otro caso, para $k \geq 2$,
 - hacer $AV(J) \leftarrow \max\{AV(J), V(J_k)\}$ si J es un nodo MAX o
 - hacer $AV(J) \leftarrow \min\{AV(J), V(J_k)\}$ si J es un nodo MIN
- Devolver $V(J)=AV(J)$

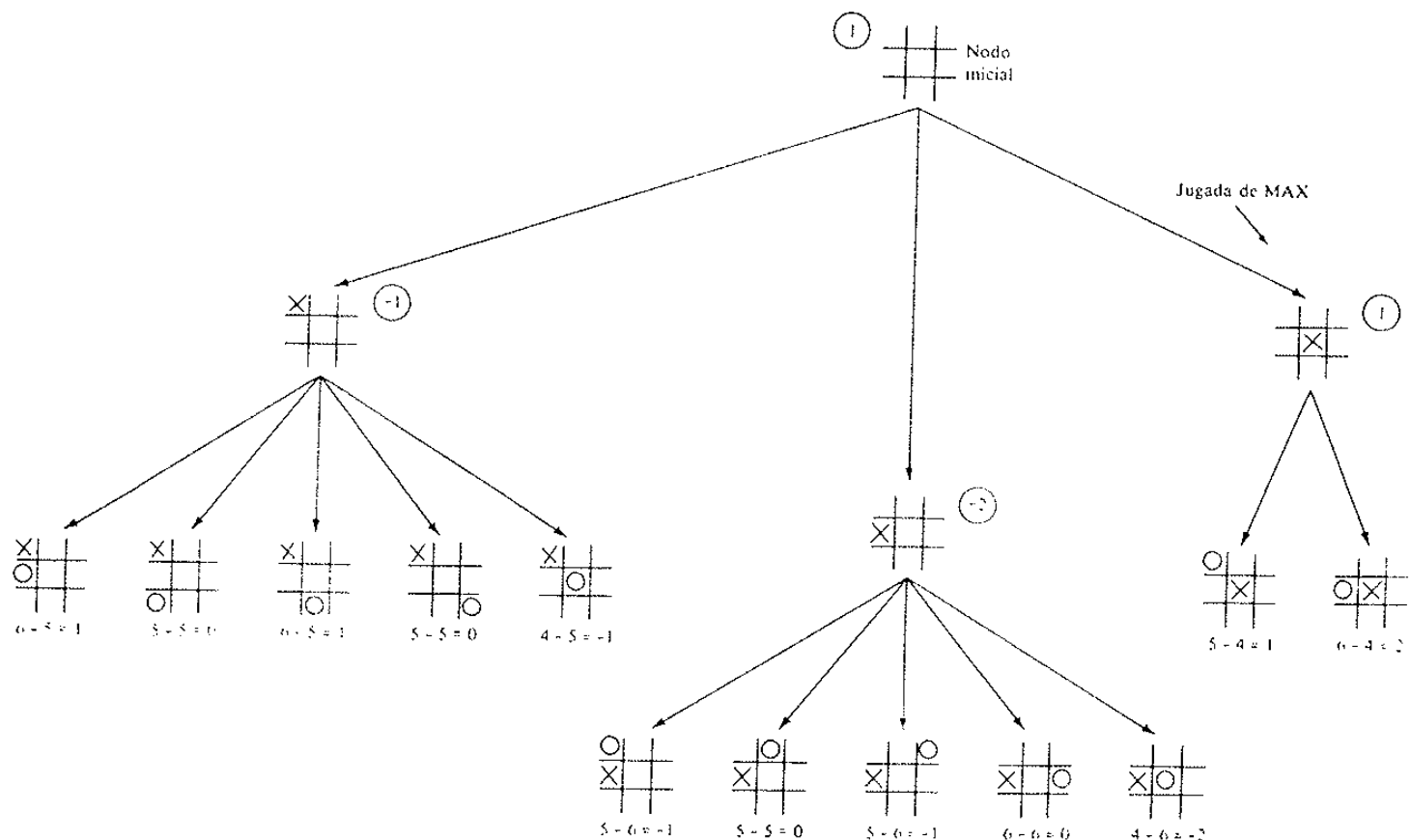
Ejemplo



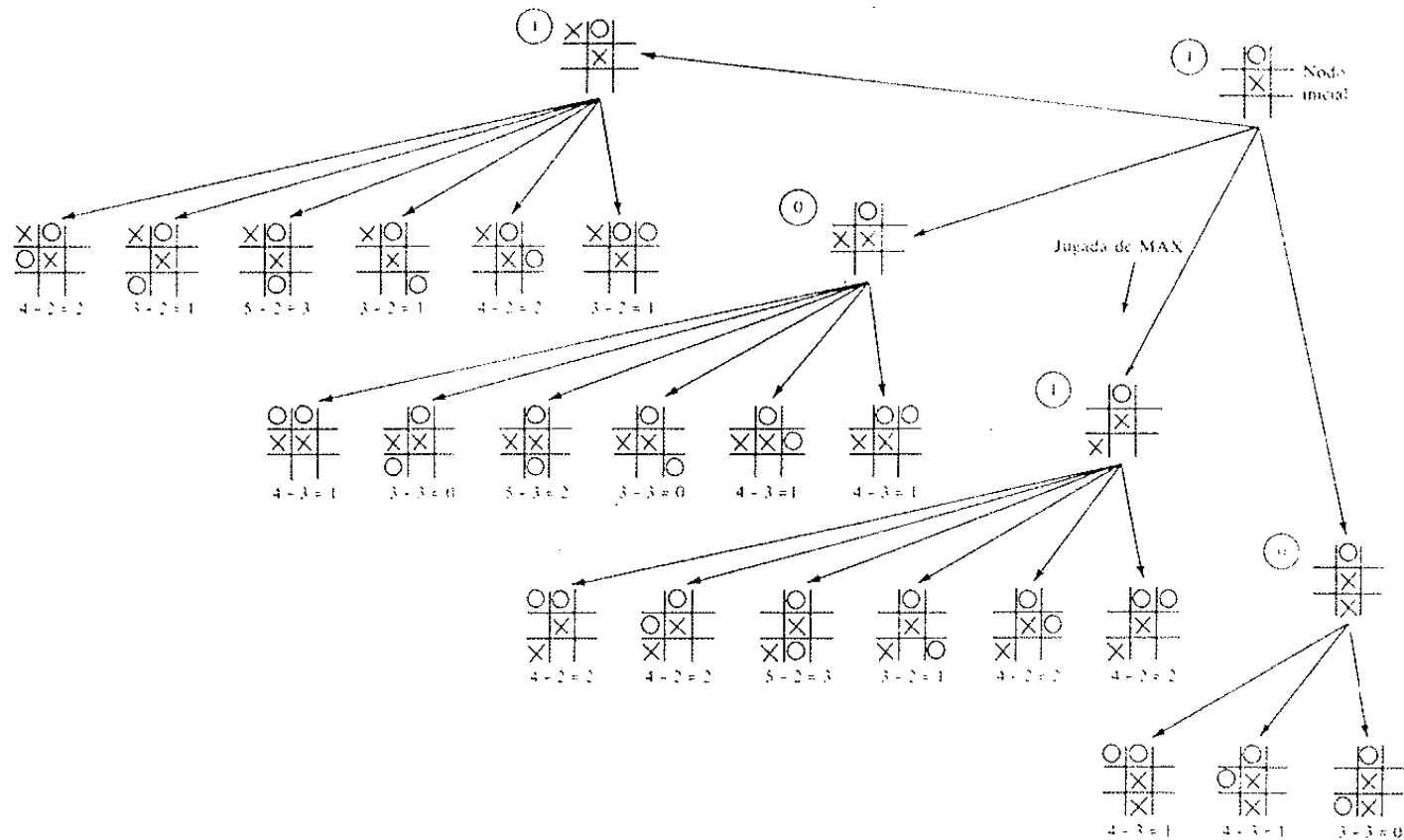
Ejemplo

- Juego del tres en raya
- Profundidad 2
- Heurística
 - Lo que es bueno para max – lo que es bueno para min
 - Contemplar casos extremos

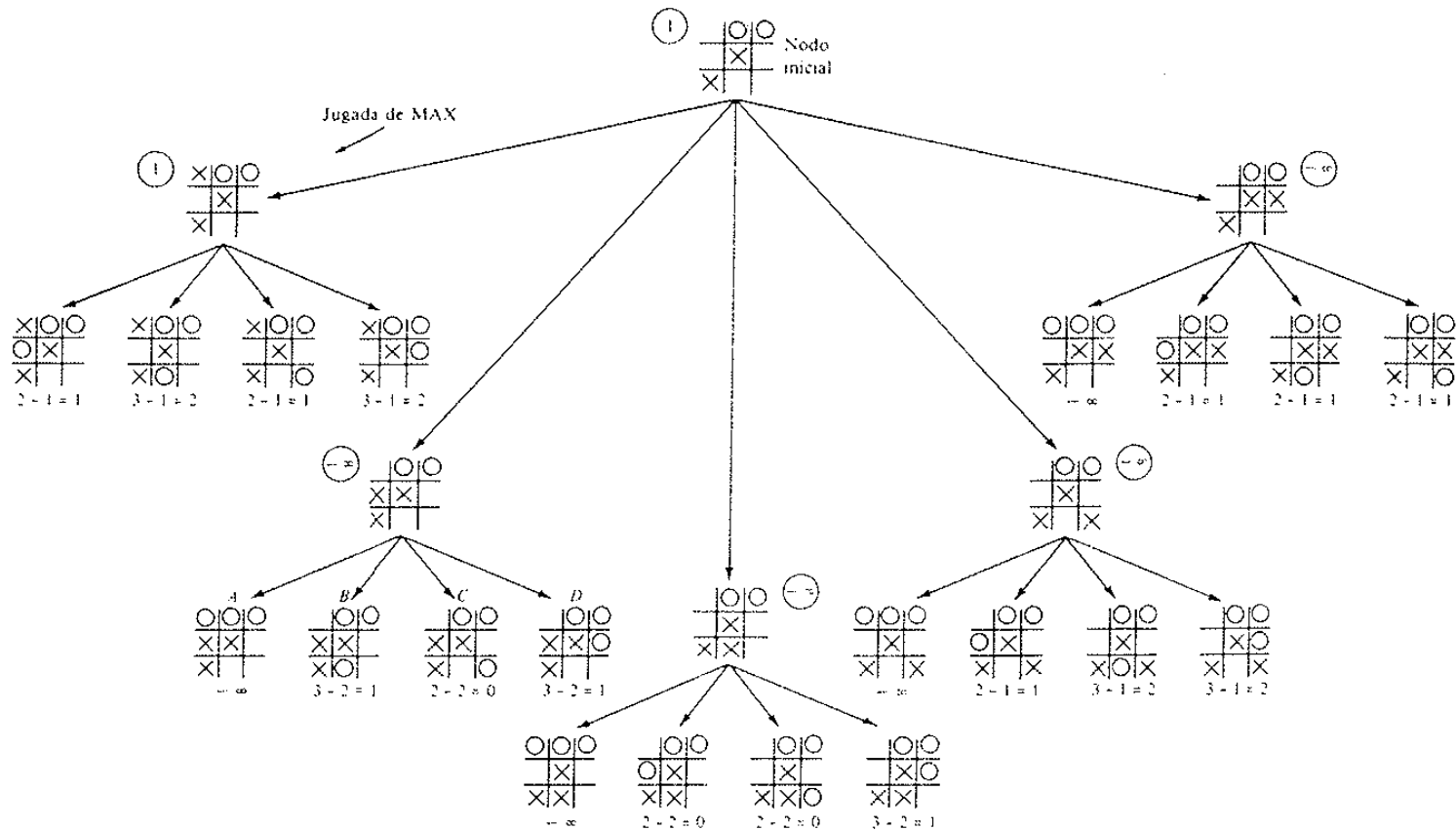
Ejemplo



Ejemplo



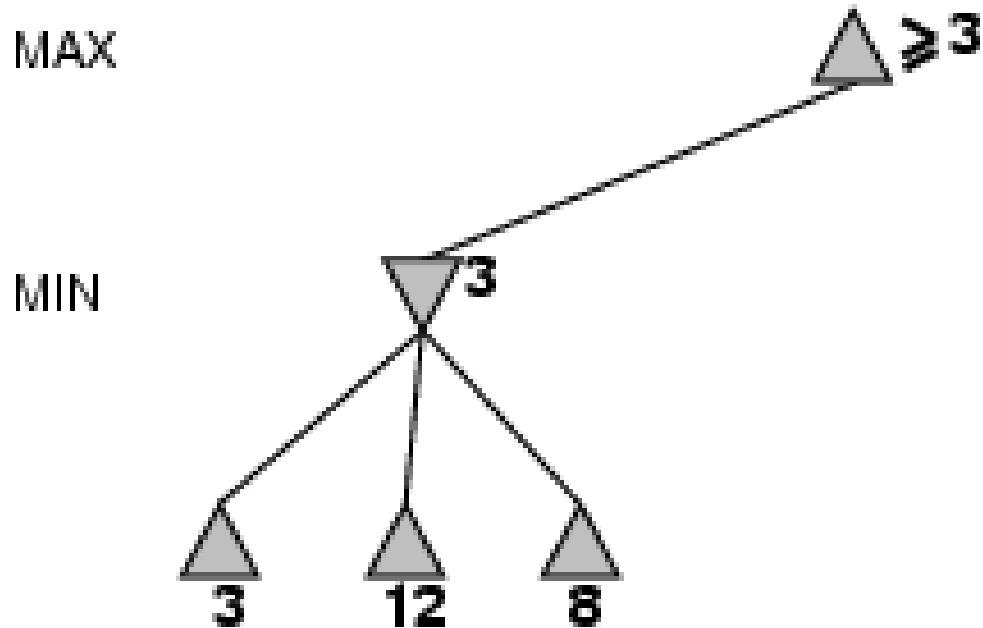
Ejemplo



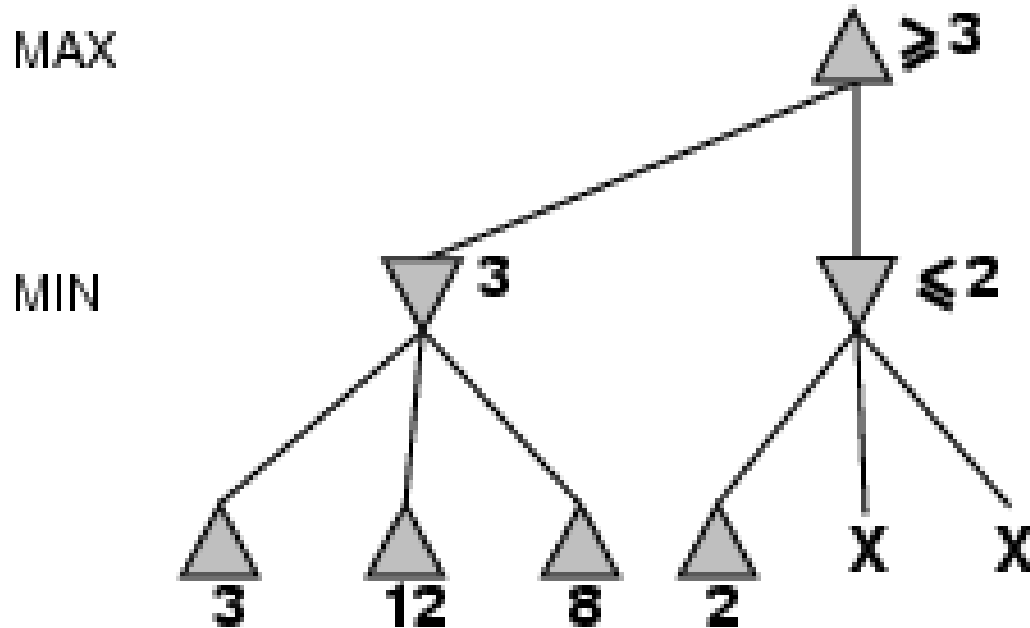
Poda alfa-beta

- ¿podríamos obtener el mismo resultado que el algoritmo minimax con menos esfuerzo computacional?

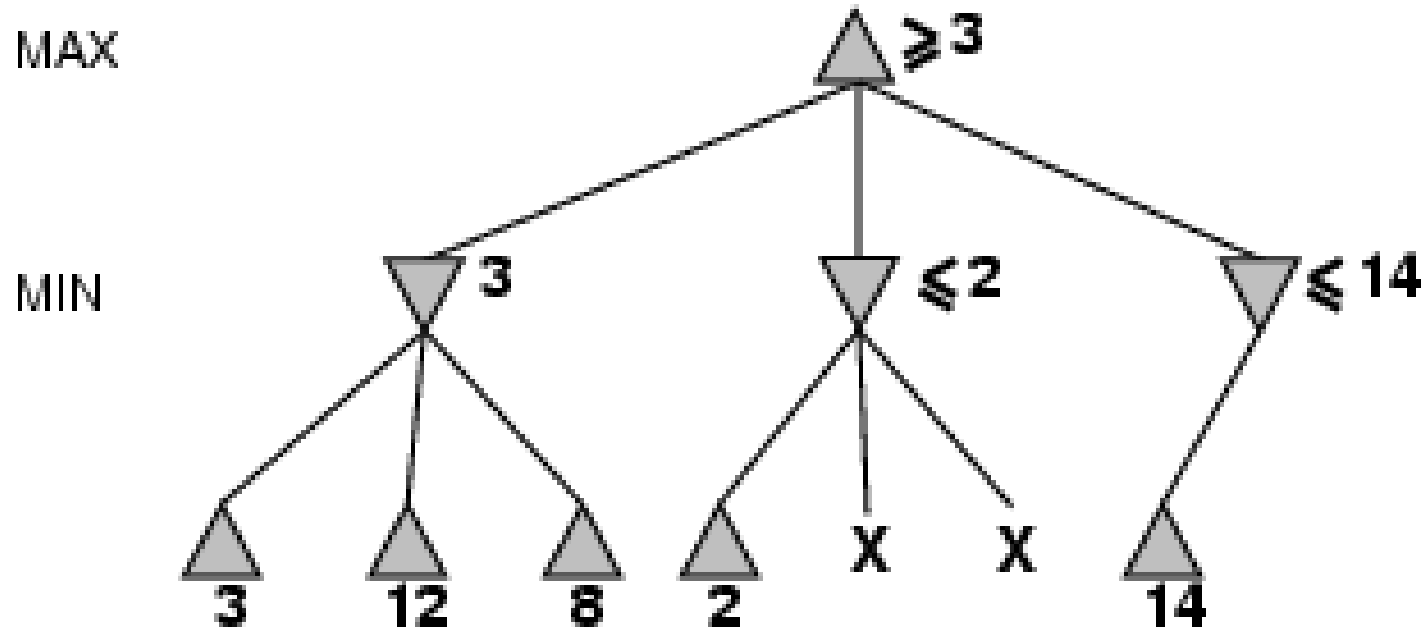
Ejemplo poda



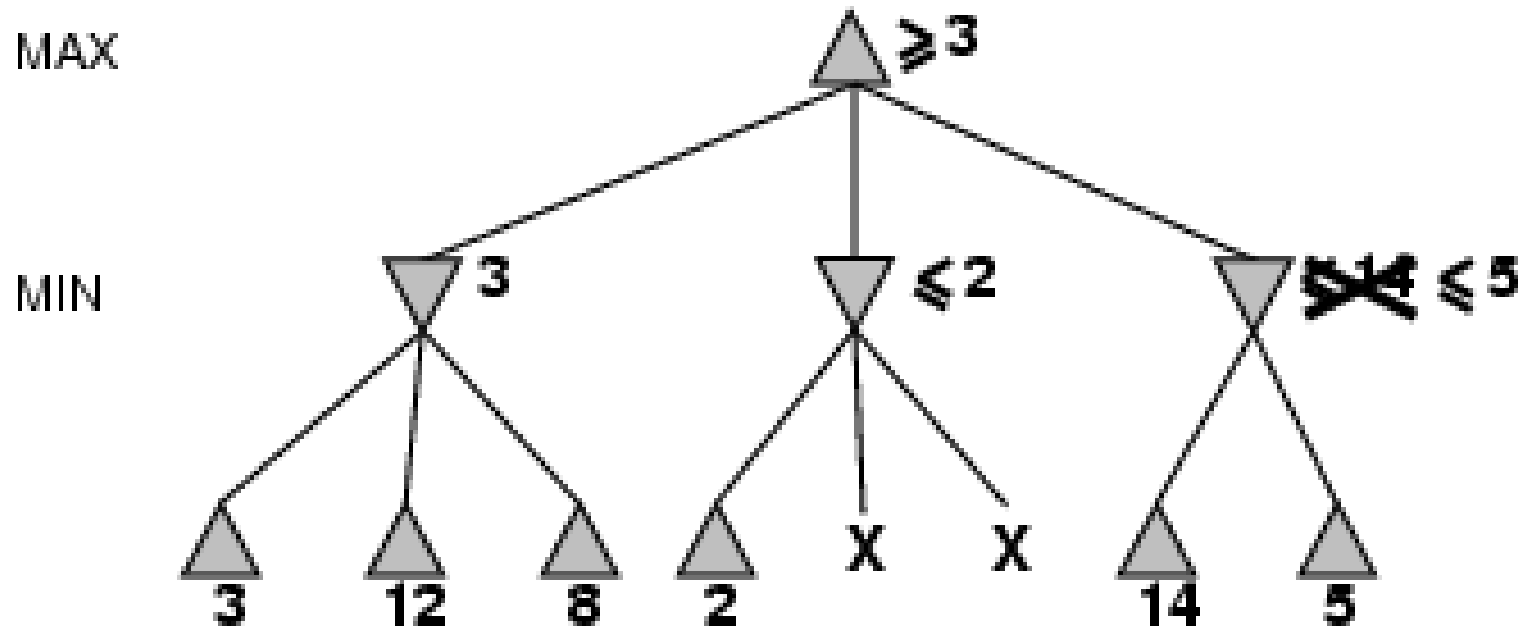
Ejemplo poda



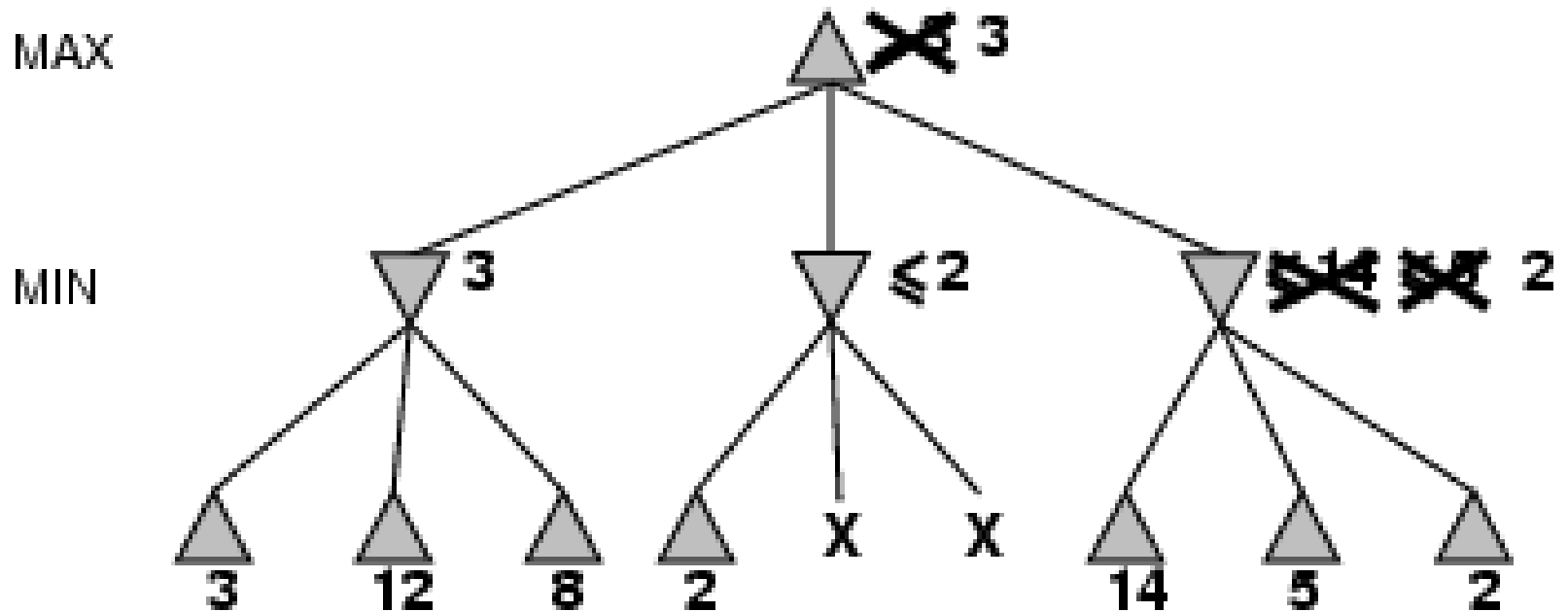
Ejemplo poda



Ejemplo poda



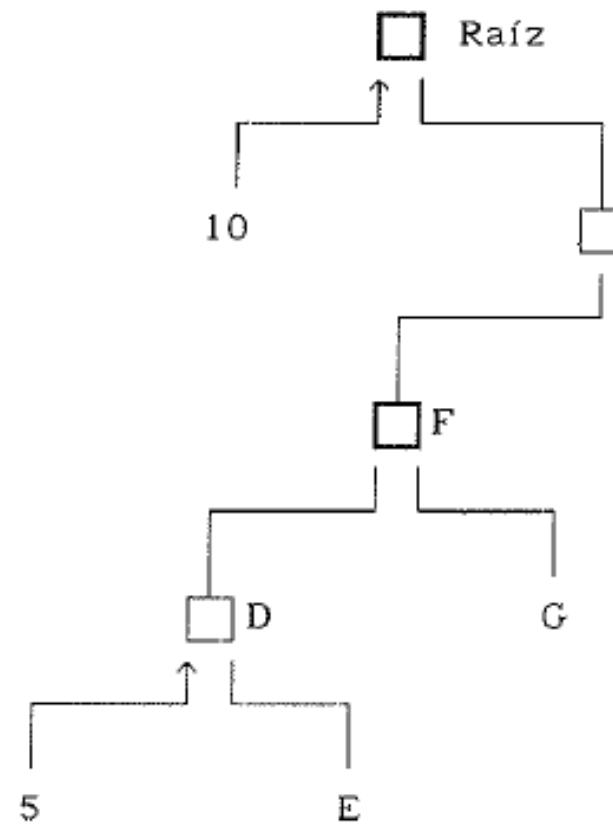
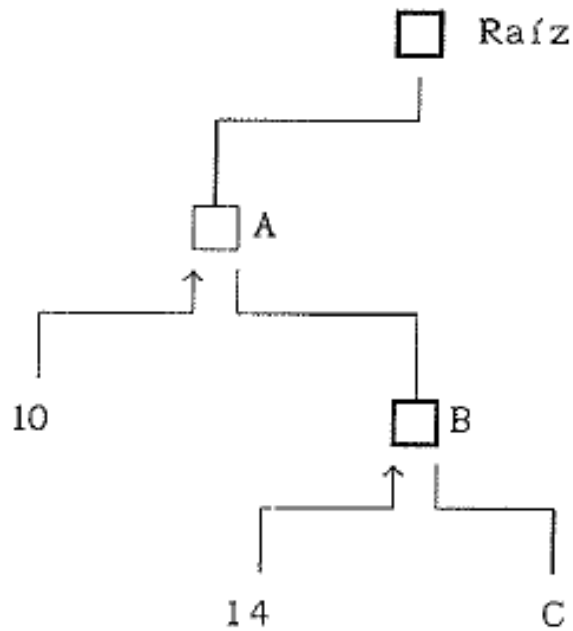
Ejemplo poda



Cotas alfa y beta

	Para nodos	Se calcula	es
Cota alfa	Nodos MIN	Máximo de los nodos MAX	Cota inferior
Cota beta	Nodos MAX	Mínimo de los nodos MIN	Cota superior

Cotas alfa y beta



Algoritmo ALFA-BETA

Para calcular el valor $V(J, \alpha, \beta)$, hacer lo siguiente:

1. Si J es un nodo terminal, devolver $V(J)=f(J)$. En otro caso, sean $J_1, \dots, J_k, \dots, J_b$ los sucesores de J . Hacer $k \leftarrow 1$ y, si J es un nodo MAX ir al paso 2; si J es un nodo MIN ir al paso 5.
2. Hacer $\alpha \leftarrow \max(\alpha, V(J_k, \alpha, \beta))$.
3. Si $\alpha \geq \beta$ devolver β ; si no, continuar
4. Si $k=b$, devolver α ; si no, hacer $k \leftarrow k+1$ y volver al paso 2.
5. Hacer $\beta \leftarrow \min(\beta, V(J_k, \alpha, \beta))$.
6. Si $\beta \leq \alpha$ devolver α ; si no, continuar
7. Si $k=b$, devolver β ; si no, hacer $k \leftarrow k+1$ y volver al paso 5.

Complejidad

En el peor caso: B^P

En el mejor caso:

$$2B^{P/2} - 1, \text{ si } P \text{ es par,}$$

$$B^{(P+1)/2} + B^{(P-1)/2} - 1, \text{ si } P \text{ es impar,}$$

En el caso promedio: nos permite profundizar un 33%

Heurísticas para la búsqueda en árboles de juegos

- Programa tipo A
- Programa tipo B
 - Punto de parada razonable
 - Selección sobre las líneas del juego

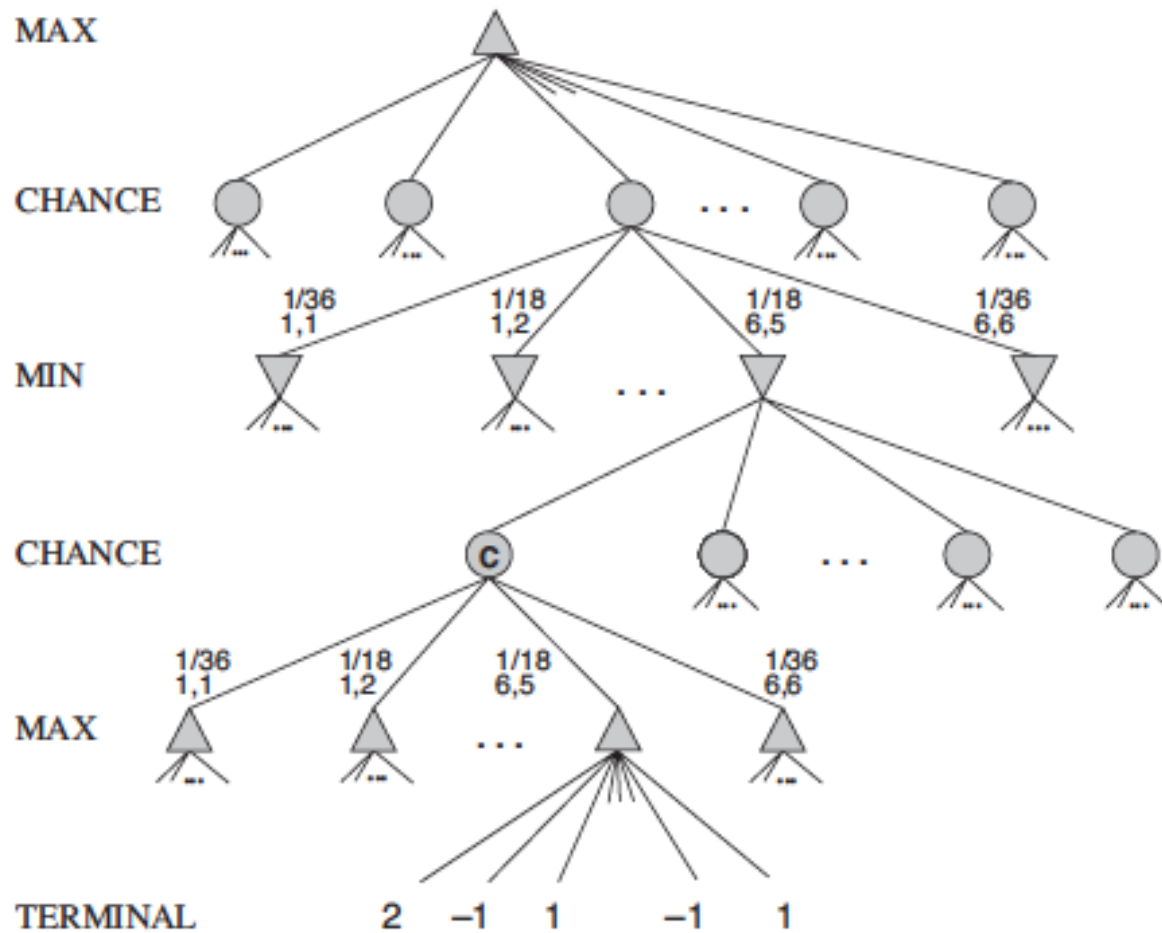
Heurísticas para la búsqueda en árboles de juegos

- Evaluación hacia atrás
- Profundidad de la búsqueda
- Ordenación de la búsqueda
- Anchura de la búsqueda
- Alternativas de la búsqueda

Juegos en los que interviene un elemento aleatorio



Modelo



Algunos problemas

