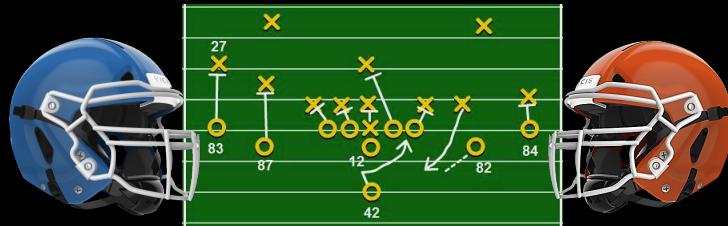


Fundamentos de Inteligencia Artificial

10

Estrategia de juego...



Dr. Salvador Godoy Calderón

La sesión
anterior...

Efecto horizonte...

Una opción es **recortar** ciertas ramas del árbol que *a priori* se pueden identificar como “ramas perdedoras”

Algoritmo de *Recorte o Poda Alfa-Beta*

Permite reducir el árbol de búsqueda quitando movimientos absurdos (aunque válidos). Se usa en conjunción con el *MiniMax* o *NegaMax*...

Al reducir el tamaño del árbol permite aumentar el nivel de profundidad del horizonte.

Comparación...

Humano	Computadora	Estados examinados
		59,705
		1,053
		47
		5

Humano	Computadora	Estados examinados
		2,338
		318
		42
		5

Procedimiento...

Durante el desarrollo de la simulación se mantienen dos variables: α y β

- α mejor movimiento del oponente
- β mejor movimiento propio

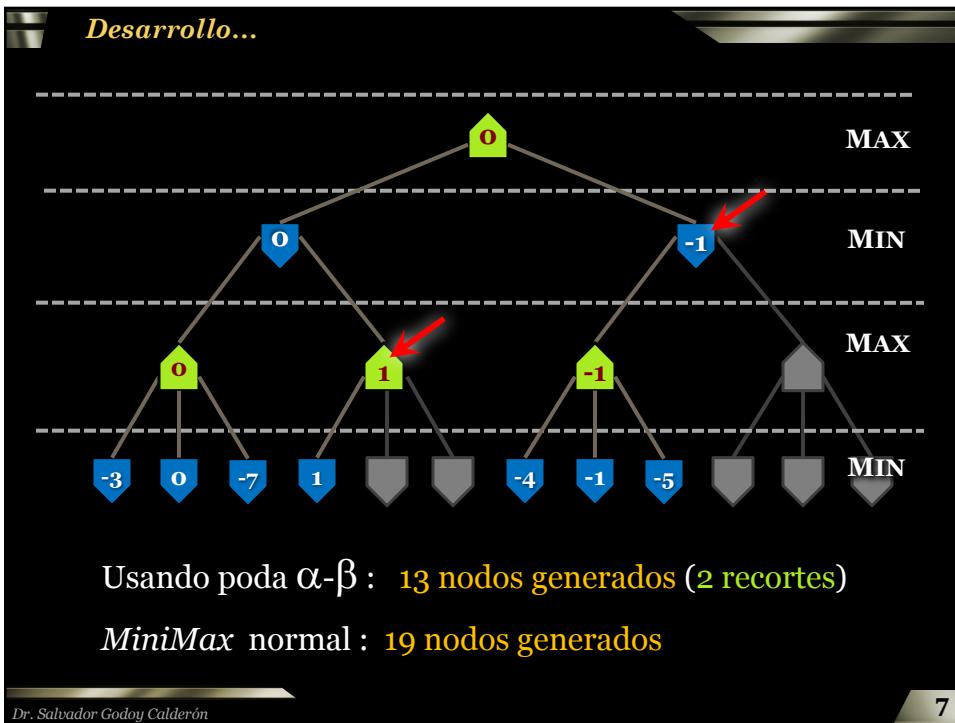
Al navegar en el árbol, si en algún momento ocurre que:

$$\alpha > \beta$$

entonces, la rama correspondiente se recorta y no se considera más.

Reglas de operación...

- 1) Cada nodo de búsqueda nuevo, al ser creado “hereda” una copia del α y β de su ancestro...
- 2) Al ser evaluado el estado en un nodo, se destruyen los α y β del nodo que lo contiene...
- 3) Cuando todos los descendientes de un nodo han sido evaluados, la evaluación se propaga hacia el ancestro, modificando α en los niveles **Max** y β en los niveles **Min**...



Implementación...

```
NegaMax-AlfaBeta (estado, profundidad, maxProf, alfa, beta)
Si (FinDeJuego() o profundidad = maxProf)
    regresar evaluación(estado)
de lo contrario,
    MejorMov = NIL
    MejorValor = -INFINITY

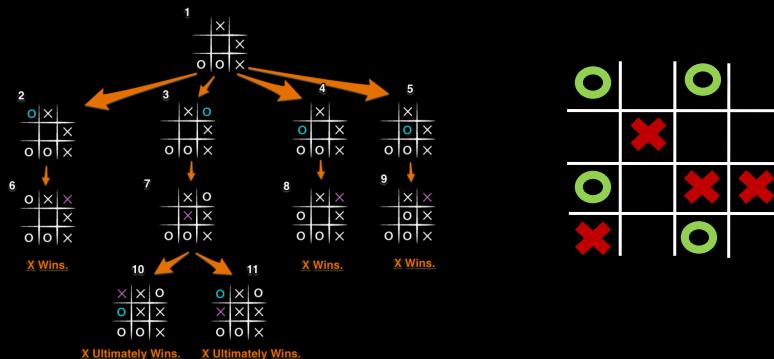
    Para cada operador,
        nuevoEdo = Aplica(operator, estado)
        valor = NegaMax-AlfaBeta (nuevoEdo, profundidad+1, maxProf
            -beta, -Max(alfa, MejorValor))
        valor = -valor
        Cuando (valor > MejorValor)
            MejorValor ← valor
            MejorMov ← operador
        Cuando MejorValor >= beta, terminar y regresar
            [MejorMov, MejorValor]
```

Dr. Salvador Godoy Calderón

9

Consecuencia...

La tarea pendiente actual es programar un agente jugador de Gato pero con tablero de dimensiones 4x4...



Dr. Salvador Godoy Calderón

10

Detalle...

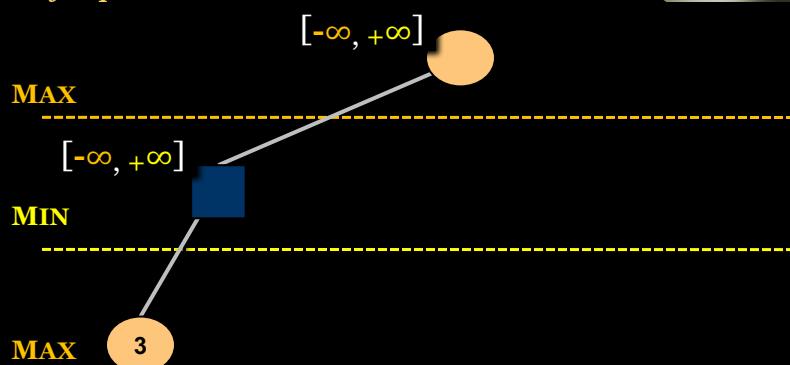
El orden en que se revisen los operadores determina las podas que se realicen...

Para lograr el máximo número de podas se requiere que los nodos con **MEJOR** evaluación se evalúen primero...

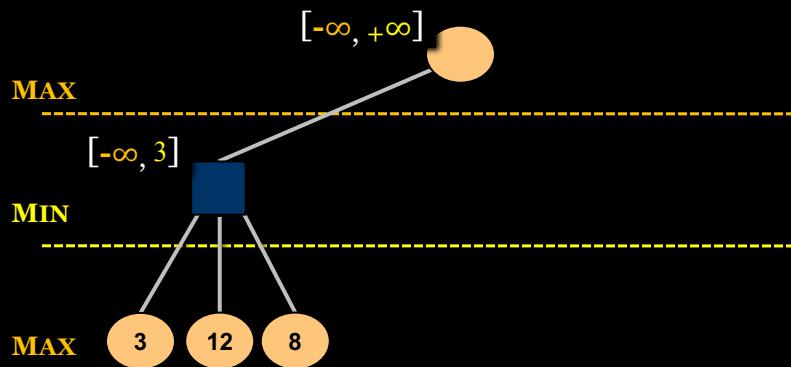
Si se logra eso, el número de podas será, en promedio, **el doble** que el que ocurriría en un orden aleatorio...

Las heurísticas auxiliares tratan de solucionar eso...

Ejemplo...



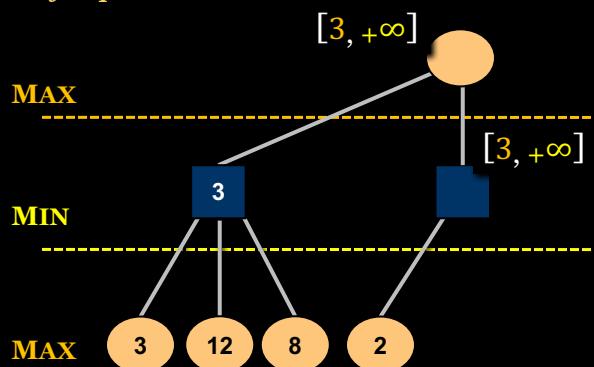
Ejemplo...



Dr. Salvador Godoy Calderón

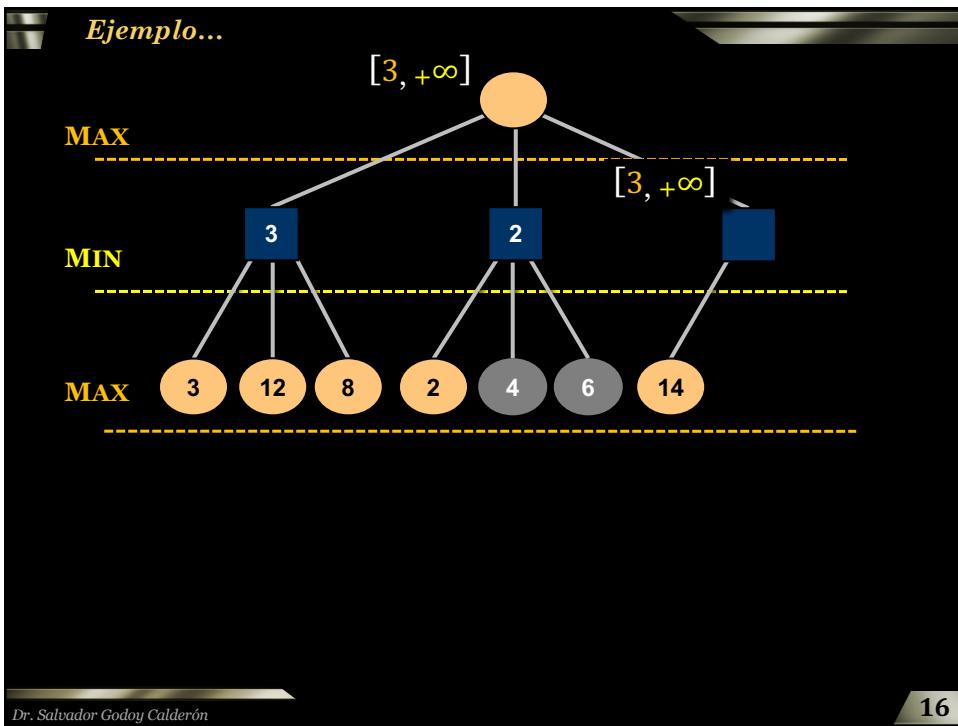
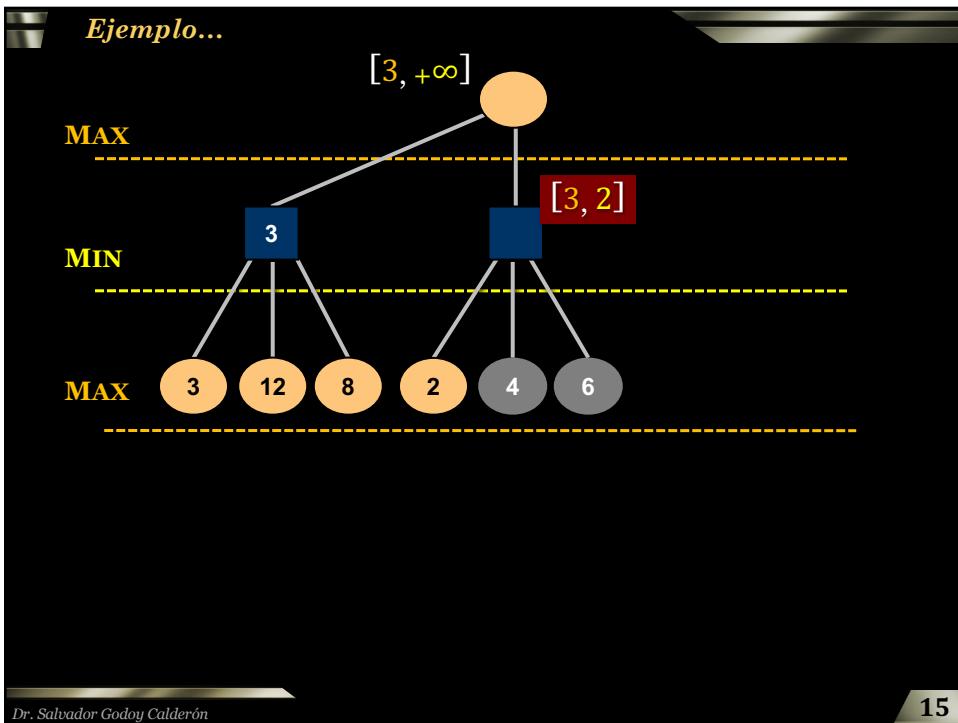
13

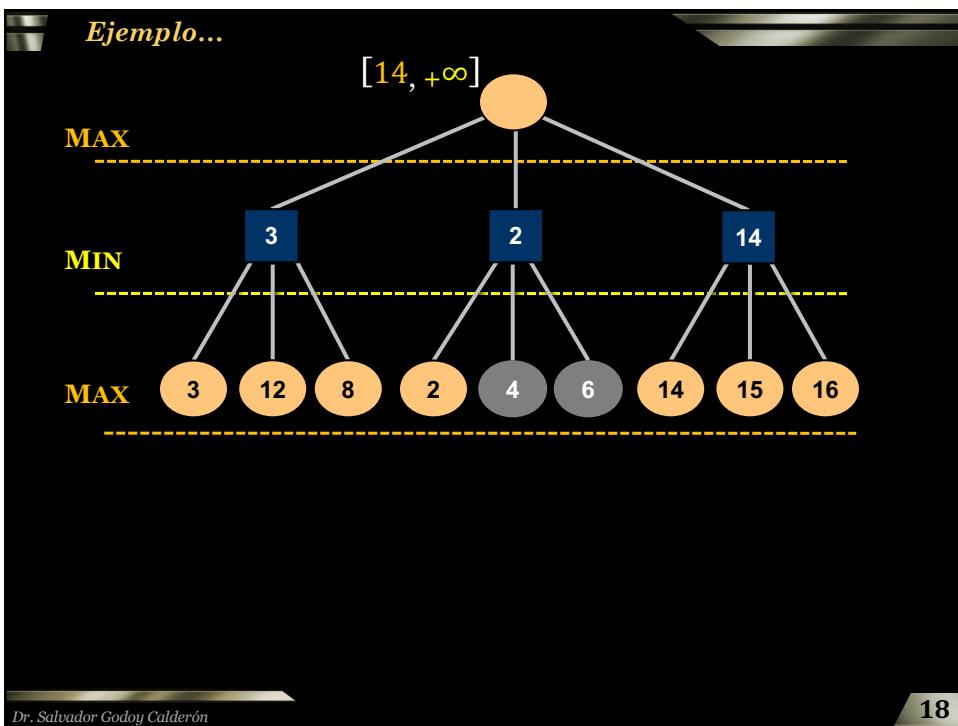
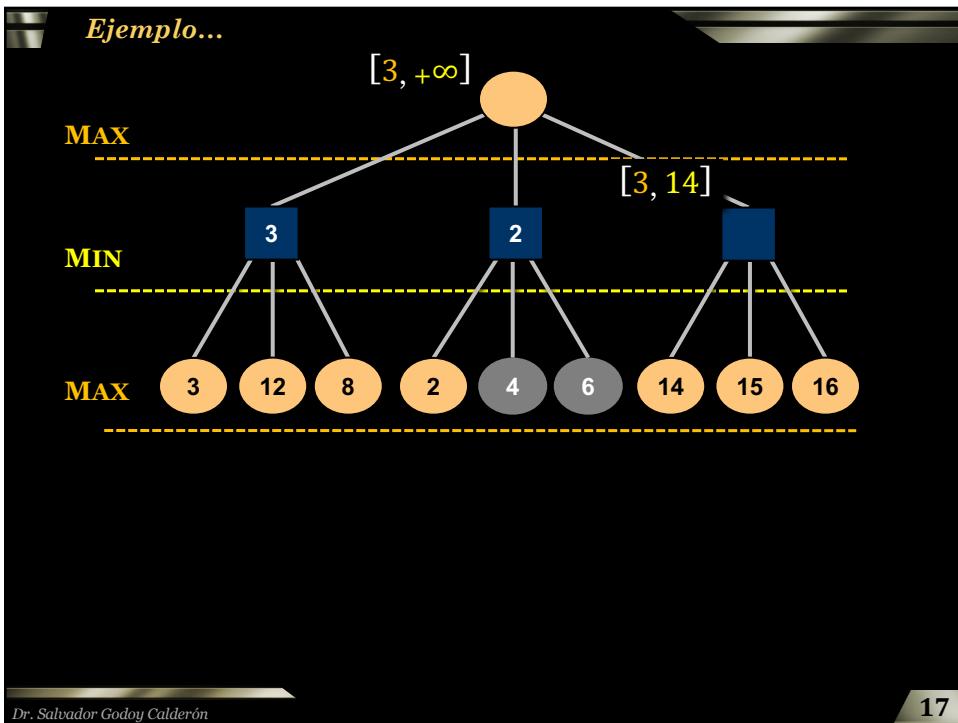
Ejemplo...



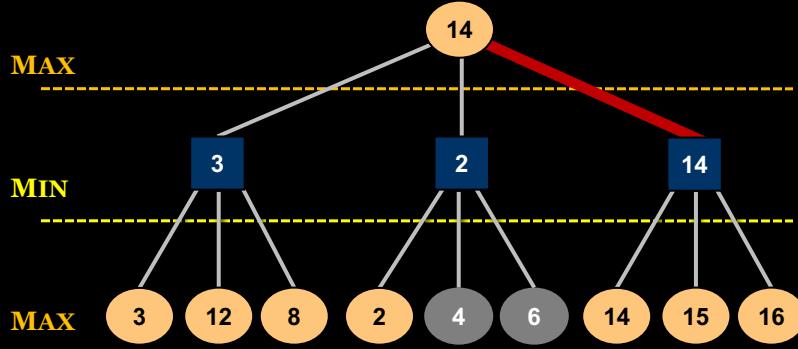
Dr. Salvador Godoy Calderón

14





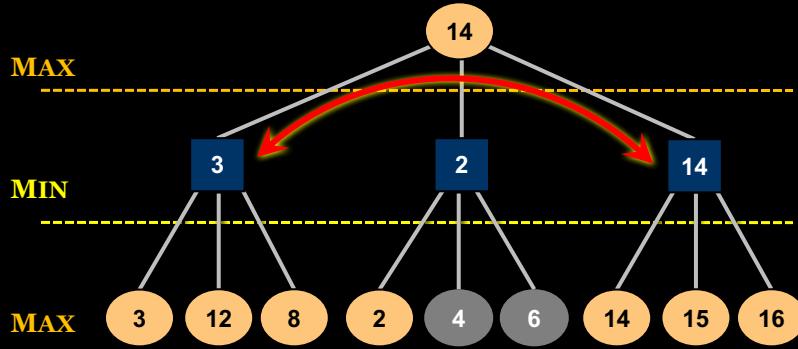
Ejemplo...



Dr. Salvador Godoy Calderón

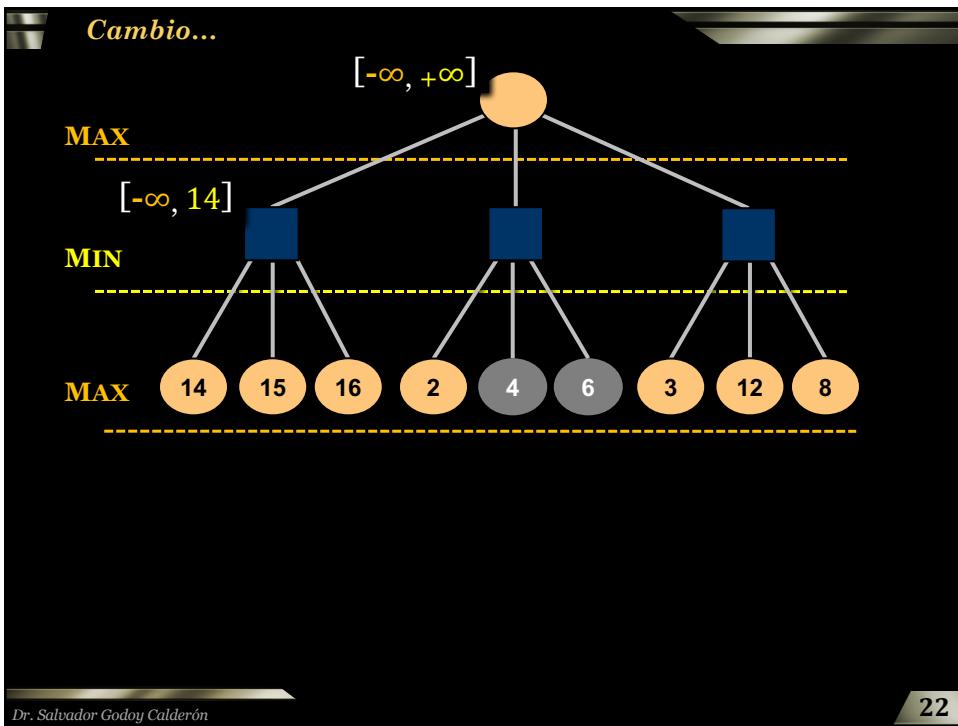
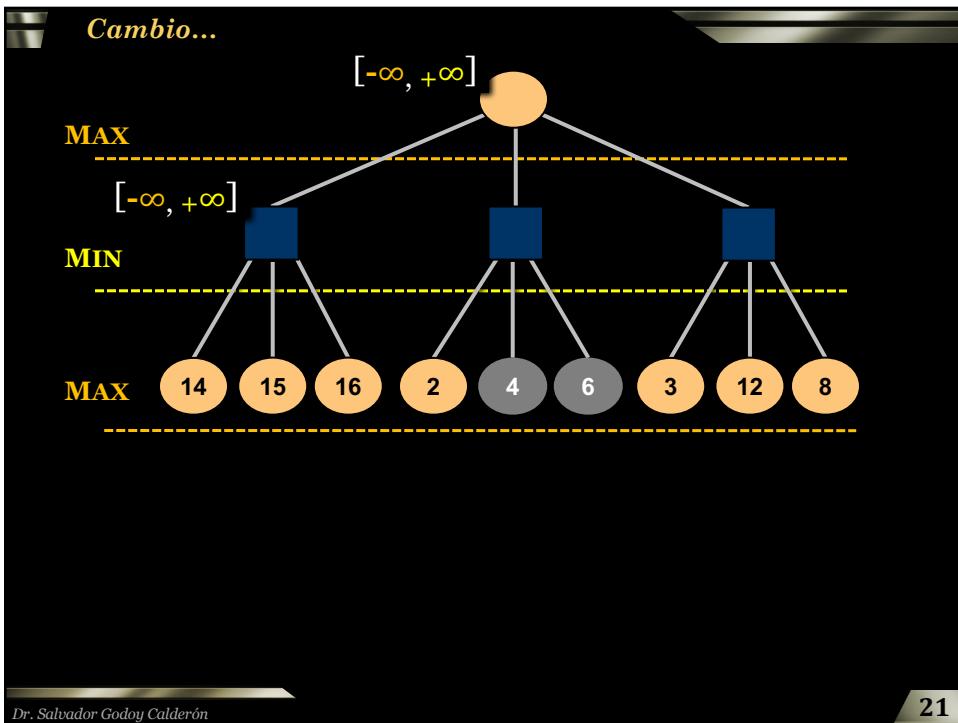
19

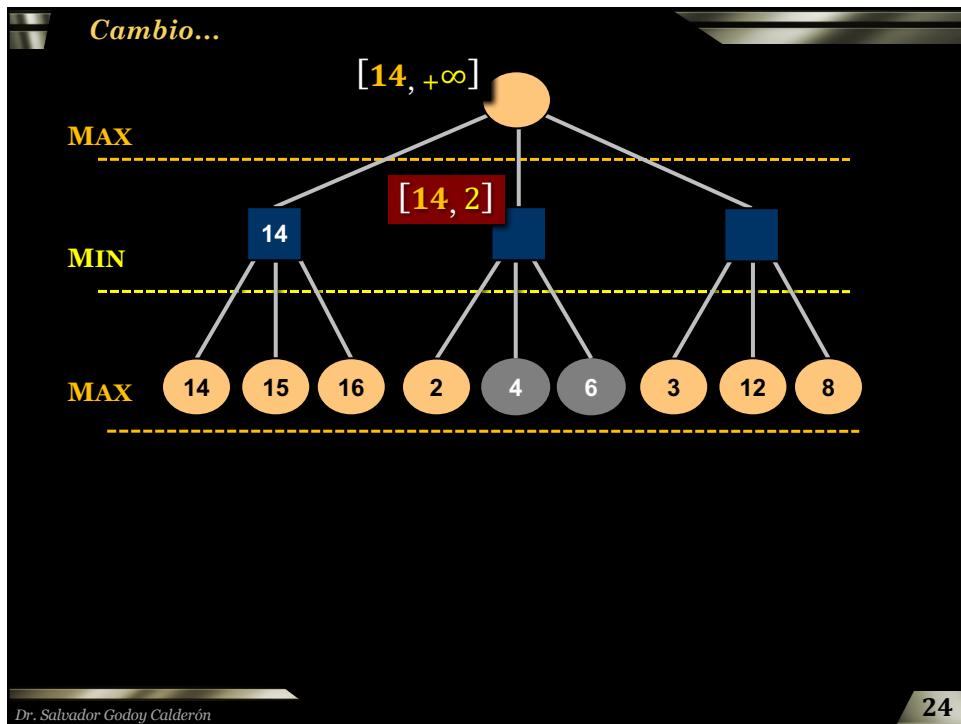
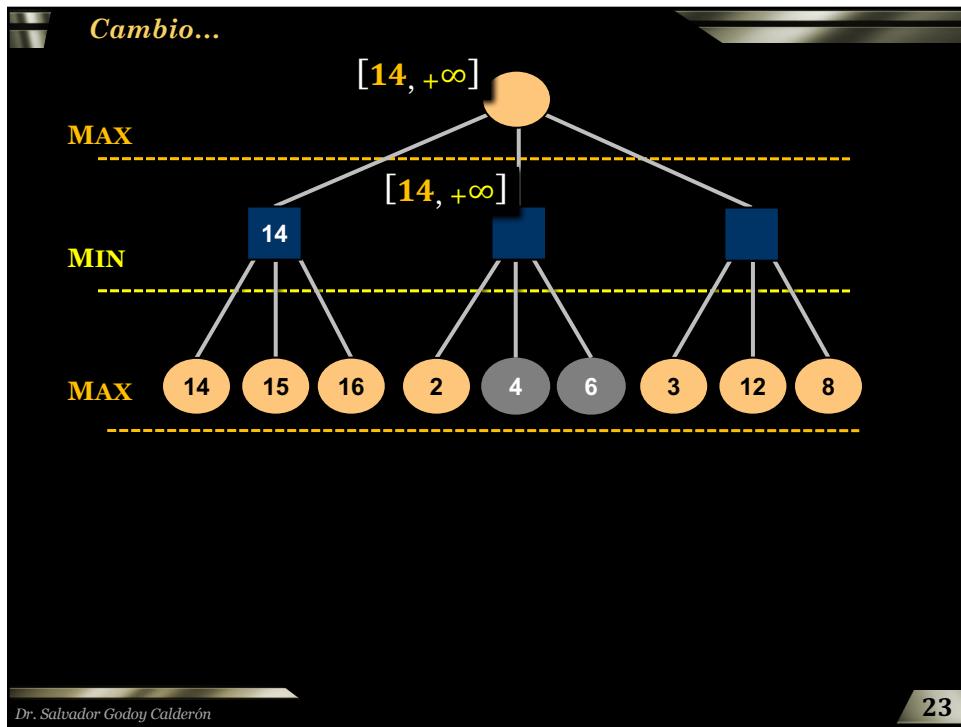
Un cambio...

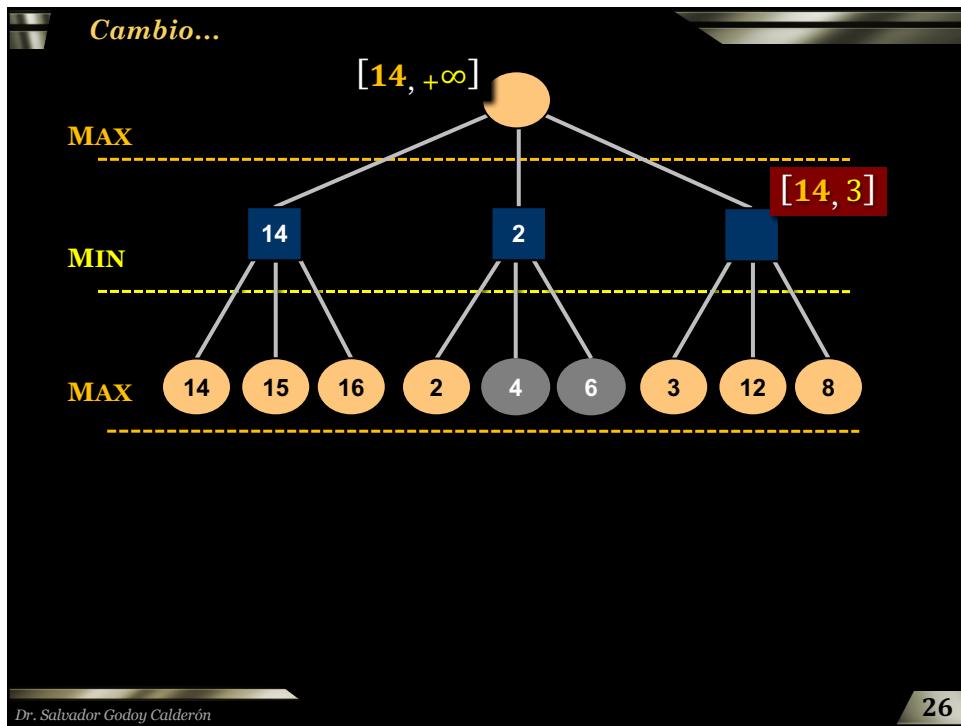
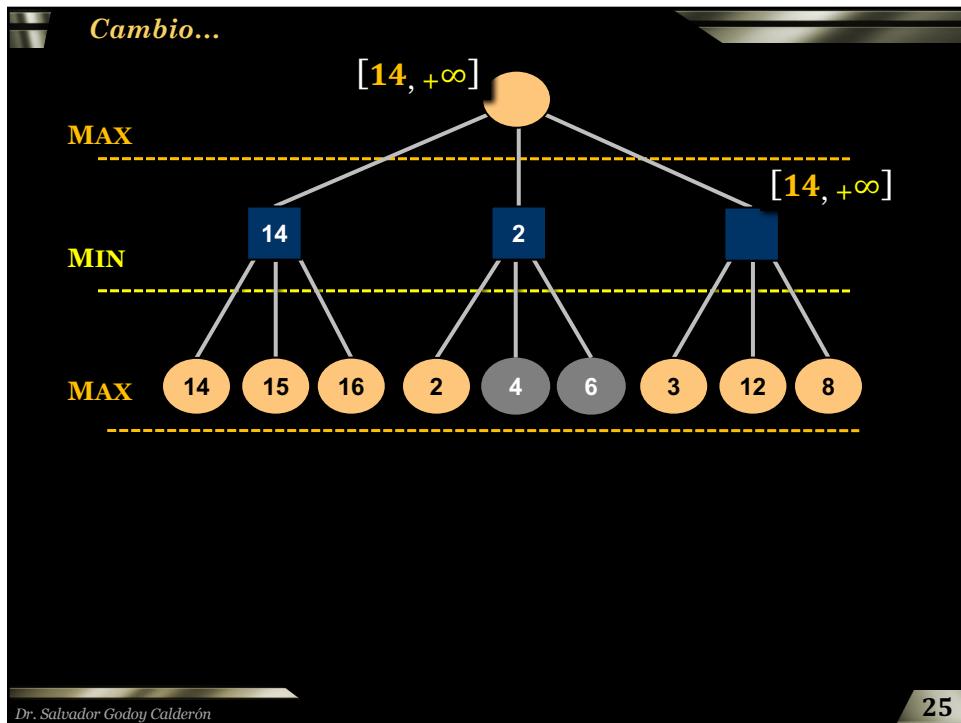


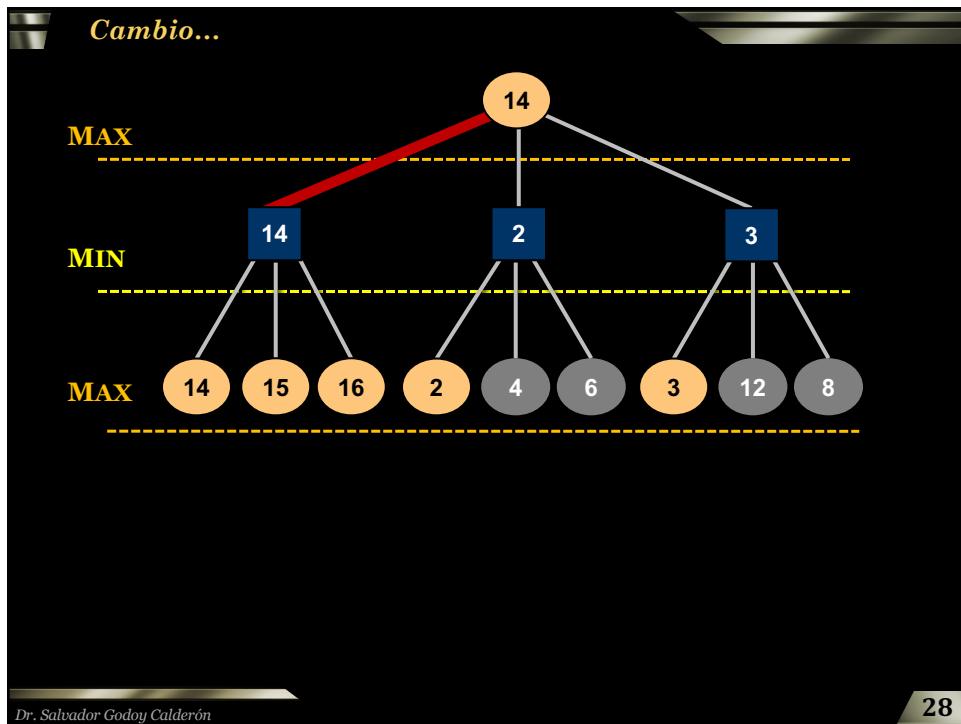
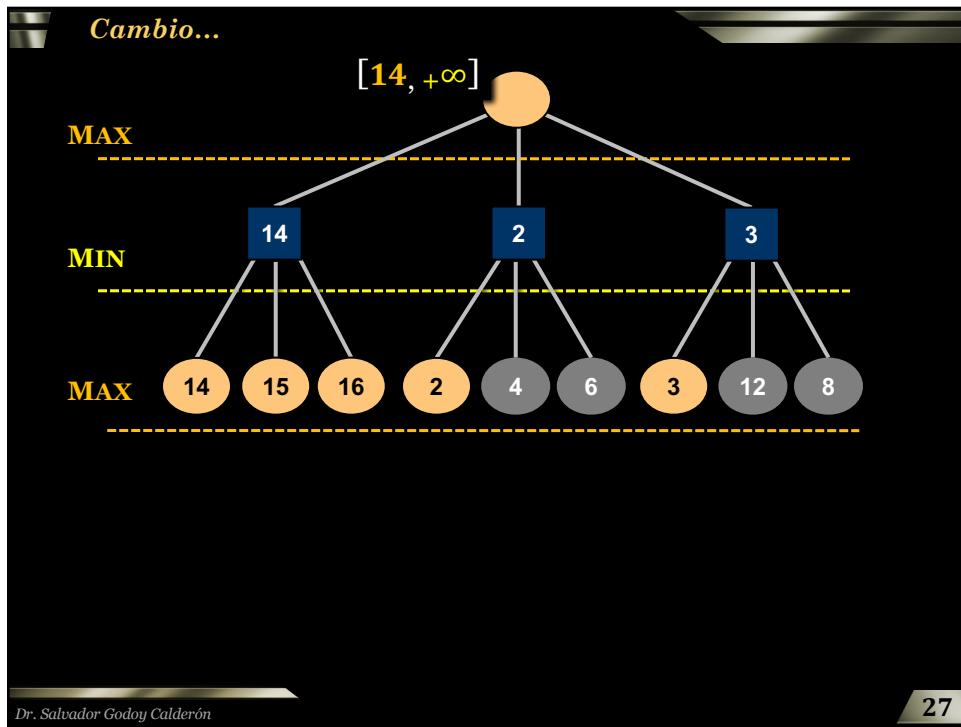
Dr. Salvador Godoy Calderón

20











Heurísticas auxiliares...

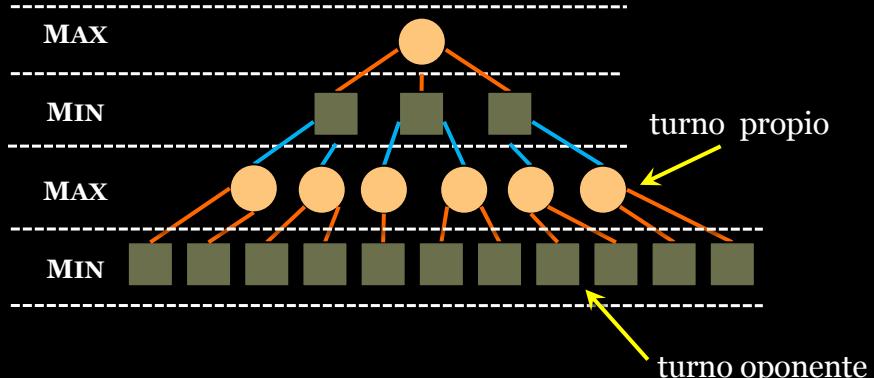
■ *Lo primero...*

Una de las estrategias más comunes es reducir el factor de ramificación del árbol de búsqueda, es decir, filtrar movimientos posibles a partir de su reordenamiento...

Se sacrifica un poco de flexibilidad en las jugadas a cambio de ampliar el horizonte de búsqueda...

Varias ideas...

¿Horizonte de profundidad **PAR** o **IMPAR**?



Varias ideas...

- ◆ Horizonte de profundidad dinámico para cada jugada...

La idea fundamental es que las jugadas que causan mucha ventaja son “sospechosas” y ameritan revisión a mayor profundidad, mientras que las jugadas que causan poca o ninguna ventaja resultan menos importantes de analizar...

Varias ideas...

- ◆ Reordenar dinámicamente los movimientos...

Los movimientos que producen una poda ($\alpha > \beta$) se reordenan para ser analizados primero en el siguiente turno...

En segundo lugar, se desea analizar los movimientos que han producido los valores de β más grandes...

Varias ideas...

- ◆ Movimiento nulo...

Simular que el jugador actual pudiera “pasar” (no realizar ningún movimiento) y realizar la búsqueda con un horizonte de profundidad menor (2 o 3 niveles)...

Si la búsqueda a menor profundidad produce una poda, entonces la actual posición también la producirá...

Idea general...

- ◆ En teoría, **Minimax** asegura no perder el juego, pero en la práctica resulta imposible tener el horizonte necesario para ello...
- ◆ La poda **Alfa-Beta** ayuda a no evaluar el árbol completo y ampliar el horizonte...
- ◆ Se requieren heurísticas auxiliares que permitan **predecir** los mejores movimientos sin necesidad de analizar varias ramas del árbol...

Dr. Salvador Godoy Calderón

35

Un movimiento asesino...



Una jugada del oponente que le proporciona mucha ventaja o incluso le da la victoria en el juego, se denomina movimiento asesino...

Es decir, una jugada que genera la mayor diferencia entre α y β ...

Dr. Salvador Godoy Calderón

36

¿Qué debió ocurrir?



Si se hubiera identificado la jugada “peligrosa” desde el inicio, se habría tomado una estrategia muy distinta...

Heurística Asesina...

- ◆ Los mejores movimientos del oponente son aquellos en los que $\alpha >> \beta$ y también, son los que producirán una mayor poda...
- ◆ Vale la pena almacenar estos movimientos desde la primera vez que ocurren y analizarlos primero en ocasiones sucesivas...
- ◆ Para ello, se destina una memoria extra que sólo almacenará movimientos asesinos. Esa memoria típicamente es permanente...

Heurística asesina...

Comúnmente, la simulación realizada del juego no coincide con la realidad...

En gran medida, eso se debe a que simulamos con una función de evaluación incompleta o incorrecta...



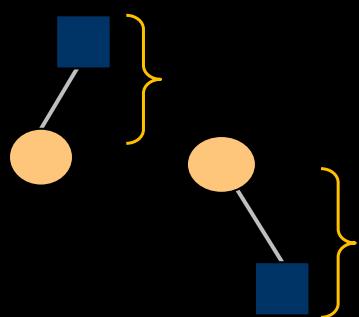
Entonces, conviene identificar aquellos casos en los que la discrepancia entre lo simulado y lo real es mayor, para adaptar la estrategia de juego y no cometer el mismo error dos veces...

Dr. Salvador Godoy Calderón

39

Cómo proceder...

Cuando se detecta un movimiento asesino, se almacena el estado del problema y el operador que ocasionó la desventaja tan amplia...



La siguiente ocasión en que ocurra el mismo estado, inclusive durante el mismo juego (mismo árbol), se identifica e inmediatamente se poda...

Dr. Salvador Godoy Calderón

40

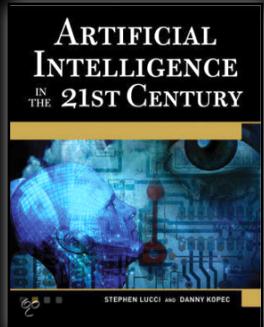


Resumen general...

- *Estructura general...*
- 1) Seguir la estrategia general de *Mini-Max* o *NegaMax*, pero implementar con modalidad de profundidad limitada (*DLS* o *IDS*)...
 - 2) Combinar el algoritmo de búsqueda con podas Alfa-Beta ($\alpha\beta$)
 - 3) Heurísticas auxiliares
 - ◆ Historia (*History*)
 - ◆ Asesina (*Killer*)
 - ◆ Otras...



Estudio...

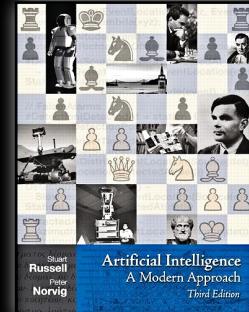


Del libro de Lucci - Kopec,

Part II: *Fundamentals*

Chap. 4 *Search using Games*

Chap. 14 *Advanced Computer Games*



Del libro de Russell-Norvig,

Part II *Problem solving*

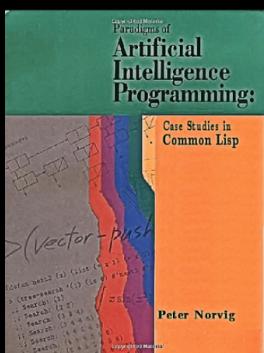
Chap. 5 *Adversarial Search*

Dr. Salvador Godoy Calderón

43



Estudio...



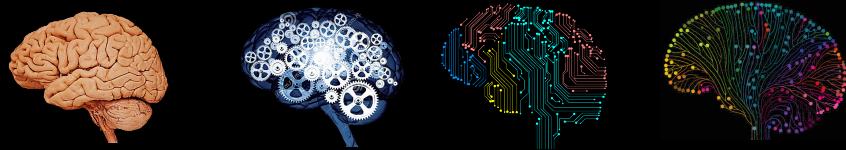
Del libro de Norvig

Part IV: *Advanced AI Programs*

Chap. 18 *Search and the Game of Othello*

Dr. Salvador Godoy Calderón

44



```
1100010  
110001110001  
010101010100100  
0111000111000111  
10101110001110001  
0011101010101011  
1100011100011  
010101011101  
11001  
111  
11
```

¡ Gracias !



Dr. Salvador Godoy Calderón