



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE

# Búsqueda en espacio de estados

Métodos de Programación  
1-2020



# CONTENIDO

**Introducción**



**Problemas de Búsqueda**



**Conceptos de pila y cola**



**Búsqueda por anchura**



**Búsqueda por profundidad**



**Comparación**



**Ejercicio**



# INTRODUCCIÓN

## Introducción

### Problemas de Búsqueda

### Conceptos de pila y cola

### Búsqueda por anchura

### Búsqueda por profundidad

### Comparación

### Ejercicio

- Hemos visto formas de atacar problemas.
  - Recursivamente
  - Dividiéndolos en otros problemas
  - Dividiéndolos en el mismo problema, pero de forma más pequeña
- Existen problemas en que no poseemos una sola solución válida o en realidad debo responder la secuencia de pasos para llegar a la solución.
  - Cuál es el par de números primos que multiplicados da X número.
  - Cuál es el conjunto de pasos a seguir para salir de un laberinto



# Problemas de Búsqueda [1/3]

- Supongamos el siguiente problema

John McClane y Zeus Carver se enfrentan a una bomba con un gatillo de peso. Esto significa que la única forma de impedir que la bomba estalle, en cinco minutos, es colocar un bidón con exactamente cuatro litros de agua sobre él. Por supuesto el malo de la película, Simón, no se las hace tan fácil y sólo les proporciona dos bidones sin marcas intermedias: Uno de tres litros y el otro de cinco litros. Al menos el agua no es un problema, puesto que la bomba se encuentra en una pileta del parque *Tompkins Square* en Nueva York, lo que proporciona una fuente inagotable de agua.

¡Ayuda a John y Zeus a salvar los niños que se encuentran jugando en el parque!

Argumente si el problema lo puede solucionar o no con Búsqueda en Espacio de Soluciones.

Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

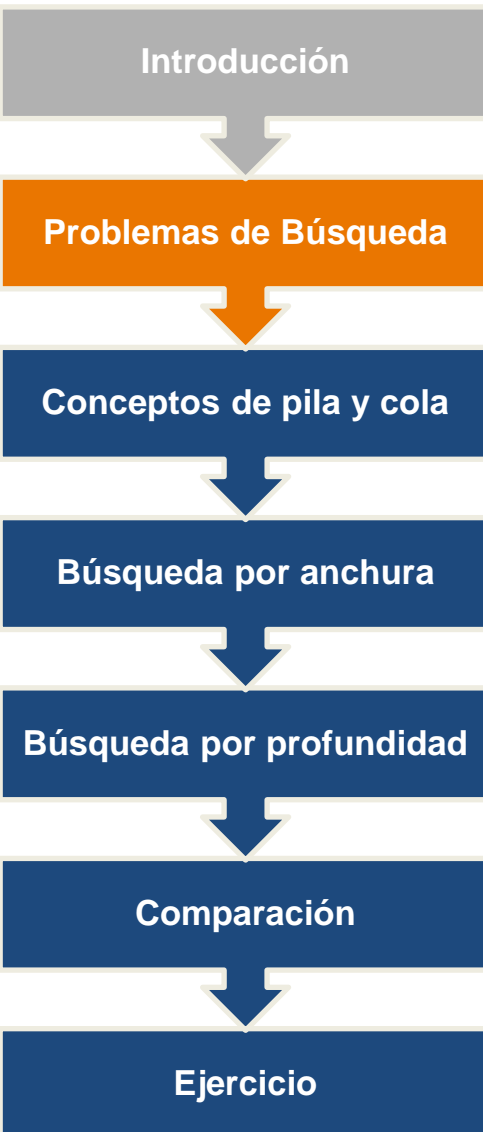
Búsqueda por profundidad

Comparación

Ejercicio



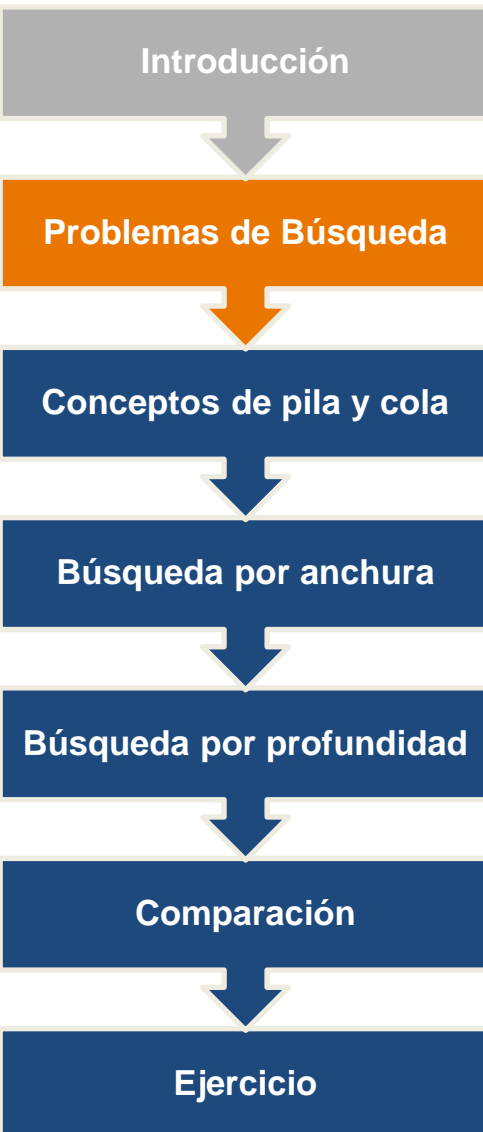
# Problemas de Búsqueda [2/3]



- **Análisis:**
  - **Objetivo:**
    - Bidón con 4 lt. de agua.
  - Se cuenta con dos bidones:
    - Uno con capacidad 3 lt.
    - Otro con capacidad 5 lt.
    - Llamaremos B3 y B5 a estos bidones respectivamente.
  - Estado del problema: Cantidad de agua que se tiene en cada bidón.
    - Representado con un par ordenado  $(c3; c5)$  (cantidad de agua en B3 y la cantidad de agua en B5)
  - Estado Objetivo:  $(x; 4)$ , donde  $x$  es cualquier valor.
  - Estado Inicial:
    - Bidones están vacíos, por lo que el estado inicial sería  $(0; 0)$



# Problemas de Búsqueda [3/3]



- **Acciones:**

- Vaciar los bidones es una posible acción, que en realidad genera dos acciones posibles: Vacar B3 y vaciar B5.
  - $V3: (x; y) \rightarrow (0; y)$
  - $V5: (x; y) \rightarrow (x; 0)$
- Llenar los bidones. Esto también origina dos acciones: Llenar B3 y llenar B5.
  - $LL3: (x; y) \rightarrow (3; y)$
  - $LL5: (x; y) \rightarrow (x; 5)$
- Trasvasijar el contenido de un bidón en el otro. En esto hay dos posibles resultados: Se llena el bidón objetivo o el bidón fuente se queda sin agua.
  - $T3: (x; y) \rightarrow \{(x + y - 5; 5) \mid (0; x + y)\}$
  - $T5: (x; y) \rightarrow \{(3; x + y - 3) \mid (x + y; 0)\}$



# Conceptos de Pilas y Cola

- Antes de analizar las formas de atacar este problema, analicemos dos estructuras de datos a utilizar:

- Pilas:

- Se ingresa al final
- Se saca desde el final

- Colas o filas:

- Se ingresa al final
- Se saca del principio



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

Búsqueda por profundidad

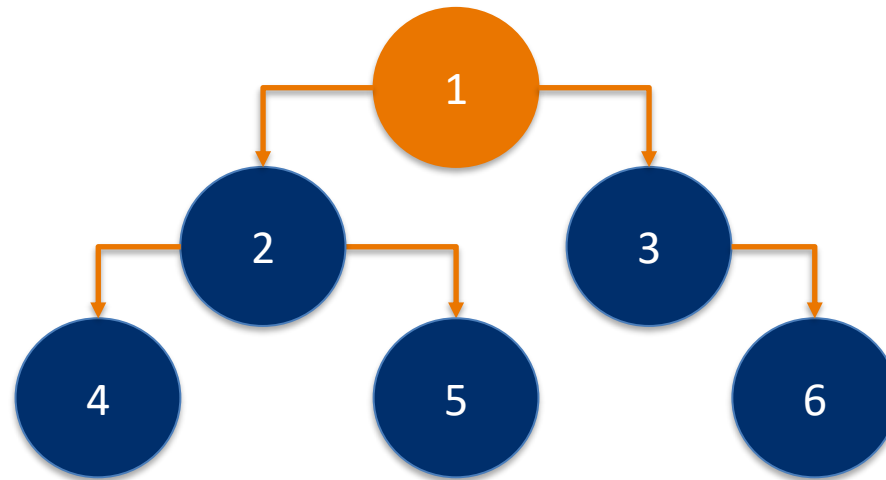
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Anchura [1/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Para esto utilizaremos el concepto de fila, para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

**Búsqueda por anchura**

Búsqueda por profundidad

Comparación

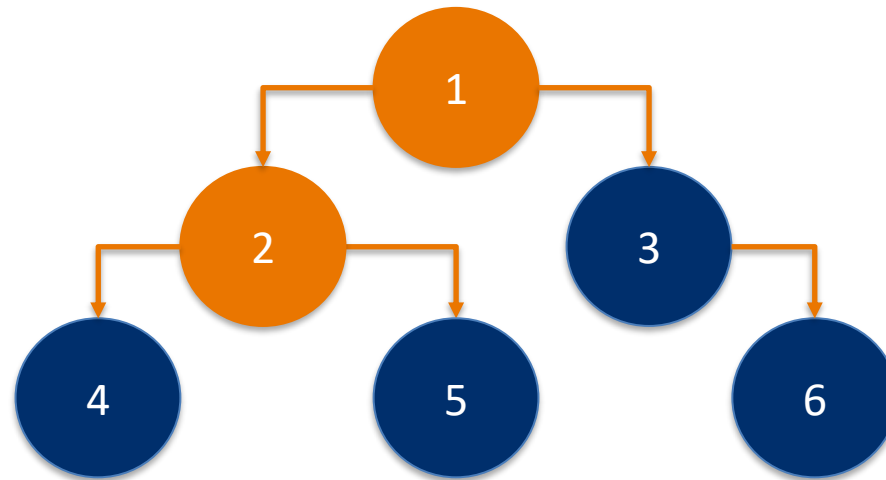
Ejercicio





# Búsqueda en Anchura [1/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Para esto utilizaremos el concepto de fila, para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

**Búsqueda por anchura**

Búsqueda por profundidad

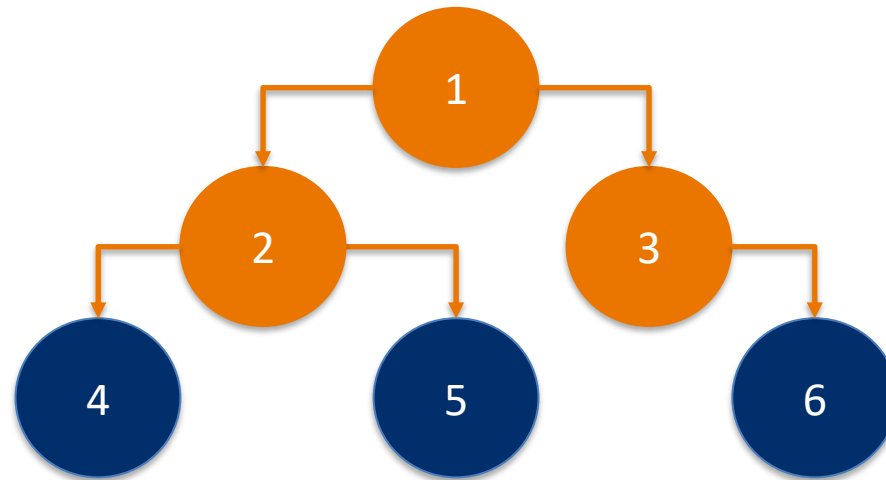
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Anchura [1/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Para esto utilizaremos el concepto de fila, para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

**Búsqueda por anchura**

Búsqueda por profundidad

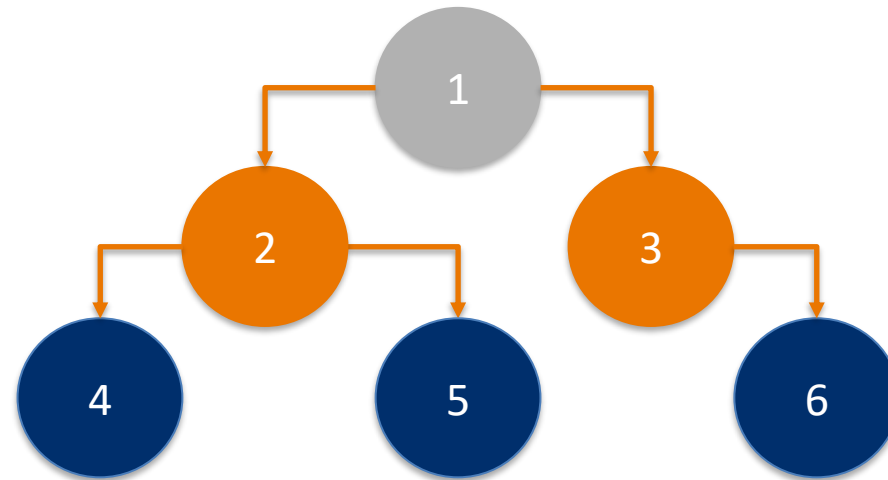
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Anchura [1/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Para esto utilizaremos el concepto de fila, para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

**Búsqueda por anchura**

Búsqueda por profundidad

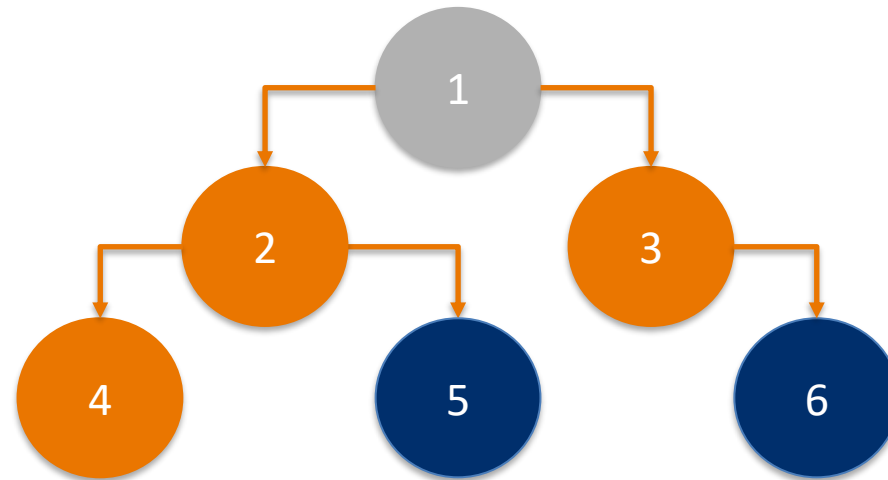
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Anchura [1/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Para esto utilizaremos el concepto de fila, para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

Búsqueda por profundidad

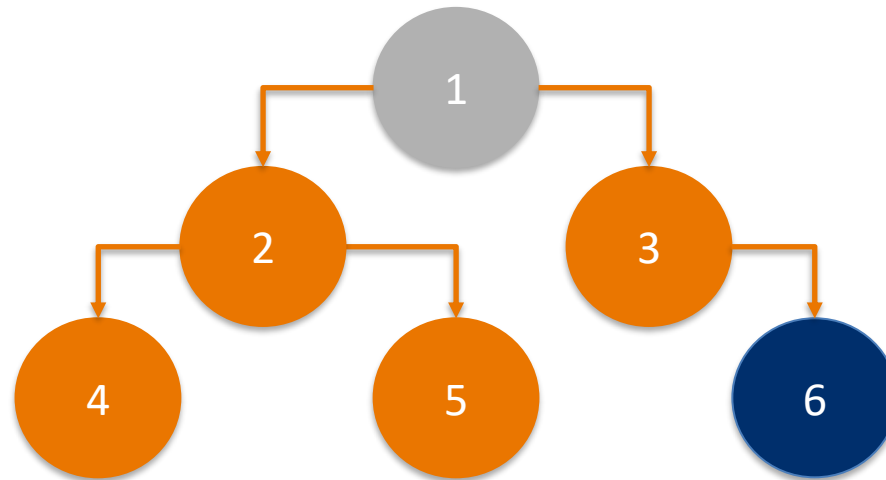
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Anchura [1/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Para esto utilizaremos el concepto de fila, para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

Búsqueda por profundidad

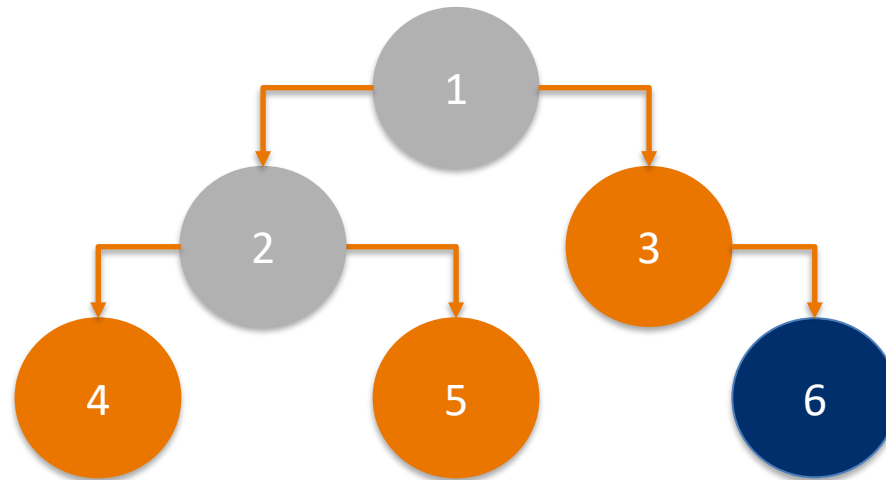
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Anchura [1/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Para esto utilizaremos el concepto de fila, para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

Búsqueda por profundidad

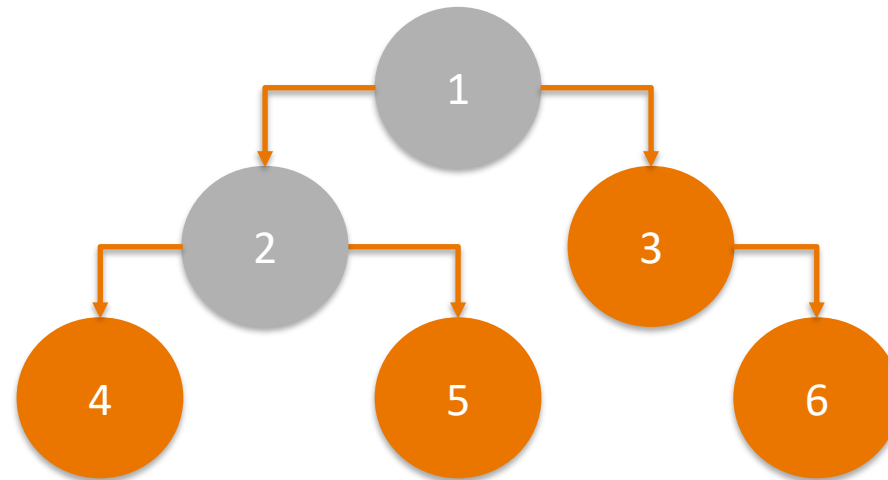
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Anchura [1/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Para esto utilizaremos el concepto de fila, para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

**Búsqueda por anchura**

**Búsqueda por profundidad**

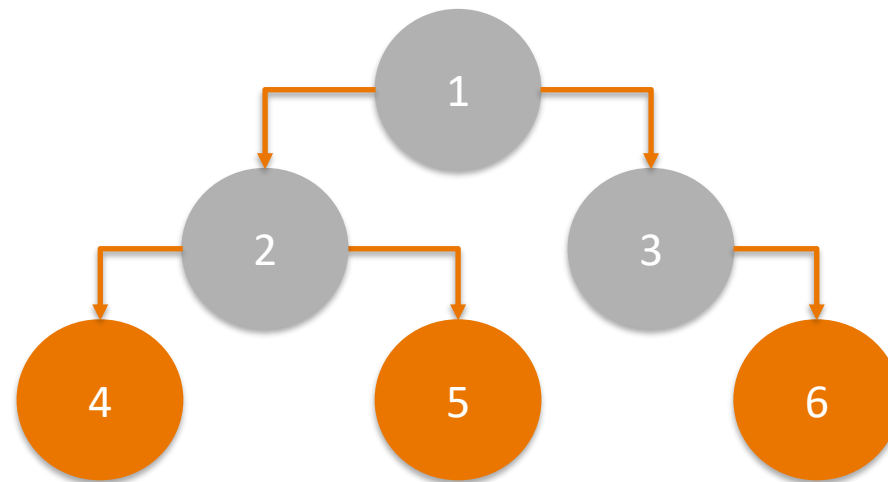
**Comparación**

**Ejercicio**



# Búsqueda en Anchura [1/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Para esto utilizaremos el concepto de fila, para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

**Búsqueda por anchura**

**Búsqueda por profundidad**

**Comparación**

**Ejercicio**





# Búsqueda en Anchura [2/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Iterativamente, emulemos una Fila para resolver el problema

Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

Búsqueda por profundidad

Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Anchura [2/3]

Introducción



Problemas de Búsqueda



Conceptos de pila y cola



Búsqueda por anchura



Búsqueda por profundidad



Comparación



Ejercicio

**Entrada:**

*Estado Inicial; Estado Final; Conjunto de acciones*

**Salida:**

Secuencia de acciones que lleva desde el estado inicial a un estado objetivo

- 1.- Poner el *estado inicial* en la fila *Abiertos*
- 2.- Mientras queden estados en la fila *Abiertos*:
  - 2.1.- Sea  $e$  el estado al frente de la fila *Abiertos*
  - 2.2.- Quitar  $e$  de *Abiertos*
  - 2.3.- Si  $e$  es estado objetivo:  
Detener la búsqueda y devolver la secuencia de acciones que llevaron a  $e$
  - 2.4.- Colocar  $e$  en la lista *Cerrados*
  - 2.5.- Para cada posible acción  $a$ :
    - 2.5.1.- Sea  $e'$  el estado resultante de aplicar la acción  $a$  al estado  $e$
    - 2.5.2.- Si  $e'$  no está en *Abiertos* ni en *Cerrados*:  
Agregar  $e'$  a la lista *Abiertos*
- 3.- Devolver una secuencia de acciones vacía



# Búsqueda en Anchura [3/3]

- Comencemos por la Búsqueda en Anchura
- Ahora de forma recursiva, emulemos una fila.

Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

Búsqueda por profundidad

Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Anchura [3/3]

Introducción



Problemas de Búsqueda



Conceptos de pila y cola



Búsqueda por anchura



Búsqueda por profundidad



Comparación



Ejercicio

Variables Globales:

- Estados Cerrados

Entrada:

- Abiertos
- Estado Final
- Transiciones

Casos Base:

- 1-. Si los estados Abiertos está vacío:  
Se informa que no hay forma de llegar al estado final.
- 2-. Que el primer elemento de abiertos sea el estado final  
Se informa el conjunto de pasos que llevaron al estado

final

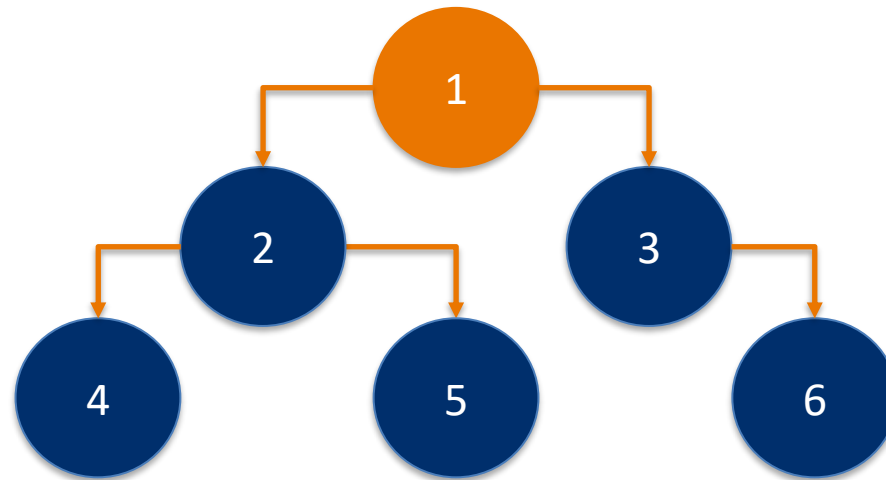
Llamada recursiva:

- 1-. Se obtiene **e** el primer elemento del conjunto de Abiertos
- 2-. Por cada Transición **t** en el conjunto de transiciones:
  - 2.1-. Se aplica **t** a **e**, resultando un **ei**.
  - 2.2-. Si **ei** no está en los estados cerrados ni Abiertos, se añade en Abiertos.
- 3-. Se llama nuevamente a la función con los mismos parámetros.



# Búsqueda en Profundidad [1/3]

- Ahora veremos búsqueda en profundidad
- Para esto utilizaremos el concepto de pila para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

**Búsqueda por profundidad**

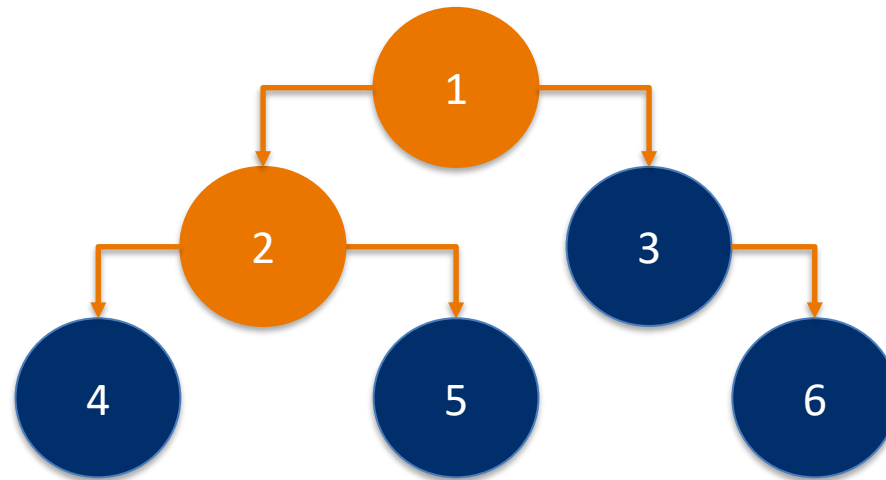
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Profundidad [1/3]

- Ahora veremos búsqueda en profundidad
- Para esto utilizaremos el concepto de pila para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

**Búsqueda por profundidad**

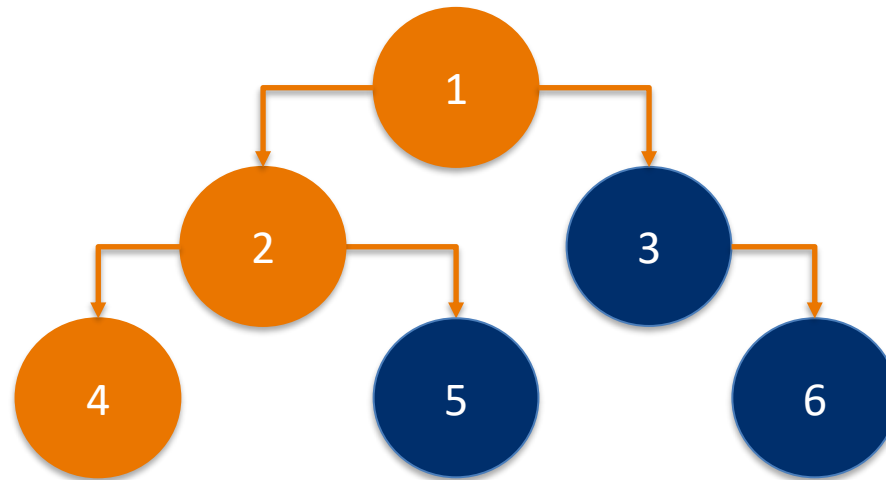
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Profundidad [1/3]

- Ahora veremos búsqueda en profundidad
- Para esto utilizaremos el concepto de pila para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

**Búsqueda por profundidad**

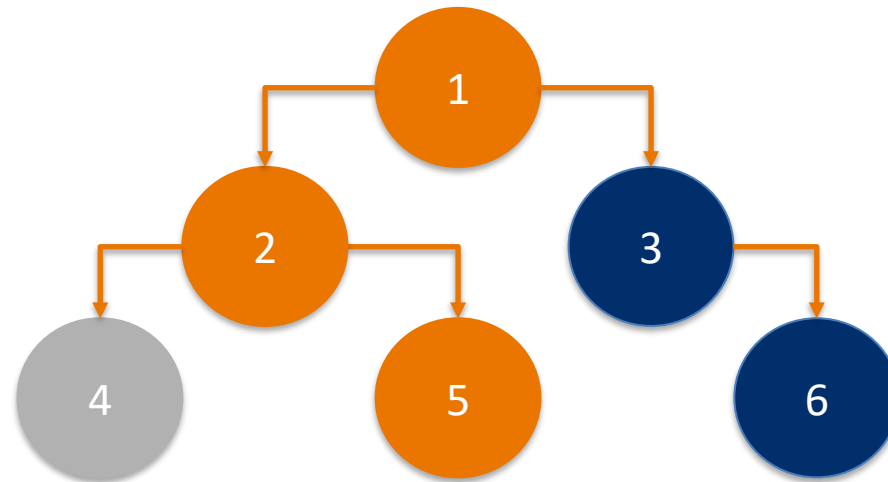
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Profundidad [1/3]

- Ahora veremos búsqueda en profundidad
- Para esto utilizaremos el concepto de pila para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

**Búsqueda por profundidad**

Comparación

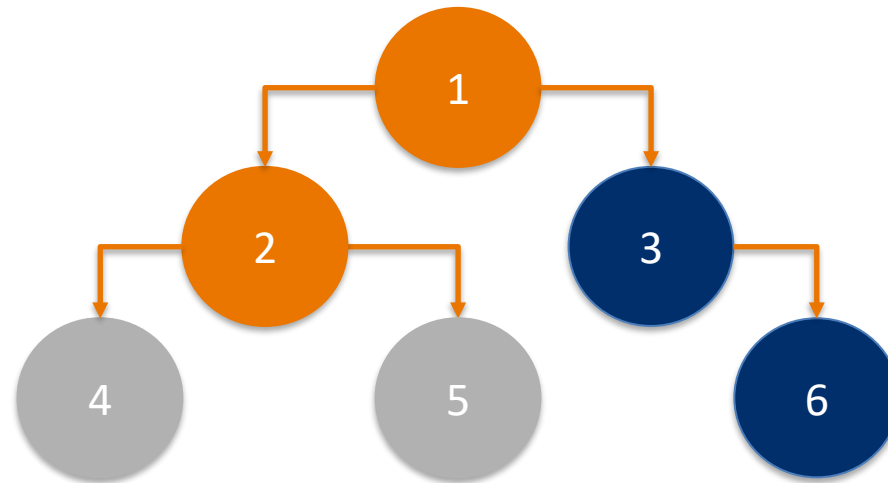
Ejercicio





# Búsqueda en Profundidad [1/3]

- Ahora veremos búsqueda en profundidad
- Para esto utilizaremos el concepto de pila para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

**Búsqueda por profundidad**

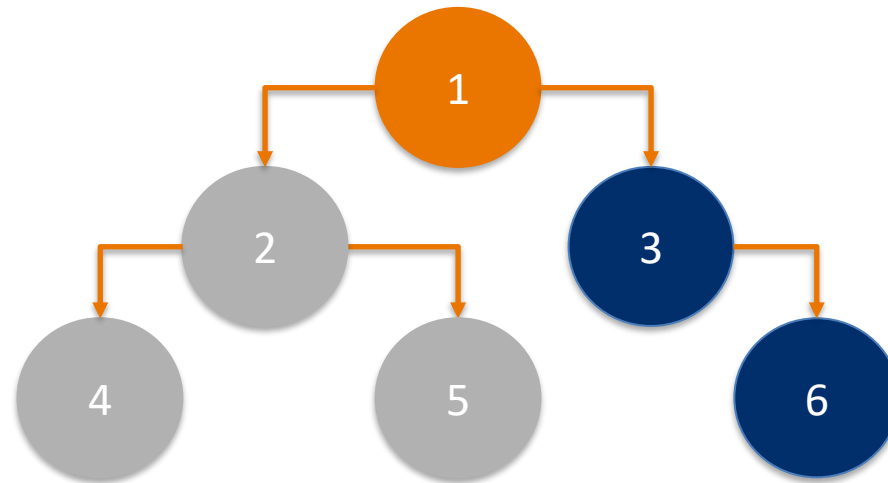
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Profundidad [1/3]

- Ahora veremos búsqueda en profundidad
- Para esto utilizaremos el concepto de pila para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

**Búsqueda por profundidad**

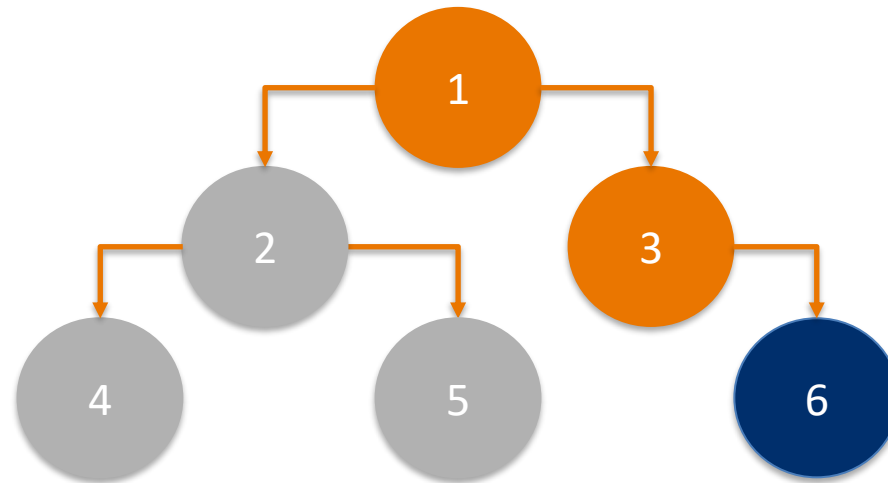
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Profundidad [1/3]

- Ahora veremos búsqueda en profundidad
- Para esto utilizaremos el concepto de pila para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

**Búsqueda por profundidad**

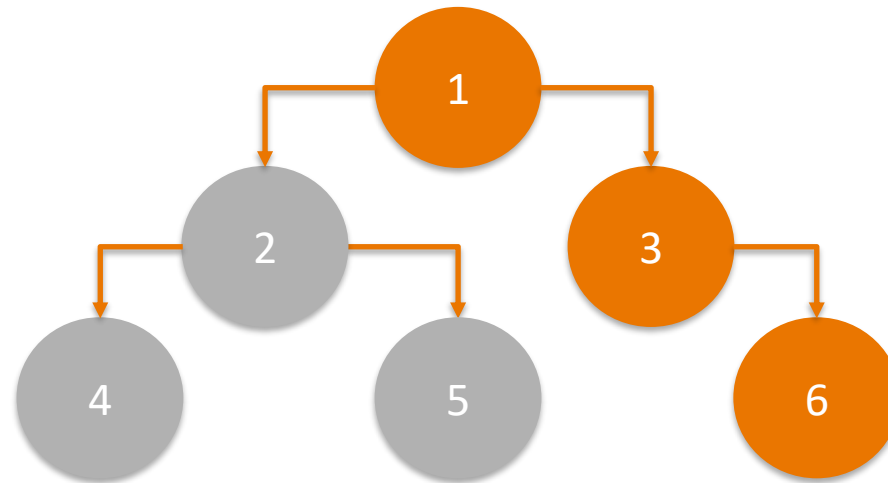
Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Profundidad [1/3]

- Ahora veremos búsqueda en profundidad
- Para esto utilizaremos el concepto de pila para solucionar este problema.



Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

**Búsqueda por profundidad**

Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Profundidad [2/3]

- Veamos un algoritmo iterativo

**Entrada:**

*Estado Inicial; Estado Final; Conjunto de acciones*

**Salida:**

Secuencia de acciones que lleva desde el estado inicial a un estado objetivo

- 1.- Poner el *estado inicial* en la pila *Abiertos*
- 2.- Mientras queden estados en la pila *Abiertos*:
  - 2.1.- Sea  $e$  el estado al final de la pila de abiertos
  - 2.2.- Quitar  $e$  de la pila de abiertos.
  - 2.3.- Si  $e$  es el estado final:
    - Detener la y devolver la secuencia de acciones que llevaron a  $e$
  - 2.4.- Colocar  $e$  en la lista *Cerrados*
  - 2.5.- Para cada posible acción  $a$ :
    - 2.5.1.- Sea  $e'$  el estado resultante de aplicar la acción  $a$  al estado  $e$
    - 2.5.2.- Si  $e'$  no está en *Abiertos* ni en *Cerrados*:
      - Agregar  $e'$  a la pila *Abiertos*
- 3.- Devolver una secuencia de acciones vacía

Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

**Búsqueda por profundidad**

Comparación

Ejercicio



# Búsqueda en Profundidad [3/3]

- Veamos un algoritmo recursivo

Variables Globales:

- Estados Cerrados

Entrada:

- Abiertos
- Estado Final
- Transiciones

Casos Base:

- 1-. Si los estados Abiertos está vacío:  
Se informa que no hay forma de llegar al estado final.
- 2-. Que el último elemento de abiertos sea el estado final  
Se informa el conjunto de pasos que llevaron al estado

final

Llamada recursiva:

- 1-. Se obtiene  $e$  el último elemento del conjunto de Abiertos
- 2-. Por cada Transición  $t$  en el conjunto de transiciones:
  - 2.1-. Se aplica  $t$  a  $e$ , resultando un  $ei$ .
  - 2.2-. Si  $ei$  no está en los estados cerrados ni abiertos, se añade en Abiertos.
  - 2.3-. Se llama a la función con los mismos parámetros

Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

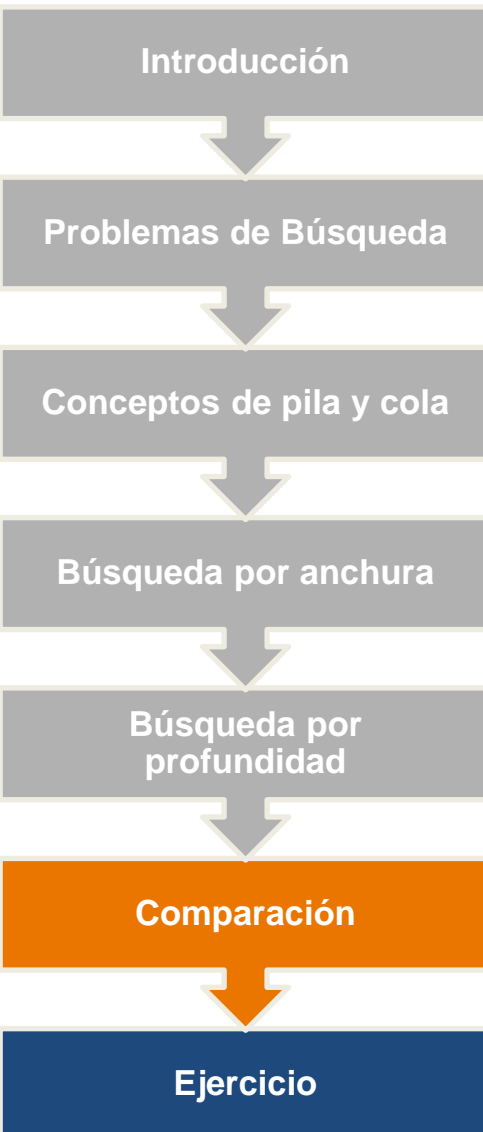
Búsqueda por profundidad

Comparación

Ejercicio



# Comparación



- **Búsqueda en Anchura:**
  - Entrega una solución en menos pasos
  - Es más complicada de ver
- **Búsqueda en Profundidad:**
  - Entrega una solución, no importando cuantos pasos se deban hacer
  - Es más simple de ver



# Comparación

Introducción

Problemas de Búsqueda

Conceptos de pila y cola

Búsqueda por anchura

Búsqueda por profundidad

**Comparación**

Ejercicio

- Esta todo listo!!
- Ahora podemos solucionar nuestro problema
- Pero esperen!!

¿Cuáles han sido los pasos que hemos tenido que seguir?  
¿Cómo lo sabremos?

- Almacenar el estado anterior del que vengo.
- Generar los caminos que he recorrido.

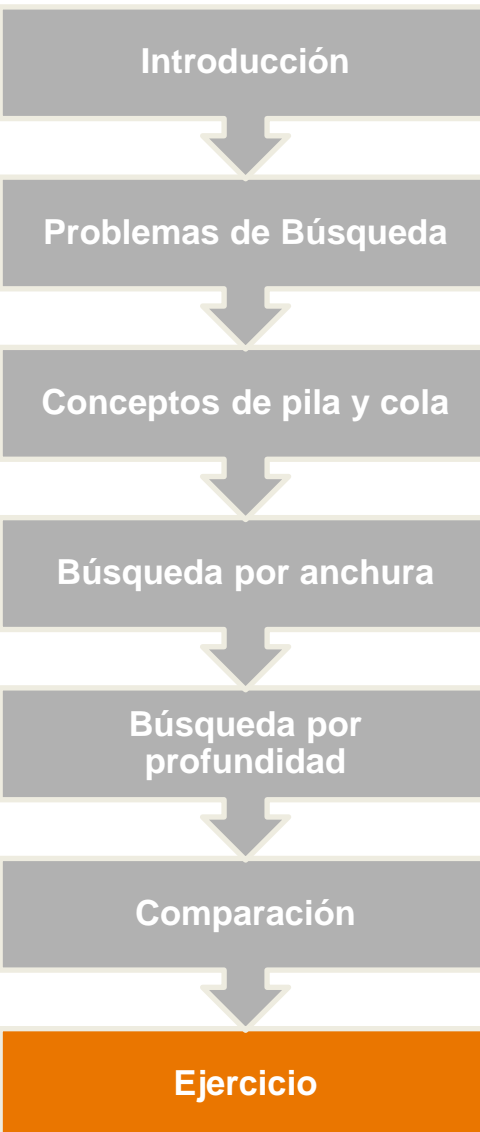






# Ejercicio [1/2]

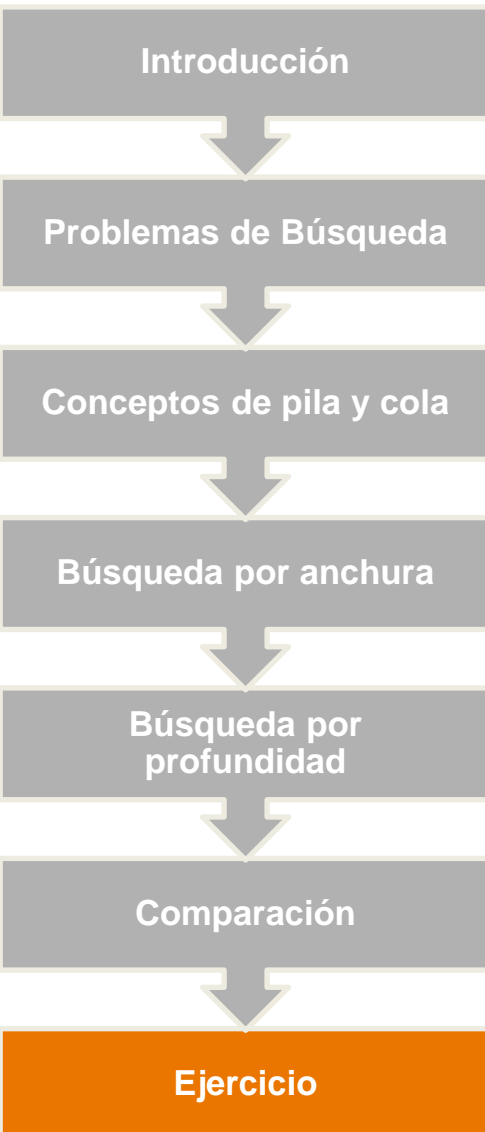
- Supongamos el siguiente orden de transacciones: V3–V5–T3–T5–L3–L5



Abiertos					Cerrados
Nº	Estados		Transiciones		Estado
	Bidón 3 litros	Bidón 5 litros	Estado anterior	Transición	
1	0	0	Inicial		0.0
2	3	0	1	L3	3.0
3	0	5	1	L5	0.5
4	0	3	2	T3	0.3
5	3	5	2	L5	3.5
6	3	2	3	T5	3.2
7	3	3	4	L3	3.3
8	0	2	6	V3	0.2
9	1	5	7	T3	1.5
10	2	0	8	T5	2.0
11	1	0	9	V5	1.0
12	2	5	10	L5	2.5
13	0	1	11	T3	0.1
14	3	4	12	T5	
15	3	1	13	L3	



# Ejercicio [2/2]



- Suponga que posee un laberinto, en dónde se puede mover solamente Adelante, Atrás, Izquierda y Derecha.
- Realice un algoritmo que permita salir de este, utilizando búsqueda en anchura y en profundidad



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE

Introducción



Problemas de Búsqueda



Conceptos de pila y cola



Búsqueda por anchura



Búsqueda por  
profundidad



Comparación



Ejercicio

