

# Método de la cadena crítica



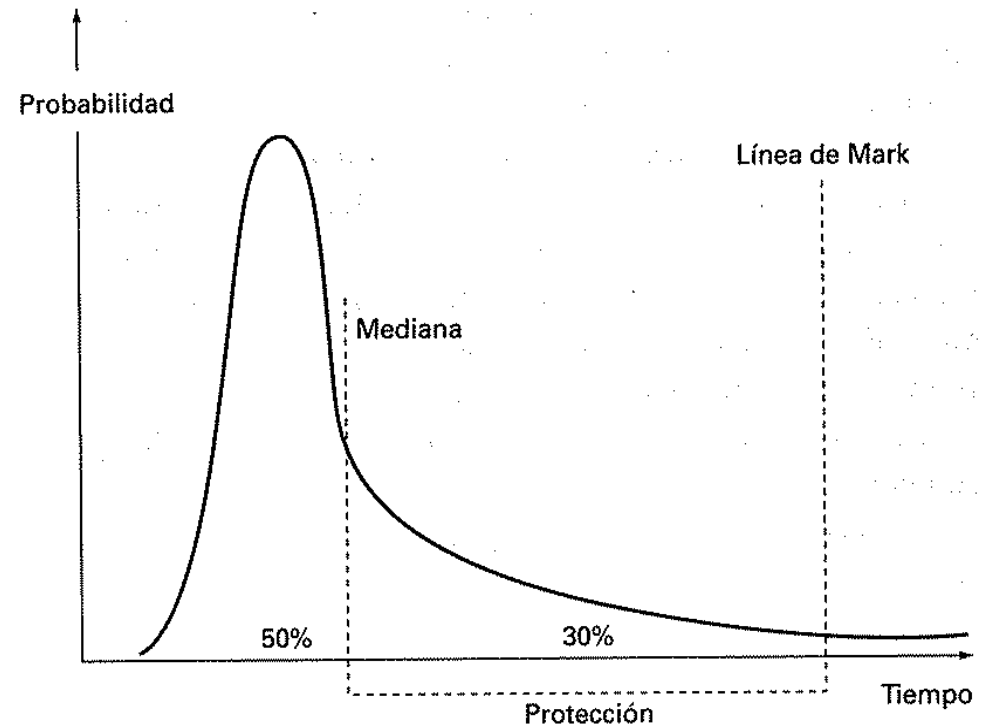
# Técnicas

- Método del camino crítico (CPM)
- PERT
- **Método de la cadena crítica (CCM)**
- Diagrama de Gantt
- Perfil de uso de recursos
- Técnicas de optimización de recursos:
  - Nivelación de recursos
  - Equilibrio de recursos
- Técnicas de modelado / análisis de datos:
  - Análisis «¿Qué pasa si...?»
  - Simulación
  - El modelo de Abdel-Hamid y variaciones.
- Técnicas de compresión del cronograma

# Margen de seguridad

Estamos acostumbrados a creer que la única forma de proteger a un proyecto en su totalidad es mediante la *protección del plazo de terminación de cada etapa*.

En consecuencia: le añadimos a cada etapa una *gran cantidad de margen de seguridad (200 %)*.



- Los desperdiciamos por tres mecanismos:

1

El síndrome del estudiante

2

Multitarea

3

Los retrasos se acumulan,  
pero los avances no.

# Método de la cadena crítica

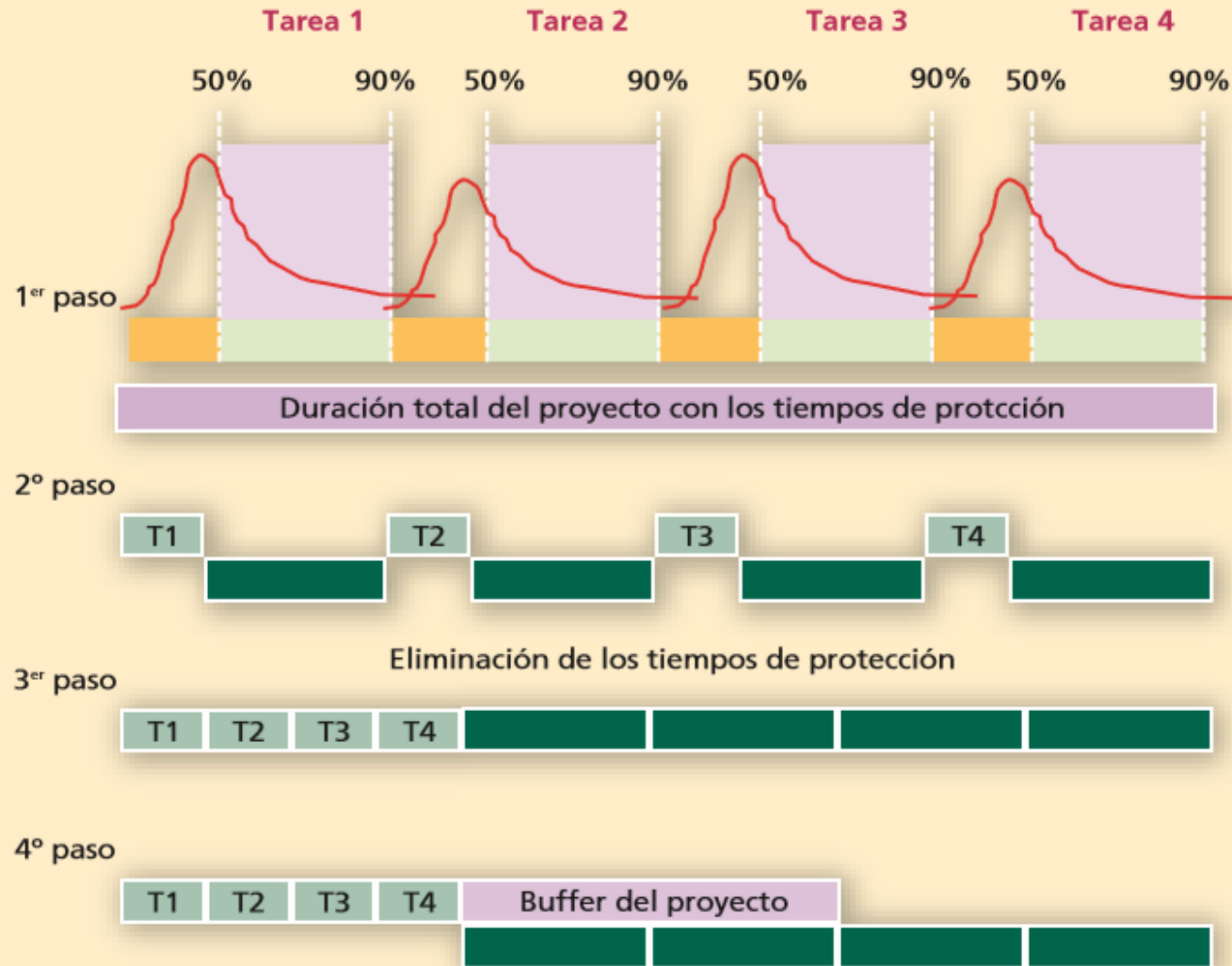
## 1. *Buffers*:

- Utiliza actividades con duraciones que no contemplan márgenes de seguridad, relaciones lógicas ni disponibilidad de recursos.
- El cuello de botella de un proyecto es el camino crítico.
- Agrega colchones de duración: actividades del cronograma que no requieren trabajo y que se utilizan para manejar la incertidumbre.
  - **Colchón del proyecto**: al final de la cadena crítica.
  - **Colchones de alimentación**: en cada punto fuera de la cadena crítica que la alimenta.
- Colchón o *buffer* o amortiguador:
  - actividad ficticia asociada a una actividad real y con una duración determinada que se añade en un punto determinado del cronograma del proyecto, para asumir posibles desviaciones temporales en la ejecución.

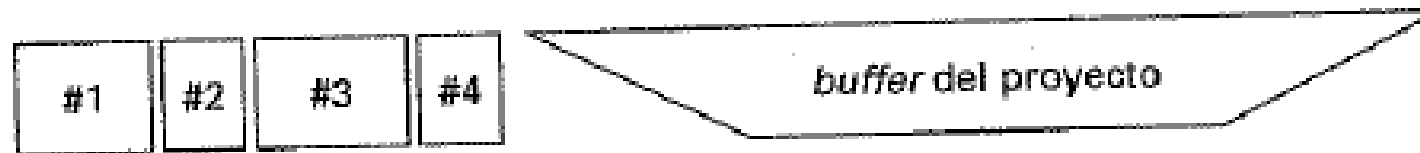
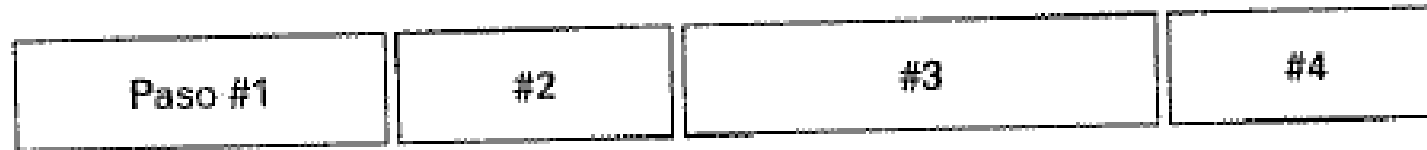
## 2. Agrega la consideración de **limitaciones de recursos**.

# Buffer del proyecto

## EL MÉTODO DE "CORTAR Y PEGAR"



1. Recortar en cada proceso del camino crítico la estimación de tiempo original de esa etapa a la mitad y utilizar la mitad del tiempo reducido como *buffer* del proyecto.





Planificación inicial



Planificación real + holgura



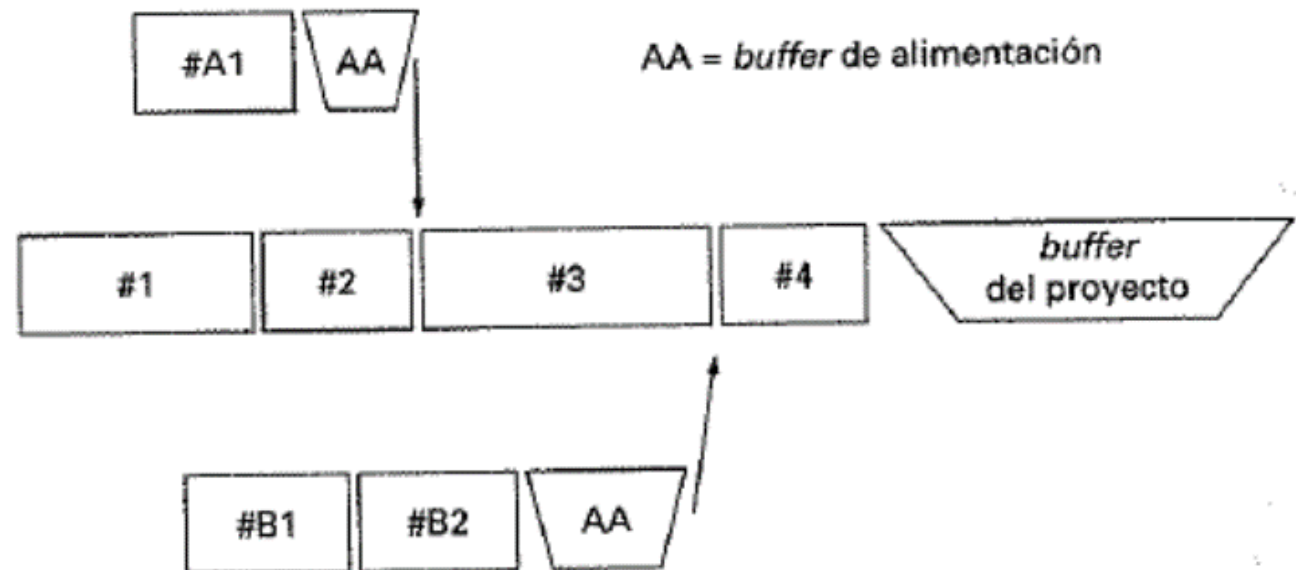
Uso de amortiguadores



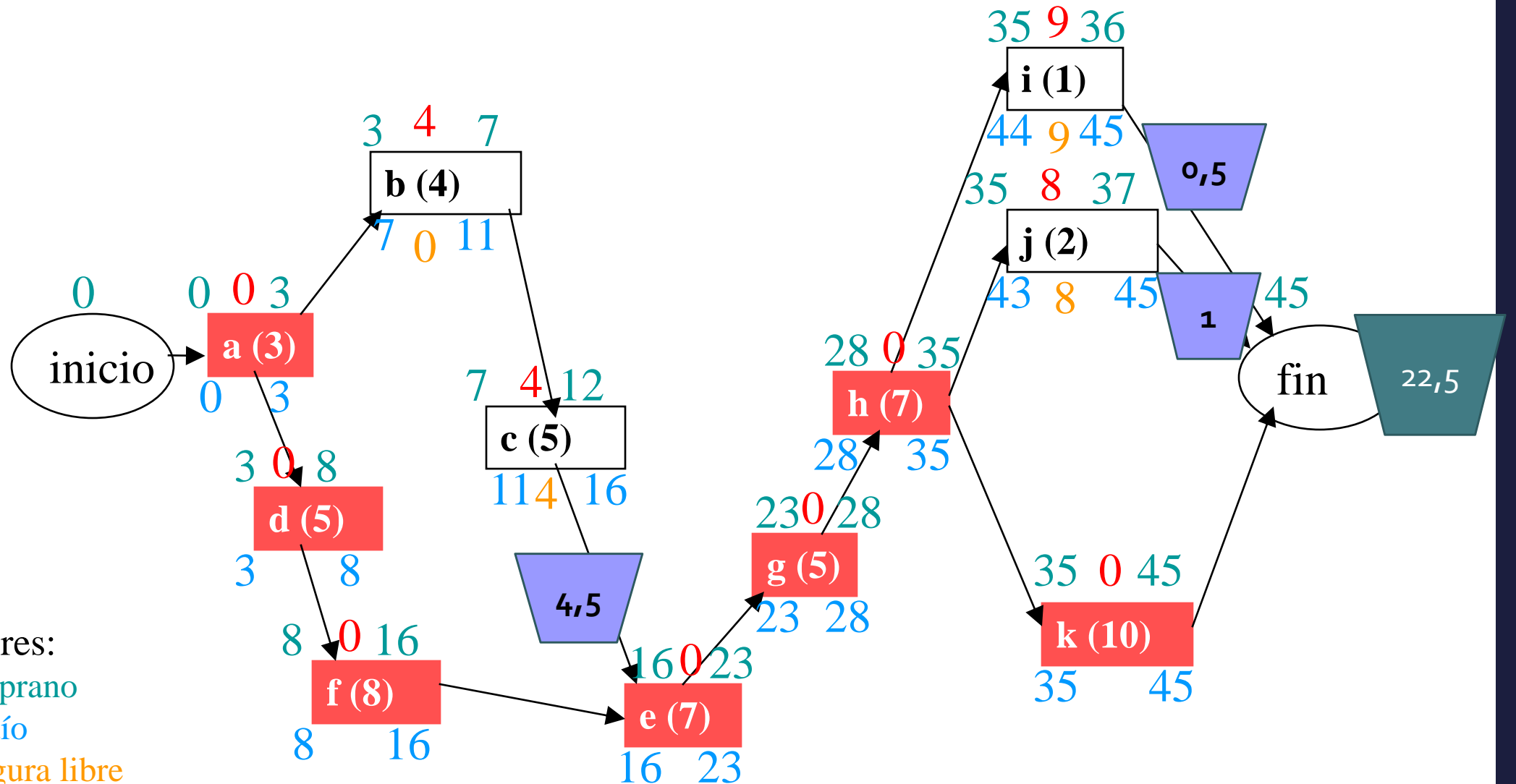
# Buffers de alimentación

2. La mayoría de los problemas que afectan al camino crítico no se producen dentro de él.

Insertar un *buffer* en los puntos en que la línea de un proceso alimentador se une al camino crítico (para proteger la limitación de los problemas que se producen fuera de la propia limitación).



# Grafo de actividades con duraciones



Colores:

- Temprano
- Tardío
- Holgura libre
- Holgura total

Calcular los colchones del proyecto y de alimentación

*Buffer* del  
proyecto

Colocar el *buffer* del  
proyecto después del  
nodo de fin.

## *Buffer de alimentación*

Su duración se calcula eliminando los márgenes de seguridad cada tarea de la rama (50 %), sumándolos y dividiendo el resultado entre 2. (O sea, el buffer resultará la mitad de la duración de la rama sin márgenes).

Si hay tareas que participen de más de una rama, sumo su margen en cada una de las ramas (excluyendo las que pertenecen al CC).

Si la extensión del colchón supera la holgura total de la rama, el excedente se agrega al final extendiendo el buffer del proyecto.

Las ramas no críticas que desembocan en el nodo final también llevan un buffer de alimentación para proteger la fecha de finalización estimada del camino crítico.

Cuando el problema produce un retraso mayor que el buffer de alimentación, el plazo de ejecución del proyecto está protegido por el buffer del proyecto.

Fecha de  
terminación  
comprometida

Fecha de terminación  
comprometida = largo del  
camino crítico + **buffer** del  
proyecto + excedentes de ramas  
no críticas (*buffer* de  
alimentación – holgura total).

En el ejemplo:  $45 + 22,5 + 0,5 = 68$

# Planificación

- Una vez que se han determinado las actividades colchón del cronograma, las actividades previstas se planifican sobre la base de la holgura restante, dejando libre el espacio para el buffer de alimentación.

# Control

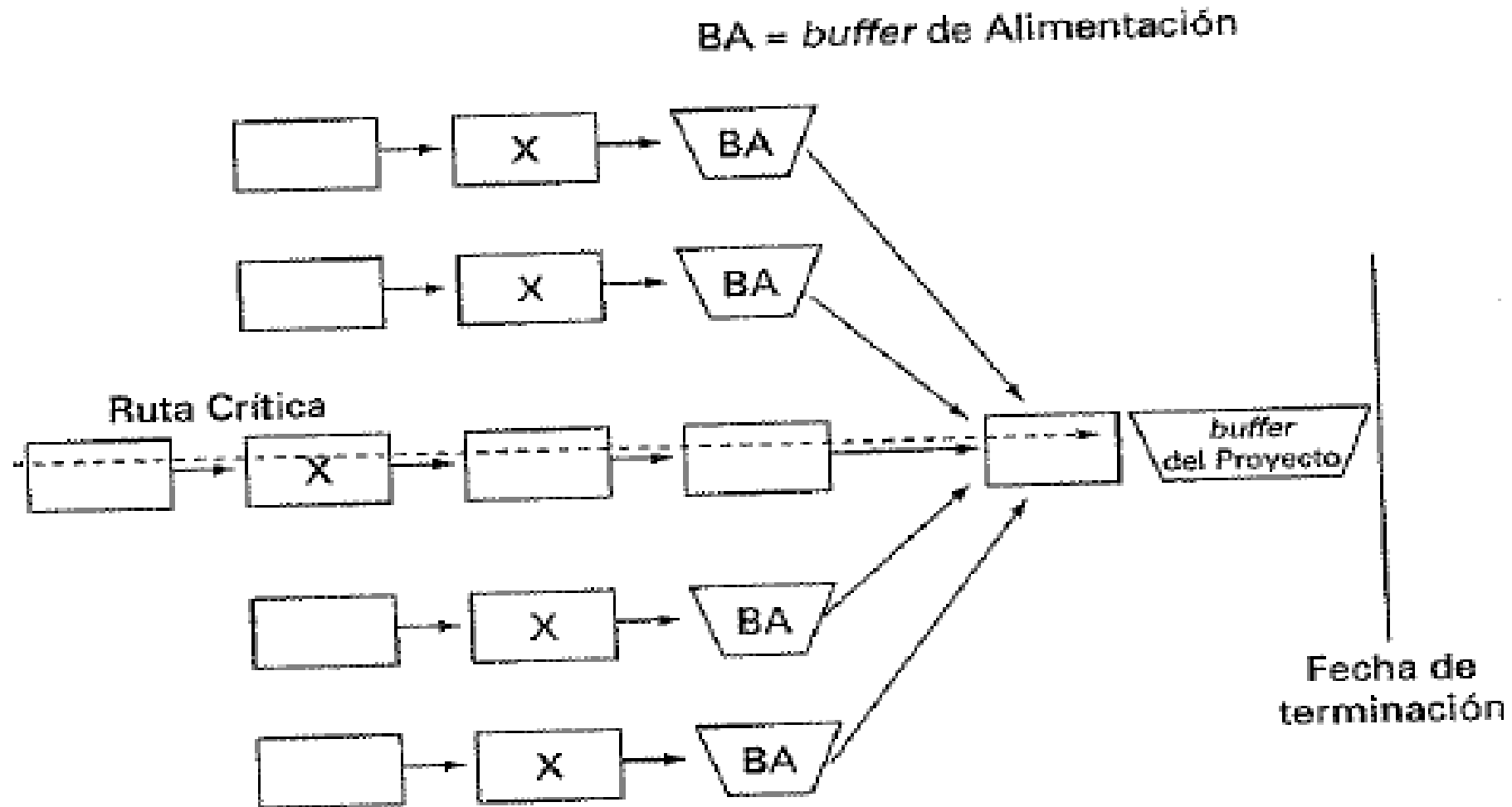
- Medición del avance por % completado del CC.
- En lugar de gestionar la holgura total de los caminos, o las fechas de comienzo y fin de las tareas, se gestionan las duraciones restantes de los colchones en función de las duraciones restantes de las cadenas de tareas.
- Controlar todos los *buffers*, no solo el del proyecto. Prioridad:
  - Etapas que reducen el *buffer* del proyecto, porque
    - forman parte del CC y están retrasadas
    - No forman parte del CC, pero están atrasadas al punto de hacer desaparecer el *buffer* de alimentación y afectar el CC.
  - Etapas que reducen los *buffers* de alimentación sin afectar el *buffer* del proyecto:
    - Nro. de días de retraso consumidos del *buffer*.
    - % del *buffer* consumido
    - Días que quedan en el *buffer*.

# *Buffer* de recursos

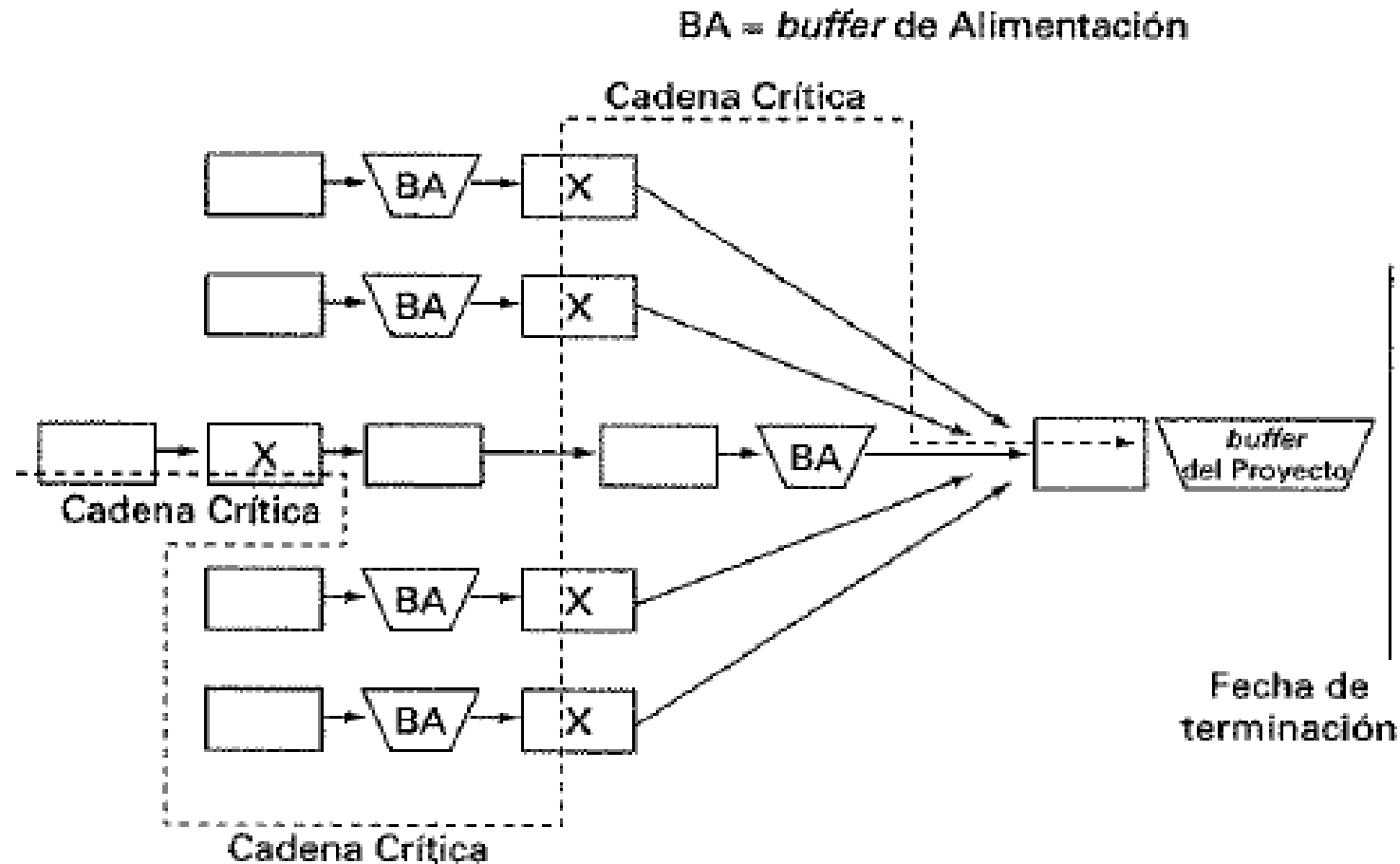
- Es un período antes de una actividad del camino crítico donde se preparan los recursos para poder comenzar.
- No modifica la duración de ninguna actividad ni los plazos de ejecución.
- Ejemplo:
  - Se les comienza a avisar a los empleados que deben terminar lo que están haciendo ya que está por comenzar una etapa perteneciente al camino crítico.



# Problema: recursos no disponibles porque están compartidos por etapas paralelas



# Solución: cadena crítica



La dependencia entre dos etapas puede deberse a que ambas son realizadas por el mismo recurso, que tiene capacidad limitada --> deben realizarse de forma secuencial.

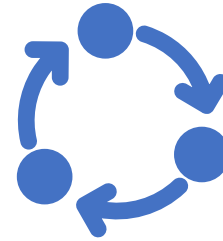
Cadena crítica. = cadena de etapas que forman la limitación.

# Solución



## Solución:

- que el trabajo de X lo hagan otros
- que el trabajo X lo haga antes o después.



## Pasos:

- Añadir recursos al gráfico.
- Asegurar que etapas que debe realizar el mismo recurso no se hagan en paralelo (o excediendo su capacidad).
- Moverlos hasta que no haya conflicto.

# Observaciones

- El nodo de fin se considera parte del camino crítico, de modo que también hay que agregar buffers de alimentación para las ramas no críticas que terminan allí.
- ¿Qué pasa si hay dos caminos críticos? Elijo uno y trato al otro como una rama más.
- tasa de consumo del buffer = % usado del buffer

-----  
% de completitud de la cadena

# Problemas y soluciones

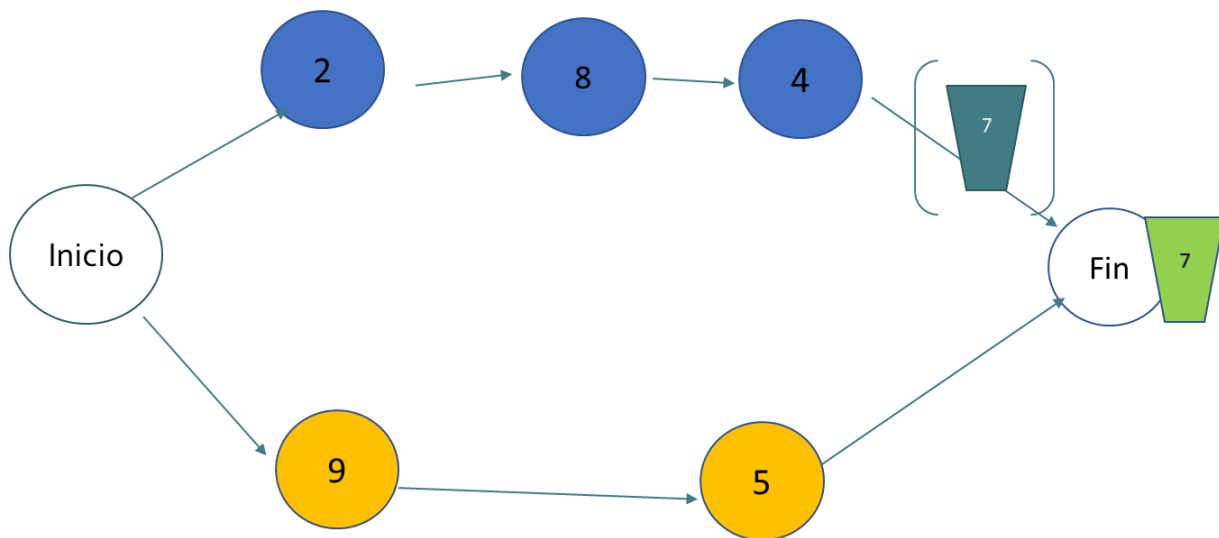
Problemas con los buffers:

- Si la holgura total es menor que el buffer, puede que la rama con el buffer quede más larga que el camino crítico.

Posibles soluciones:

1. Correr las actividades del camino crítico para dar lugar a los buffers de alimentación completos (quedan brechas en el CC).
2. Poner un buffer = holgura total del camino y
  1. Goldratt: no hacer nada, que el impacto del resto lo absorba el buffer del proyecto (BP).
  2. o, si dos cadenas desembocan en el mismo nodo del CC, agregar solo el excedente del camino más largo.
  3. o, agregar al BP el excedente de cada buffer (queda un poco largo)
  4. o agregar al BP la mitad de todos los excedentes (H & L, 2001).

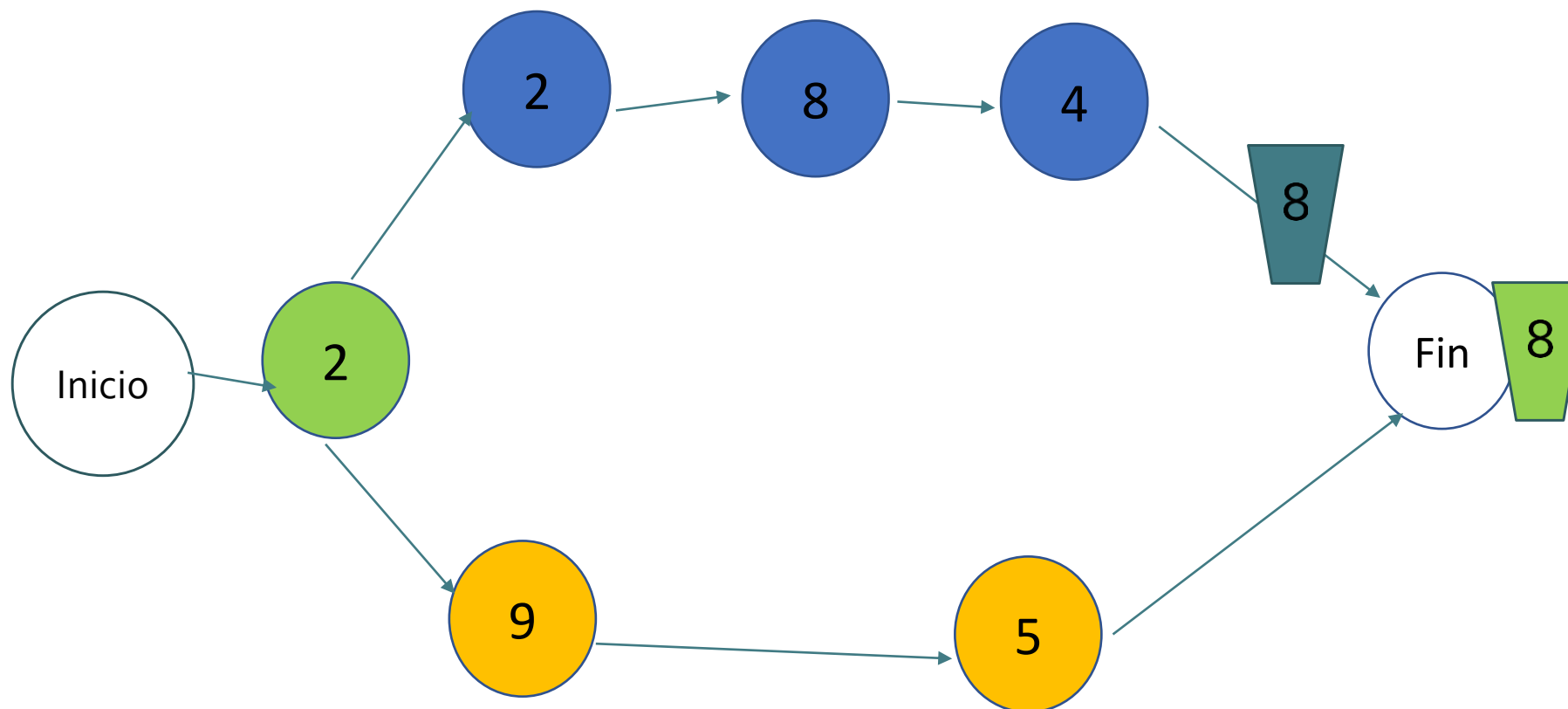
# Dos caminos críticos



- Si hay dos caminos críticos, tomo uno como crítico y otro como no crítico.
  - Duración del proyecto: 14.
  - Buffer del proyecto: 7.
  - Buffer de alimentación: 7
- Pero holgura 0.
- Opciones:
  1.  $14 + 7 \text{ (BP)} = 21$ . (El mismo buffer protege ambos.)
  2. -
  3. Duración  $14 + 7 \text{ (BP)} + 7 \text{ (BA)} = 28$
  4.  $14 + 7 \text{ (BP)} + 3,5 \text{ (BA/2)} = 24,5$

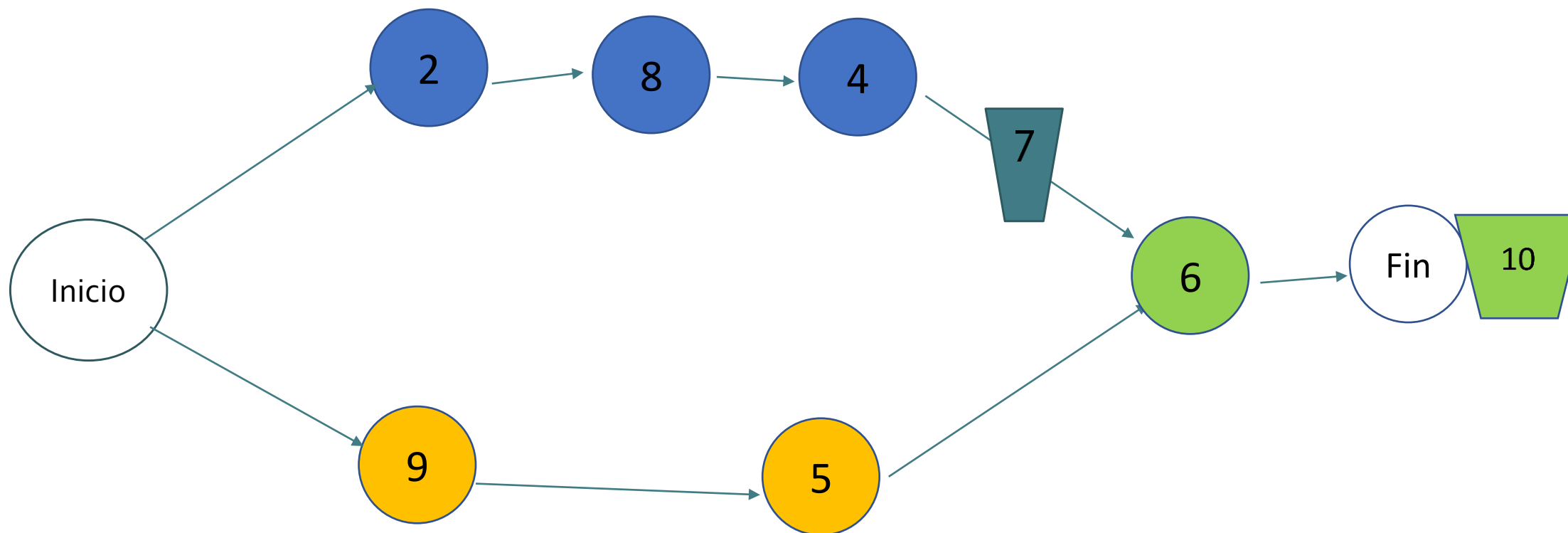


# Dos caminos críticos





# Dos caminos críticos





# Caminos no críticos

- Si dos caminos no críticos convergen en el mismo nodo del CC (incluyendo el nodo final):

1. no sumo excedentes (los consume el BP)

- $17 + 8,5$

2. se suma el excedente mayor

- $17 + 8,5 + \max(7-3, 6-5)$

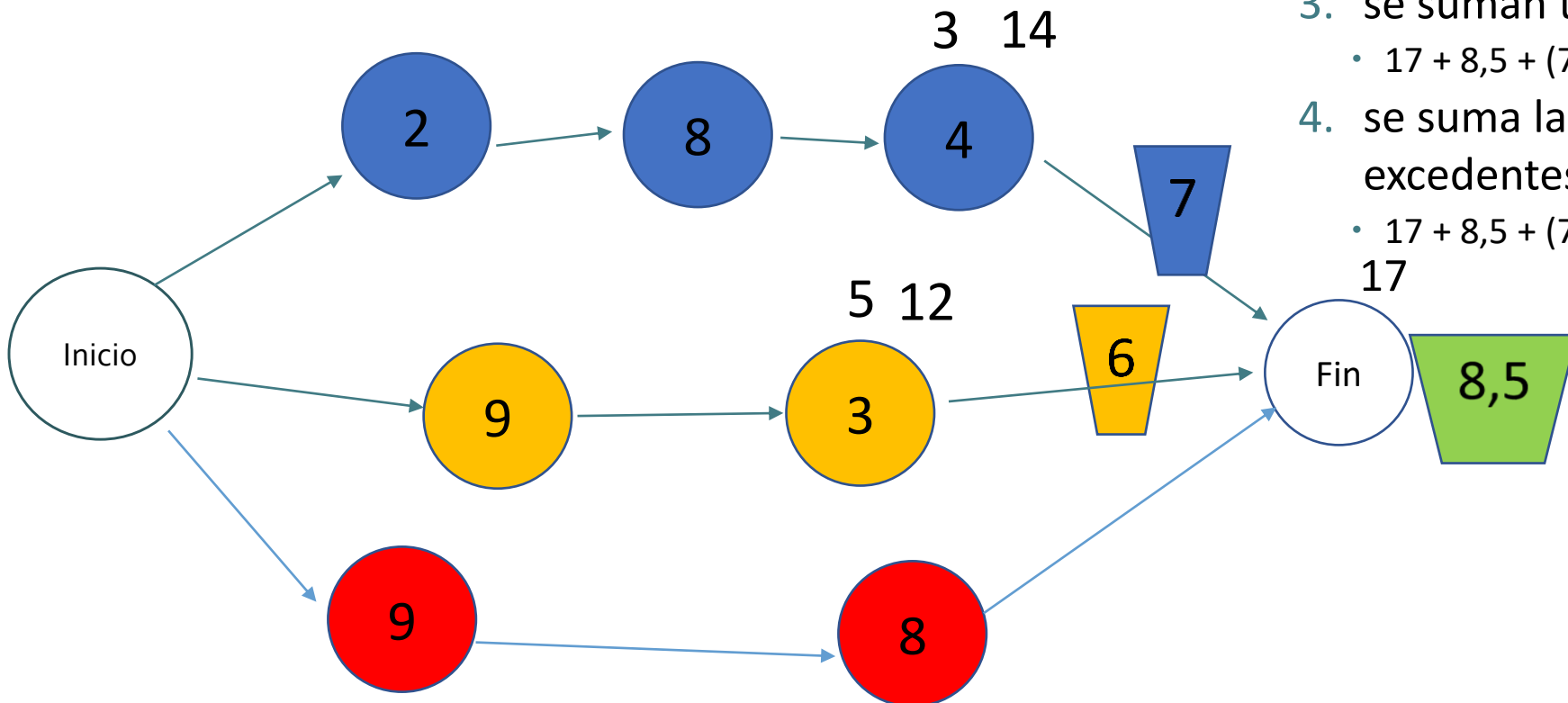
3. se suman todos los excedentes

- $17 + 8,5 + (7-3) + (6-5)$

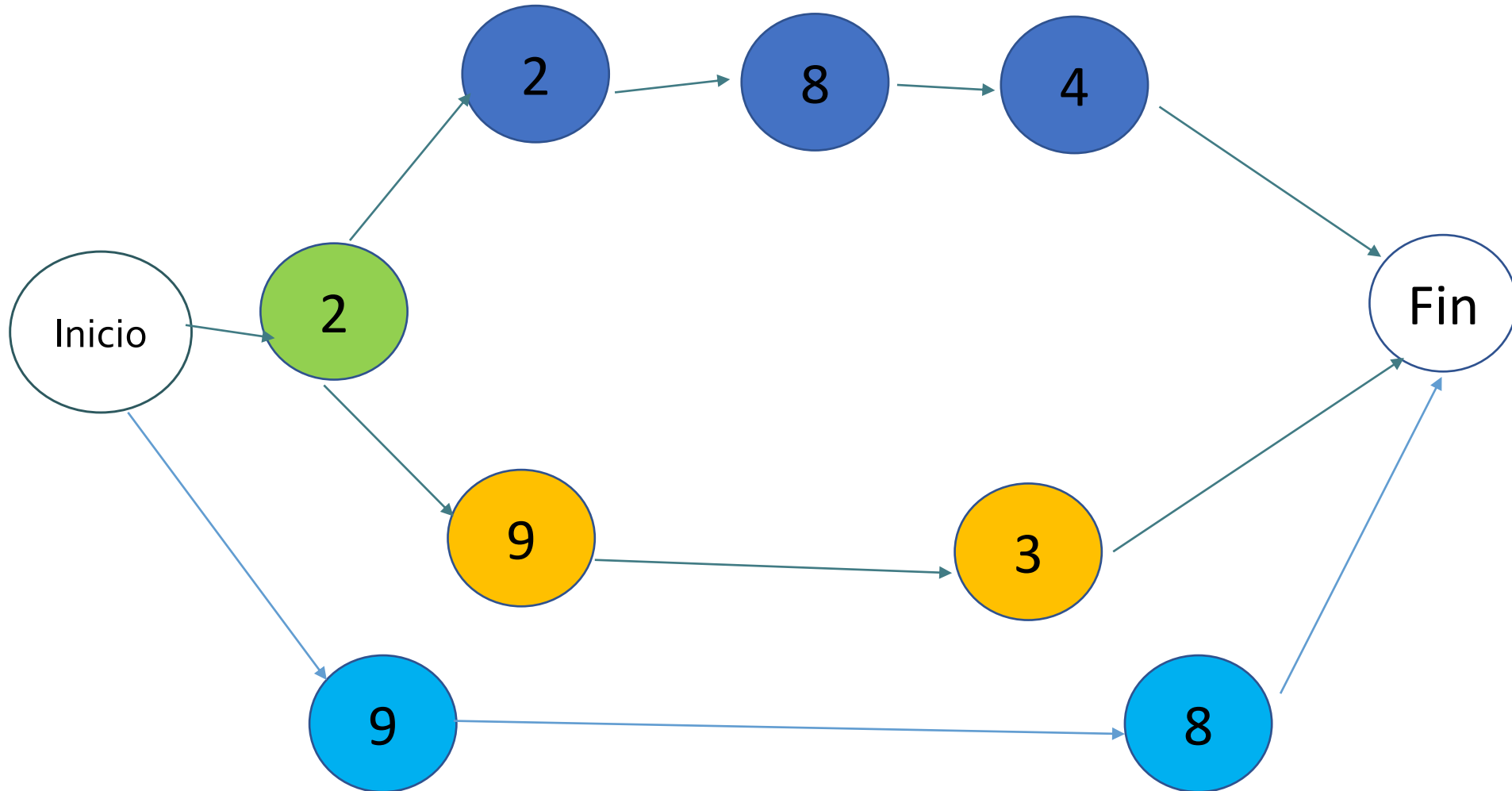
4. se suma la mitad de todos los excedentes

- $17 + 8,5 + (7-3)/2 + (6-5)/2$

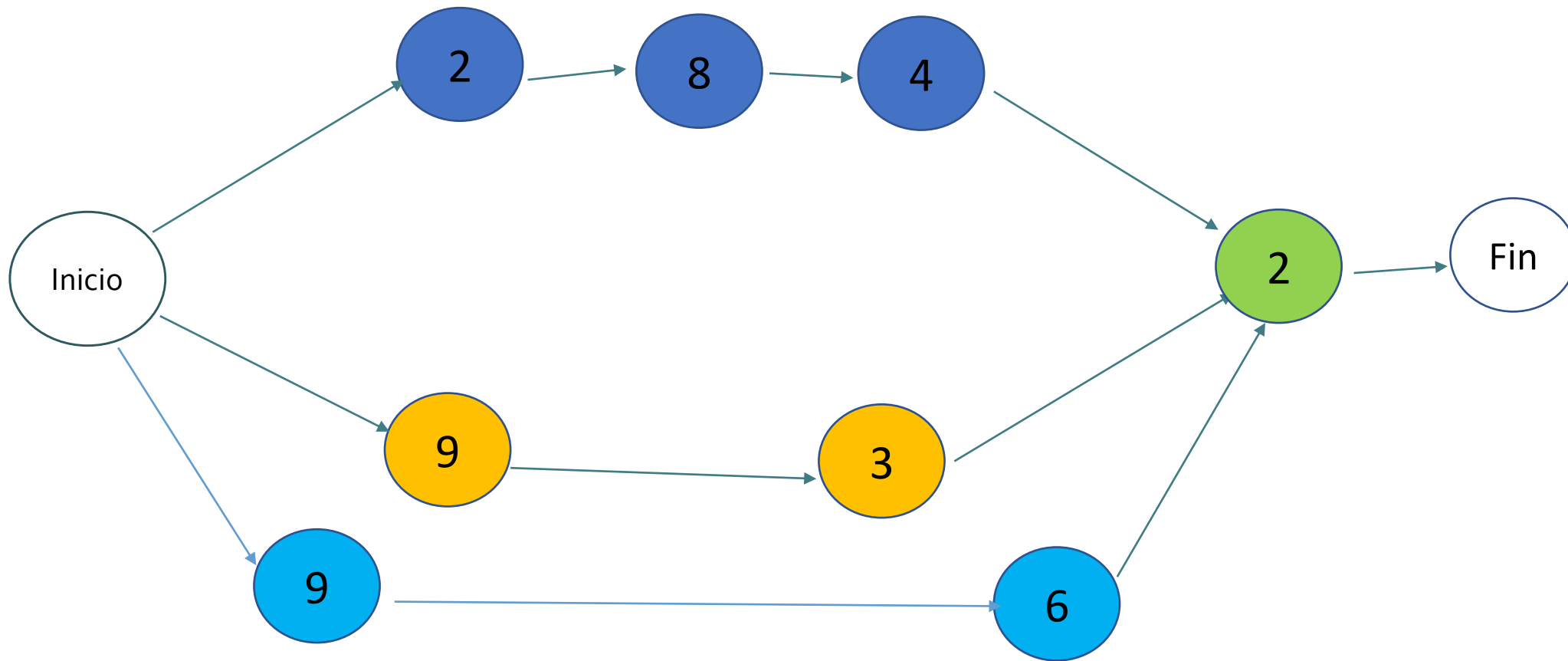
17



# Caminos no críticos



# Caminos no críticos



# Ejercicio

