



# ICS3213 – Gestión de Operaciones

Sección 3

Primer Semestre 2025

Profesor: Rodrigo A. Carrasco

# Avisos

- Hagan una pausa ahora de 5 minutos y contesten el control de la clase del 8 de mayo que está disponible en Canvas en el horario del curso.

# Revisión de la clase pasada

- Hemos estudiado cómo planificar en diferentes contextos.
- De sistemas de producción masiva (MRP) a gestión de proyectos complejos (PERT) tenemos herramientas analíticas para analizar esos casos.
- En todos los contextos que hemos visto en el curso hasta ahora, nos hemos visto enfrentados al efecto de la variabilidad.
- Ahora estudiaremos el efecto de la variabilidad en procesos y gestión; con nuevas herramientas para análisis y gestión.

# Los efectos de la variabilidad

- La lectura complementaria de esta parte son los capítulos 7 y 8 del libro “*Factory Physics*” por W. Hopp y M. Spearman, disponible en Canvas.

# Impacto de Variabilidad

- Esta en todas partes.
  - ¿Cómo lo enfrentamos en gestión de inventarios?
  - ¿Cómo lo enfrentamos en planificación de proyectos?
- ¿Es buena o mala la variabilidad?
- Trabajamos con el promedio – mala idea muchas veces.
- ¿Fuentes de variabilidad?
- Efectos:
  - Ingresos.
  - Costos.

# Variabilidad e Incertidumbre

- ¿Son diferentes?
- La demanda.
- La capacidad de mi sistema productivo.
- Es importante notar la diferencia.
- Tipos de variabilidad en la producción y servicios.

# Importante



¿Por qué sucede esto?  
¿Otros ejemplos?



# Gestión

- ¿Cómo podemos gestionar la variabilidad?





# Variabilidad

- ¿Por qué?

*Porque la capacidad no satisface la demanda.*

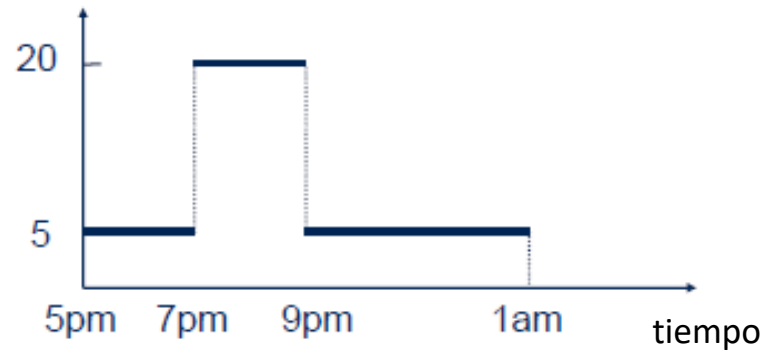
Ejemplo: Sala de Emergencia

- Atiende a una tasa de 10 personas/hora
- Antes de 7pm y después de 9pm, pacientes llegan a una tasa de 5 personas/hora
- Entre las 7pm y 9pm, paciente llegan a tasa de 20 personas por hora

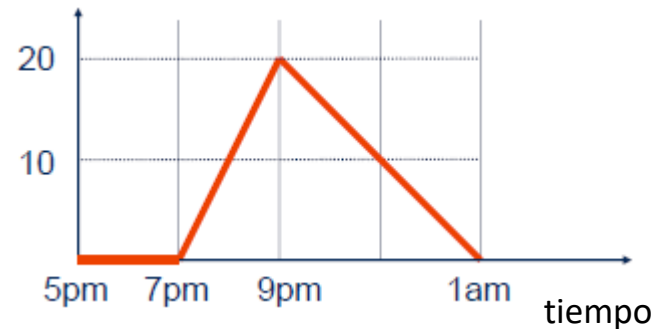
# Variabilidad

- ¿Qué sucede?

Tasa  
llegada



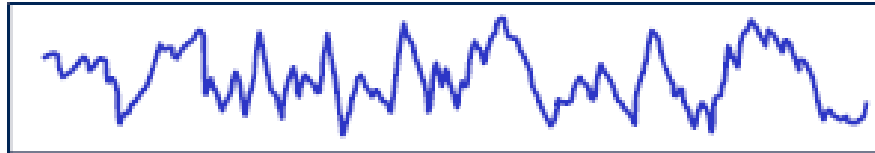
N° pacientes en  
sala espera



- En este tipo de casos, podemos “predecir” que sucederá

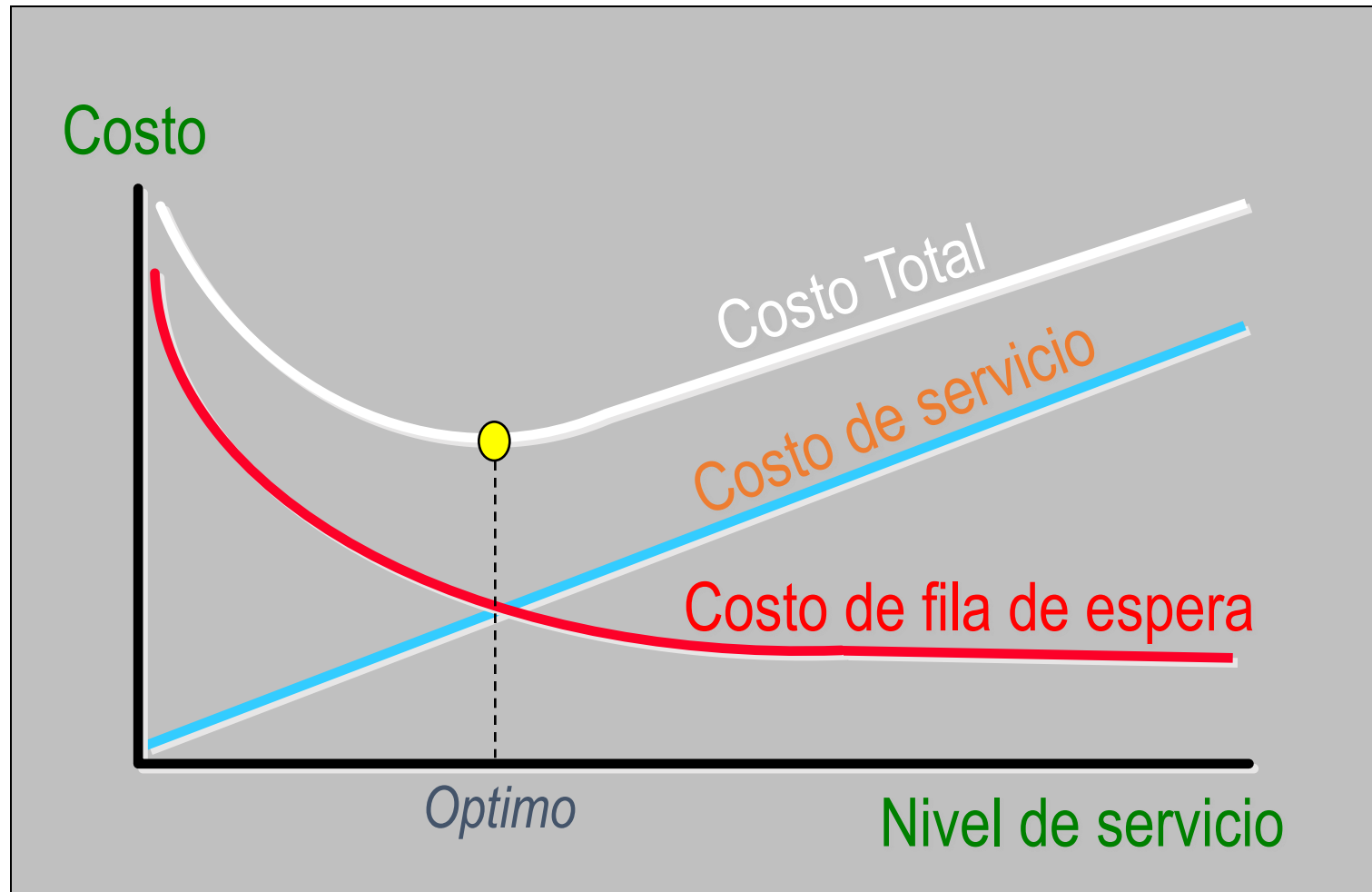
# Variabilidad

- Pero, en otros casos, a pesar de mayor capacidad vemos colas de espera...
- En muchas situaciones, la tasa de llegada no supera la capacidad en el largo plazo y en periodos predecibles, pero si en el corto plazo y por periodos no predecibles.



**VARIABILIDAD**

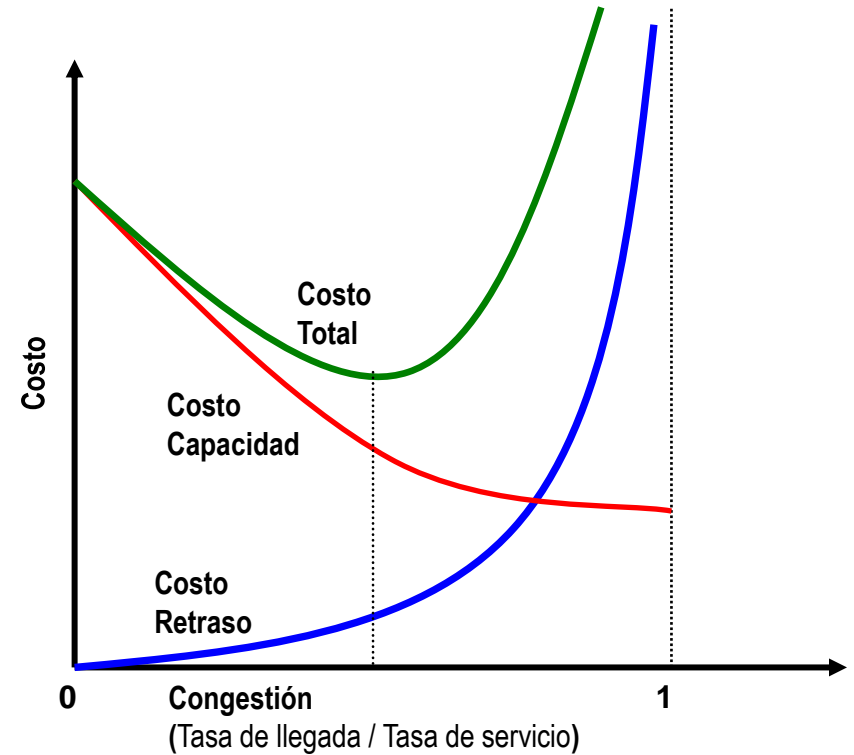
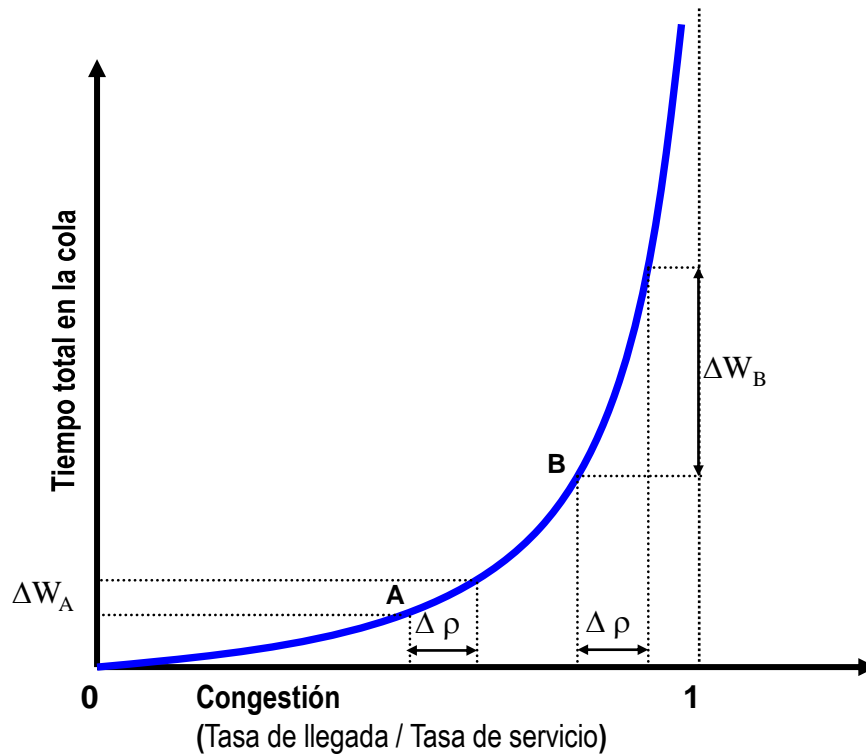
# Costos en líneas de espera



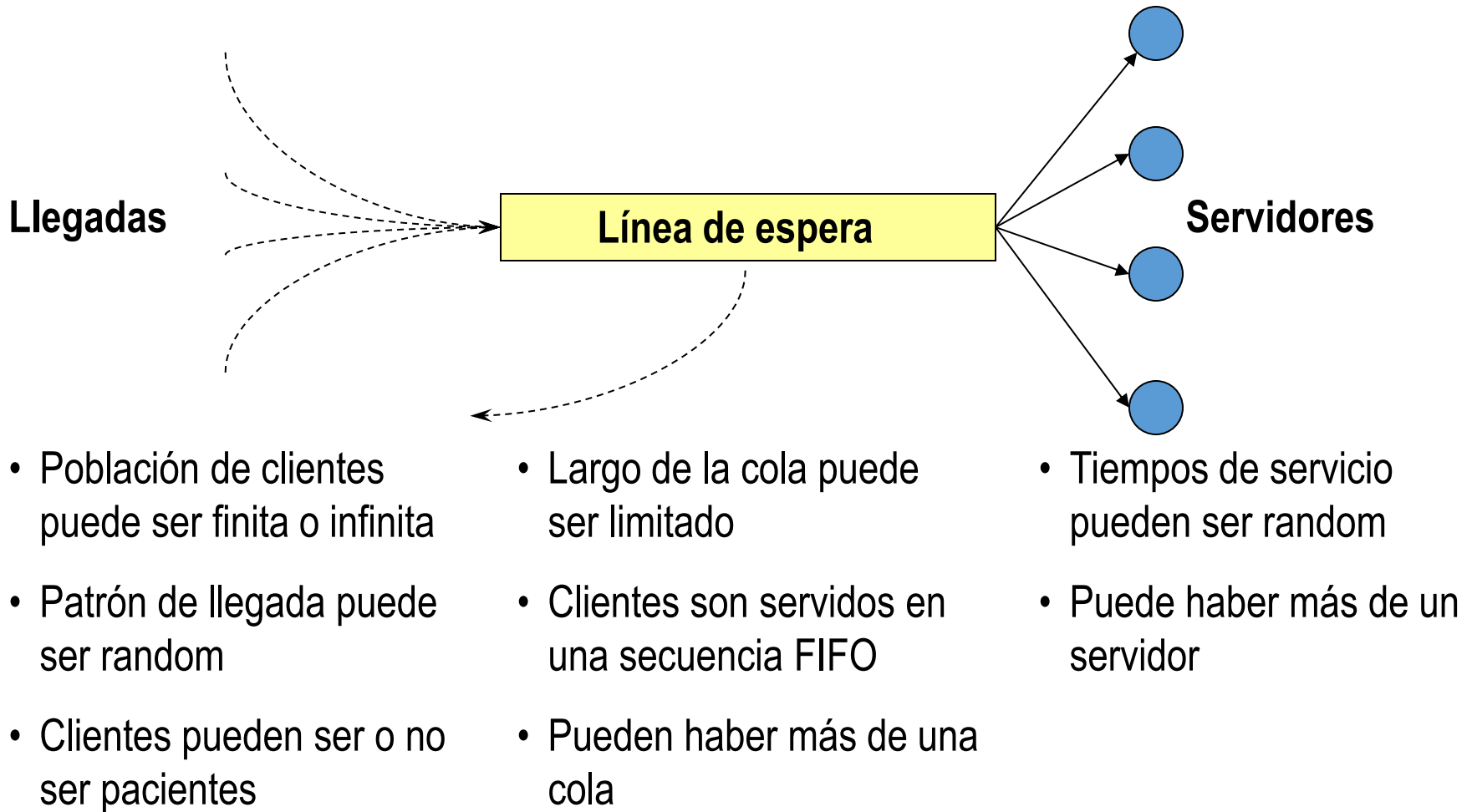
# Más ejemplos

<b>Situación</b>	<b>Llegadas</b>	<b>Servidor</b>	<b>Servicio</b>
Banco	Clientes	Cajero	Depósito, etc.
Hospital	Pacientes	Doctor	Tratamiento
Intersección de tráfico	Autos	Semáforo	Tráfico controlado
Línea de ensamble	Partes	Trabajador	Ensamble

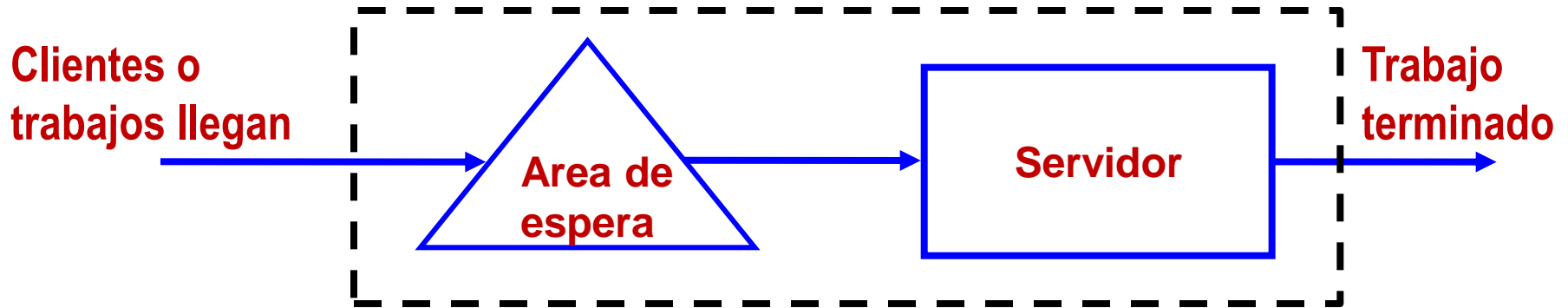
# Manejando la física de las colas



# Características de líneas de espera



# Medidas de desempeño



**Desempeño del sistema = F( Parámetros del sistema )**



$\gamma$  Output/Throughput rate  
 $L$  Nivel inventario / largo cola  
 $W$  Tiempo de espera  
 $C$  Tiempo de ciclo  
 $P_{full}$  Probabilidad de cola llena

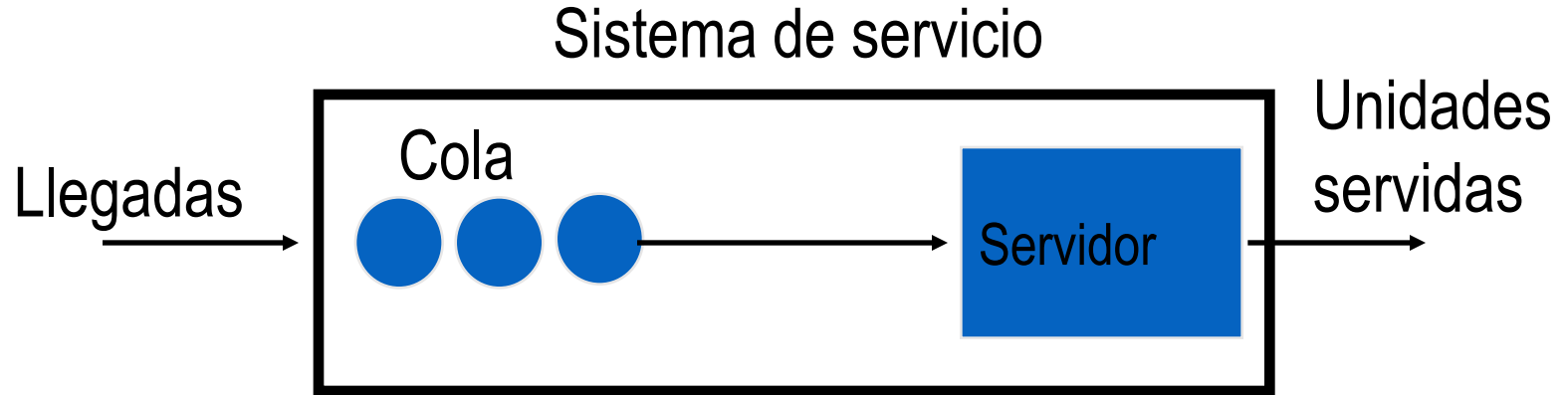


$\lambda$  Tasa de llegada  
 $\mu$  Tasa de servicio  
 $M$  Tiempo de servicio  
 $S$  Número de servidores  
 $R$  Capacidad de la cola (buffer)  
 $\rho$  Utilización de capacidad  
 $K$  Clases de servicio  
 $\pi$  Política de servicio

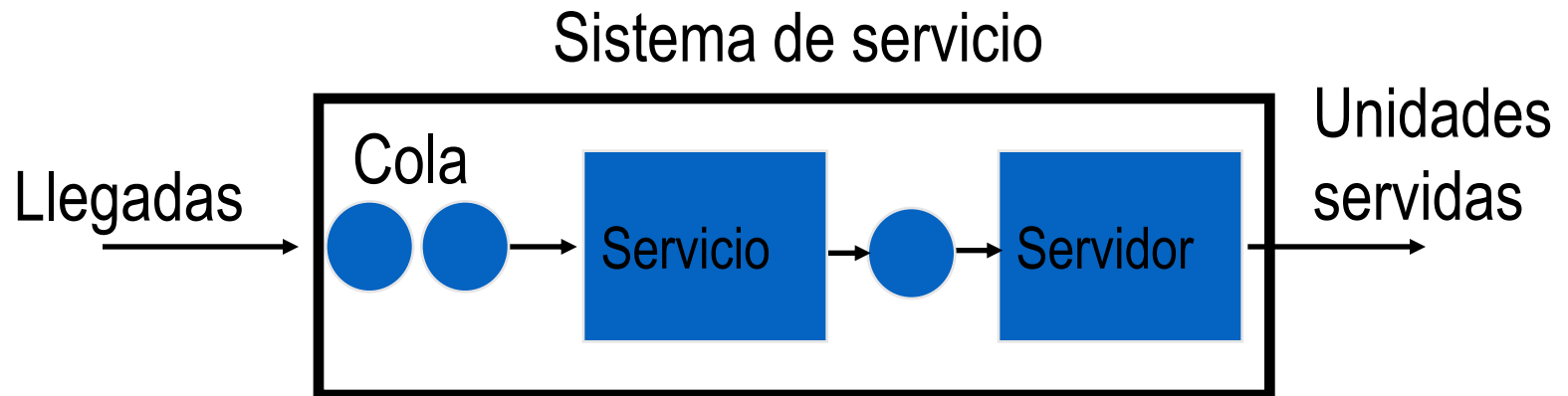


# Tipos de líneas de espera

## Canal Simple – Una fase

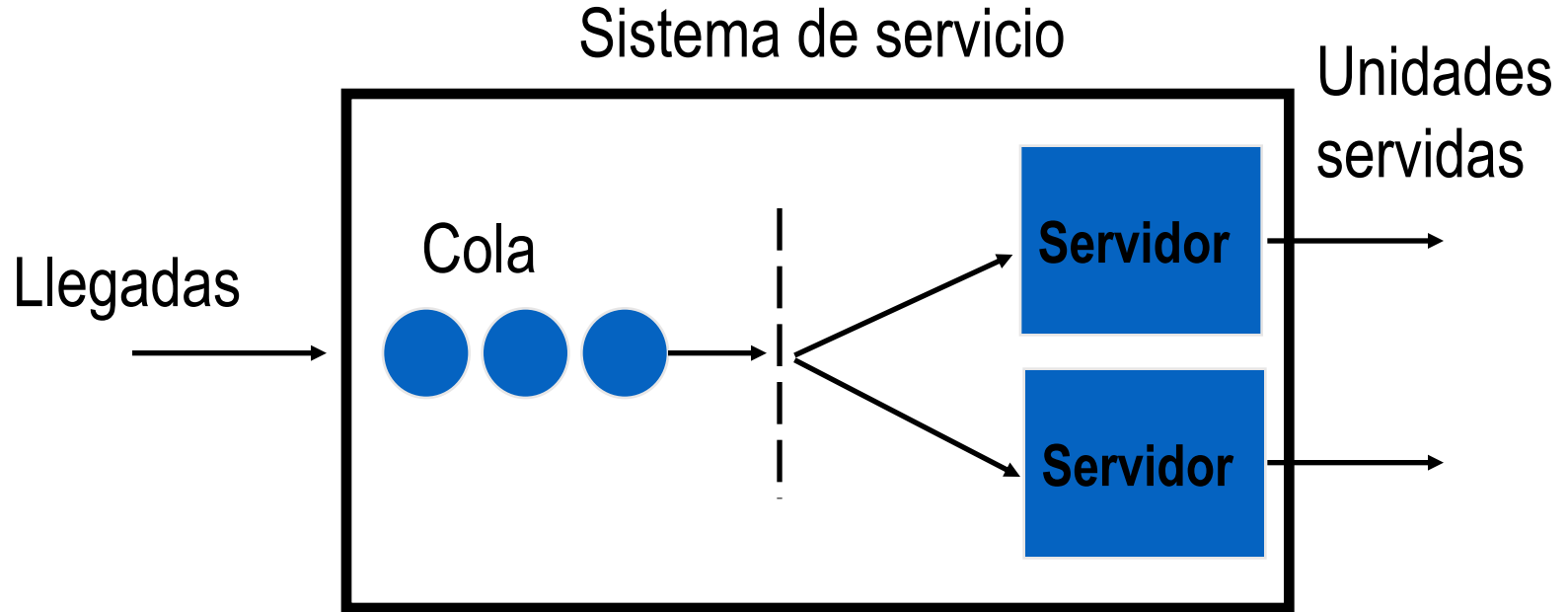


## Canal Simple – Multi-fase



# Tipos de líneas de espera

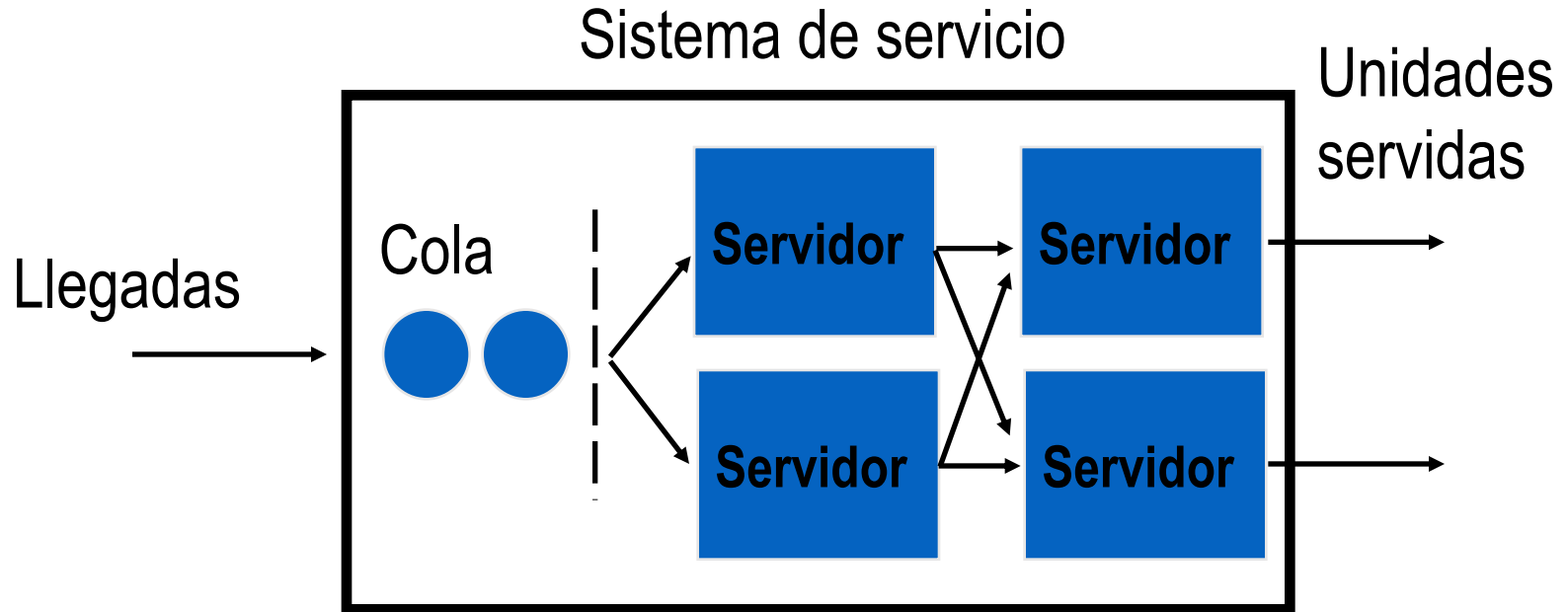
## Multi-servidor – Una fase



Ejemplo: banco, correo, etc.

# Tipos de líneas de espera

## Multi-servidor – Multi-fase

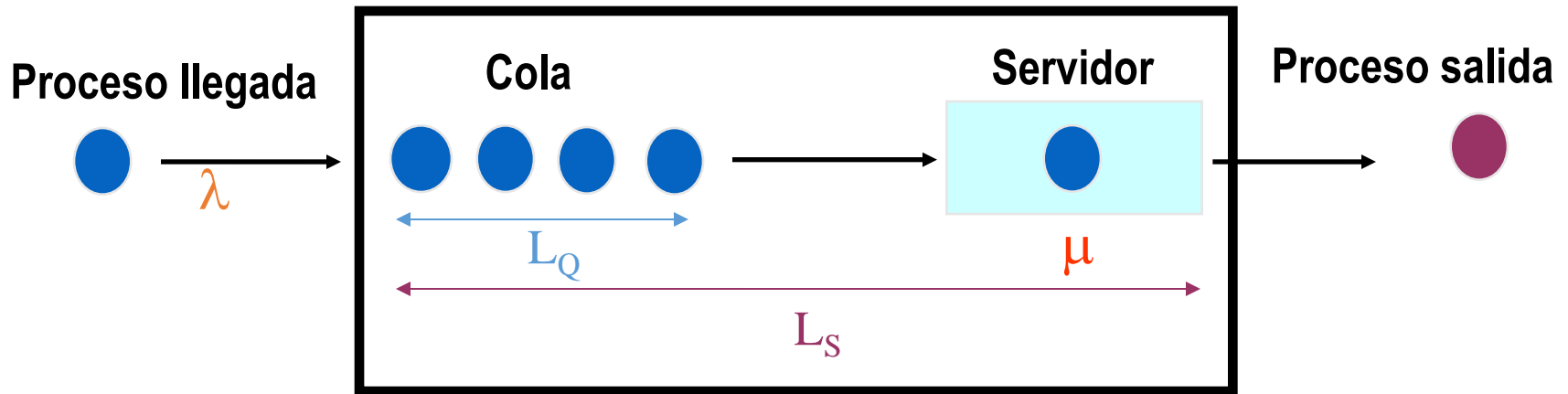


Ejemplo: Lavandería, sistema de producción make-to-order, etc

# Tipos de líneas de espera: ejemplos

	Una fase	Multi-fase
Servidor simple	Peluquero con una silla	Lavado de auto
Multi-servidor	Ventanillas de cajeros bancos	Admisión en hospitales

# Analicemos una cola simple (1 servidor)



## Cantidades importantes:

- Tasa llegada:  $\lambda$  (ej: clientes/hr, paquetes/seg, etc)
- Tasa servicio:  $\mu$  (ej: clientes/hr, etc)
- # unidades en el sistema:  $L_S$
- # unidades en la cola:  $L_Q$
- Tiempo en el sistema:  $W_S$  (Throughput Time)
- Tiempo en la cola:  $W_Q$
- Utilización del servidor:  $\rho$

# Sistema Productivo

- Performance:
  - Tiempo de ciclo de producción o tiempo de flujo. (FT)
  - Work in Progress (WIP)
  - Tasa de producción (throughput).
- ¿Se puede medir el FT y WIP en espera?
- ¿Cuál es el objetivo? Trade-off.