

**CI43A – Análisis de Sistemas de Transporte**  
**Auxiliar n°12**

Profesor: Francisco Martínez C.  
Prof. Auxiliar: Alejandro Tirachini H.  
21 de junio de 2005

**OBJETIVO DE LA SESIÓN**

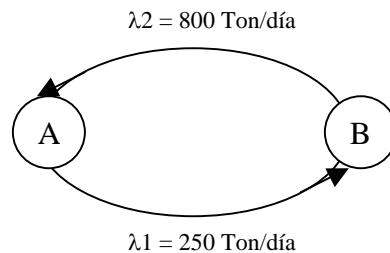
Estudiar mediante aplicaciones los sistemas cíclico simple con carga de retorno y cíclico general, en particular los conceptos de tamaño de flota, tamaño de embarque, capacidad, frecuencia, etc.

**Pregunta 1**

Se requiere movilizar 250 toneladas al día de un bien tipo 1 desde A a B y 800 toneladas al día de un bien tipo 2 desde B hacia A. Los camiones pueden trasladar un máximo de 25 toneladas del bien 1 y un máximo de 20 toneladas del bien 2. El tiempo de viaje (en horas) entre A y B viene dado por la siguiente expresión:

$$tv = 1 + \frac{4 \cdot k}{100}$$

donde k es la carga del vehículo.



Ambos bienes tienen una tasa de carga de  $\mu^+ = 8 \text{ Ton/hr}$  y una tasa de descarga de  $\mu^- = 12 \text{ Ton/hr}$ . El factor de utilización de los camiones es  $\eta = 0.85$ .

a) Calcule el tamaño de flota requerido para alguno de los siguientes esquemas de operación:

- Flota única
- Flota combinada.

En su respuesta especifique claramente que tipo de flota escogió.

b) Si el tiempo de posicionamiento es de 10 minutos al llegar al terminal y 5 minutos al salir, determine el número de sitios necesarios.

## Pregunta 2

Suponga usted que se le ha pedido asesorar a Transantiago para el diseño de uno de los servicios troncales. Dado que el mandante sabe que usted sólo puede trabajar con sistemas determinísticos, le pide trabajar con valores promedio y considerar que los buses viajan a un 70% de la capacidad (de este modo, habrá capacidad de reserva para asimilar la variabilidad de la demanda). Utilizando la información que se entrega a continuación, diga cuántos buses se requerirán en cada una de las alternativas planteadas. Indique en qué casos se requiere paraderos de más de un sitio.

### Antecedentes:

**Tipo de buses:** bus articulado, piso bajo. Capacidad máxima: 160 pasajeros. Esta se reduce en 10 pasajeros si es que es necesario instalar un torniquete al interior del bus.

**Paraderos:** existen dos tipos de paraderos. Los paraderos de alta capacidad, que consideran el cobro de la tarifa en el sitio (previo a la subida del pasajero) operan con un tiempo de subida de 1 segundo por pasajero. Los paraderos tradicionales, en que el pasajero sube al bus, paga con la tarjeta multivía y luego debe pasar por un torniquete, tomando 4 segundos por pasajero. En ambos casos el tiempo necesario para bajar es de 1 segundo por pasajero. La subida y bajada de pasajeros se realiza en forma simultánea, excepto en el paradero ubicado en el punto A, en que el proceso es secuencial.

**Corredor:** longitud total 2 Km, con seis puntos (A→F) de atracción/producción de demanda, cada uno de ellos tiene asociados dos paraderos: uno en la vereda oriente, y otro en la vereda poniente, excepto por los puntos ubicados en los extremos del corredor, en que hay un solo paradero. El tiempo de viaje entre paraderos es constante e igual a cuatro minutos.

**Demanda:** la demanda está dada por la matriz origen destino adjunta

Matriz Origen-Destino de viajes asociada al corredor en periodo más cargado [pax/min]

	A	B	C	D	E	F
A	-	11	19	24	29	60
B	-	-	13	18	23	29
C	5	2	-	13	19	26
D	10	6	3	-	11	18
E	14	9	7	2	-	13
F	21	13	8	6	3	-

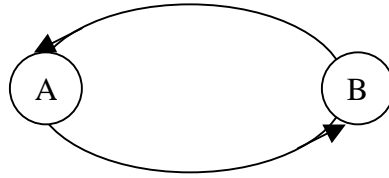
- Alternativa 1:

Se construye paradero de alta capacidad sólo en los 5 paraderos en que se observa una mayor demanda de subida.

- Alternativa 2:

Todos los paraderos se construyen con el sistema paradero de alta capacidad.

### Pauta Pregunta 1



#### Datos:

$$\lambda_1 = 250 \text{ Ton/día}$$

$$\lambda_2 = 800 \text{ Ton/día}$$

$$K_1 = 25 \text{ Ton/veh}$$

$$K_2 = 20 \text{ Ton/veh}$$

$$\mu_A^- = \mu_B^- = 12 \text{ Ton/h}$$

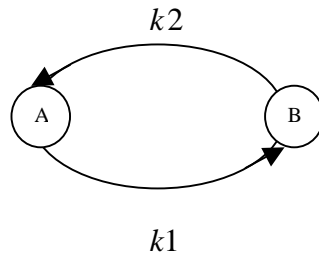
$$\mu_A^+ = \mu_B^+ = 8 \text{ Ton/h}$$

$$\eta = 0.85$$

$$t_v = 1 + \frac{4 \cdot k}{100} \quad (\text{en horas})$$

a) **Calcular el tamaño de flota requerida para operar con**

i) *Flota única*



Frecuencia:

$$f = \text{Max}\left(\frac{\lambda_1}{k_1}, \frac{\lambda_2}{k_2}\right) = \text{Max}(10, 40) = 40 \text{ veh/día} \quad (\text{corresponde a frecuencia 2})$$

$$\Rightarrow k_2 = K_2 = 20 \text{ ton / veh}$$

$$\Rightarrow k_1 = \lambda_1 \cdot \frac{k_2}{\lambda_2} = 250 \cdot \frac{20}{800} = 6,25 \text{ Ton/veh}$$

Tiempos de Ciclo:

$$t_c = k_1 \left( \frac{1}{\mu_1^+} + \frac{1}{\mu_1^-} \right) + t_v(k_1) + k_2 \left( \frac{1}{\mu_2^+} + \frac{1}{\mu_2^-} \right) + t_v(k_2)$$

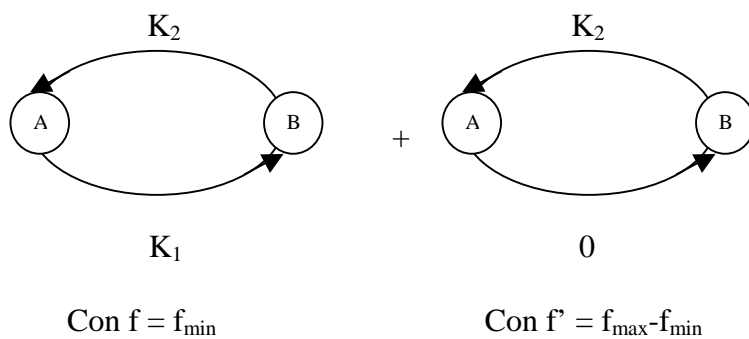
$$t_c = 8.5 \text{ h}$$

Luego:

$$\eta B = f \bullet tc = \frac{40 \text{ veh} / \text{dia}}{24 \text{ h} / \text{dia}} \bullet 8.5 \text{ h} = 14.2$$

$$B = \frac{14.2}{0.85} = 16.7 \rightarrow 17 \text{ veh}$$

ii) *Flotas combinadas*



Frecuencias:

$$f = f_{\min} = \min\left(\frac{\lambda_1}{k_1}, \frac{\lambda_2}{k_2}\right) = \min\left(\frac{250}{25}, \frac{800}{20}\right) = \min(10, 40) = 10 \text{ veh} / \text{ día}$$

$$\Rightarrow f' = \frac{\lambda_2}{k_2} - \frac{\lambda_1}{k_1} = 40 - 10 = 30 \text{ veh} / \text{dia}$$

Tiempos de Ciclo:

Flota 1 (Plena carga)

$$tc = k_1 \left( \frac{1}{\mu_1^+} + \frac{1}{\mu_1^-} \right) + tv(k_1) + k_2 \left( \frac{1}{\mu_2^+} + \frac{1}{\mu_2^-} \right) + tv(k_2)$$

$$tc = 13.2 \text{ h}$$

Flota 2

$$tc' = tv(0) + k_2 \left( \frac{1}{\mu_2^+} + \frac{1}{\mu_2^-} \right) + tv(k_2)$$

$$tc' = 7 \text{ h}$$

Luego:

$$\eta B = f \bullet tc = \frac{10}{24} \bullet 13.2 = 5.5$$

$$B = \frac{5.5}{0.85} = 6.47 \rightarrow 7 \text{ veh}$$

$$\eta B' = f' \bullet tc' = \frac{30}{24} \bullet 7 = 8.75$$

$$B' = \frac{8.75}{0.85} = 10.3 \rightarrow 11 \text{ veh}$$

$$\text{Flota Total} = 7 + 11 = 18 \text{ veh}$$

**b) Calcular el número de sitios requeridos para carga/descarga de ambos productos.**

El número de sitios S debe satisfacer:

$$\eta_c S = f \left[ \frac{k}{\mu} + t_p \right]$$

Flota única

En A:

$$\eta_c S_A = \frac{40}{24} \left[ \frac{20}{12} + \frac{6.25}{8} + \frac{15}{60} \right] = 4.5 \Rightarrow S_A = 5, \eta_c = 0.90$$

En B:

$$\eta_c S_B = \frac{40}{24} \left[ \frac{20}{8} + \frac{6.25}{12} + \frac{15}{60} \right] = 5.45 \Rightarrow S_B = 6, \eta_c = 0.91$$

Flota combinada

En A:

$$\eta_c S_A = \frac{10}{24} \left[ \frac{20}{12} + \frac{25}{8} + \frac{15}{60} \right] + \frac{30}{24} \left[ \frac{20}{12} + \frac{15}{60} \right] = 4.5 \Rightarrow S_A = 5, \eta_c = 0.90$$

En B:

$$\eta_c S_B = \frac{10}{24} \left[ \frac{20}{8} + \frac{25}{12} + \frac{15}{60} \right] + \frac{30}{24} \left[ \frac{20}{8} + \frac{15}{60} \right] = 5.45 \Rightarrow S_B = 6, \eta_c = 0.91$$