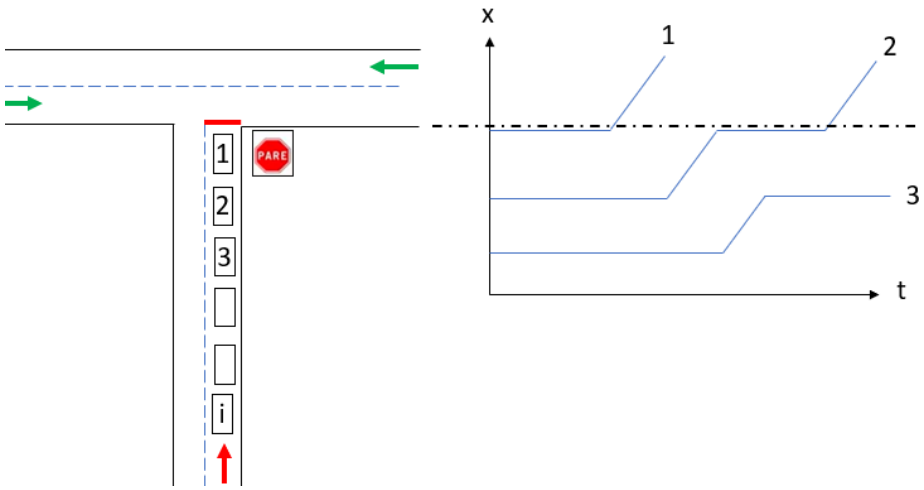
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA
ICT 2223 – Modelos de Tráfico.
Profesor: Juan Carlos Herrera.
Ayudante: Diego Guamán.

Guía de Ejercicios del Capítulo 3

1) En el siguiente diagrama x-t se observan trayectorias de los vehículos de una vía no prioritaria. Indique en el diagrama x-t la demora del vehículo 2 en la línea de parada según el modelo de aceptación de gaps e indique en el diagrama x-t el tiempo de move-up time que debería utilizarse asumiendo que se cumplen los supuestos de homogeneidad y consistencia.



2) En una intersección, el gap crítico para los vehículos del movimiento no prioritario es 9 segundos y el move-up time es 3 segundos. Se observa la siguiente secuencia de ocho gaps en la vía prioritaria: 9, 6, 10, 13, 4, 16, 8 y 18 segundos. A partir de esta información, determine la capacidad del movimiento no prioritario. Además, calcule la demora promedio experimentada en la línea de parada por los vehículos que cruzaron la intersección del movimiento no prioritario. $\left(\boldsymbol{R}: \mathbf{471.4}\frac{\boldsymbol{veh}}{\boldsymbol{h}}; \mathbf{4.09}\frac{\boldsymbol{s}}{\boldsymbol{veh}}\right)$

3) En un cruce prioritario, la vía prioritaria tiene un flujo de $720\frac{veh}{h}$ y el paso de vehículos de esta vía por el cruce sigue un proceso de Poisson. Los vehículos de la vía no prioritaria requieren de al menos 8 segundos para cruzar. El movimiento no prioritario experimenta una demanda constante de $150\frac{veh}{h}$ durante todo el día.

   i. ¿Cuál es la probabilidad de que un vehículo en la vía no prioritaria acepte el siguiente gap de la vía prioritaria?($\boldsymbol{R}: \mathbf{20}\%$)
   ii. ¿Cuál es la capacidad del movimiento no prioritario? $\left(\boldsymbol{R}: \mathbf{145.45}\frac{\boldsymbol{veh}}{\boldsymbol{h}}\right)$
   iii. Suponga que a las 7:00:00 existen 10 vehículos en la cola del movimiento no prioritario y a partir de esta hora y durante 15 minutos el flujo de la vía prioritaria es de $720\frac{veh}{h}$ y el resto del día es de $500\frac{veh}{h}$. Utilizando la teoría de aceptación de gaps y las curvas acumuladas, determine la demora total (demora en cola +demora en la línea de parada) experimentada por los vehículos del movimiento no prioritario. ($\boldsymbol{R}: \mathbf{2.55}\ \boldsymbol{min}$)

4) En una intersección los peatones requieren de 7 segundos para cruzar una determinada vía de dos pistas. El flujo en la pista derecha es de $200\frac{veh}{h}$ y en la izquierda es de $160\frac{veh}{h}$. En ambas pistas el paso de vehículos sigue un proceso de Poisson. Asuma que los peatones cruzarán si y solo si el gap que se genera es suficiente para realizar el cruce y que solo un peatón cruza cada vez que se observa un gap aceptable.

   i. En promedio ¿cuántos vehículos pasan por la vía antes que un peatón pueda cruzar? ($\boldsymbol{R}: \mathbf{1}\ \boldsymbol{veh}$)
   ii. ¿Cuál es la probabilidad de que una persona tenga que esperar 3 gaps antes de cruzar?

5) En una intersección, el movimiento no prioritario debe ceder el paso a dos movimientos prioritarios. La siguiente tabla representa la capacidad observada del movimiento no prioritario (Q_{np}) para distintos flujos de los movimientos prioritarios (q_{p1} y q_{p2}). Se sabe que cuando no hay flujo en los movimientos prioritarios cada 6 segundos puede descargar un vehículo del movimiento no prioritario. Utilizando un modelo lineal, determine Q_{np} si $q_{p1} = 450\frac{veh}{h}$ y $q_{p2} = 0\frac{veh}{h}$. ¿Qué movimiento afecta más al movimiento no prioritario? $\left(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{300\frac{veh}{h}}\right)$

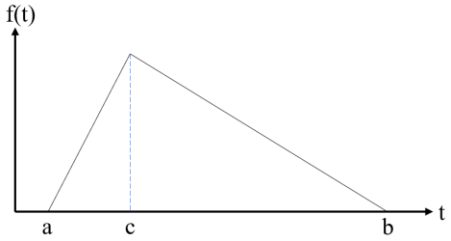
Q_{np}	q_{p1}	q_{p2}
400	200	200
200	300	600

6) Una rampa de salida en una autopista termina en un cruce prioritario, en el cual se debe ceder paso. La demanda de la rampa es de $600\frac{veh}{h}$. Los gaps en la vía prioritaria presentan la siguiente distribución de densidad con t en segundos.

$$f(t) = \begin{cases} \frac{t-1}{40} & 1 \leq t \leq 6 \\ \frac{17-t}{88} & 6 < t \leq 17 \end{cases}$$

Utilizando el modelo de aceptación de Gaps, determine el número esperado de intervalos que un vehículo de la rampa debe esperar para realizar su maniobra en el cruce y la capacidad de la rampa. Asuma un gap crítico de 9 segundos. $\left(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{1.66\ gaps}\ ;\ \boldsymbol{169.2\frac{veh}{h}}\right)$

7) En una intersección la vía no prioritaria acepta gaps mayores o iguales a 6 segundos. Si los tiempos entre vehículos de la vía prioritaria siguen una distribución triangular como la de la siguiente figura con a = 4, b = 12, c = 10, determine:



i. La probabilidad de rechazar un gap. $\left(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{\frac{1}{12}}\right)$
ii. La probabilidad de que un vehículo acepte un gap. $\left(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{\frac{11}{12}}\right)$
iii. La capacidad de la vía no prioritaria. $\left(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{380.8\frac{veh}{h}}\right)$
iv. Si además se conoce que el move-up time es de 2 segundos, determine nuevamente la capacidad de la vía no prioritaria. $\left(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{762.12\frac{veh}{h}}\right)$

8) Se propone el siguiente modelo lineal para explicar la capacidad de un movimiento no prioritario (Q_{np}) en función del flujo en el movimiento prioritario (q_p): $Q_{np} = \alpha + \beta \cdot q_p$. Al recolectar datos se encuentra que cuando el flujo en el movimiento prioritario es $100\frac{veh}{h}$ se forma una cola en el no prioritario que descarga en promedio un vehículo cada 9 segundos, mientras que si el flujo en la prioritaria es $700\frac{veh}{h}$ la cola en el movimiento no prioritario descarga un vehículo cada 18 segundos.

i. De acuerdo con el modelo planteado, determine cuánta capacidad pierde el movimiento no prioritario con un aumento de $30\frac{veh}{h}$ en el flujo prioritario. ¿Cuál es la capacidad máxima que puede tener el movimiento no prioritario según este modelo? $\left(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{433.3\frac{veh}{h}}\right)$
ii. Para un flujo de $400\frac{veh}{h}$ en el movimiento prioritario, determine la capacidad del movimiento no prioritario utilizando el modelo anterior y el modelo de aceptación de gaps (asuma un gap crítico de 12 segundos y que el flujo en la prioritaria sigue un proceso de Poisson). ¿Cómo se comparan estos valores?
iii. Resuelva el inciso ii. pero ahora considere que el move-up time es de 3 segundos.

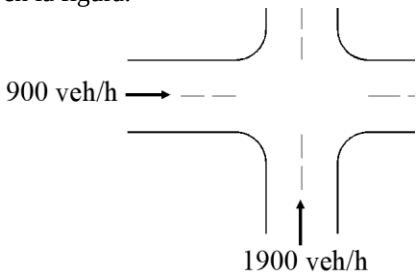
9) Para cierto movimiento, el número de vehículos que descargan durante el verde está dado por:

$$N(t) = \begin{cases} \dfrac{t^2}{27} & 0 \le t < 9 \\ \dfrac{2t}{3} - 3 & 9 \le t < 24 \\ -\dfrac{t^2}{18} + \dfrac{10t}{3} - 35 & 24 \le t \le 30 \end{cases}$$

i. Determine la perdida inicial, ganancia final, verde efectivo, flujo de saturación y la máxima cantidad de vehículos que pueden descargar en un ciclo. $\left(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{4.5\ s, a2 = 3\ s, 22.5\ s, \frac{2}{3}\frac{veh}{s}, 15\ veh}\right)$

ii. Calcule el grado de saturación si el movimiento tiene un flujo de demanda de $450\frac{veh}{h}$ y el largo de ciclo es de 100 s.$(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{0.83})$

10) La intersección de la siguiente figura es usada solo por autos y está regulada por un semáforo que tiene un ciclo de 100 segundos e iguales tiempos de verde efectivo, 45 s para cada acceso. Si el flujo de saturación de cada pista es de $2000\frac{veh}{h}$ y a la intersección convergen los flujos indicados en la figura.



i. Calcule la capacidad de reserva o grado de sobre saturación de la intersección para P=1. $(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{5.7}\%)$

ii. Manteniendo el largo de ciclo constante ¿En cuánto cambia el resultado anterior, si la razón entre el verde efectivo del movimiento que tiene una demanda de $1900\frac{veh}{h}$ y el largo de ciclo incrementa hasta ser igual a 0,6? $(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{26.5}\%)$

11) Un cruce semaforizado tiene tres fases, y en cada una de ellas pasa un movimiento. El grado de saturación y el verde efectivo de cada movimiento se presenta en la siguiente tabla.

Mov	x	Vef (s)
1	0.8	30
2	0.6	25
3	2/3	15

i. Determine el valor para los verdes efectivos de cada fase si se hubiera utilizado el criterio de equisaturación. Además, determine el grado de saturación de cada movimiento. $(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{34\ s, 22\ s, 14s})$

Asumiendo que el tiempo perdido en cada ciclo es 12 segundos:

ii. ¿Cuál es el largo del ciclo? $(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{82s})$

iii. ¿Cuál es el largo de ciclo mínimo que garantiza que todos los movimientos tendrán un grado de saturación menor a uno? $(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{29.5s})$

12) La siguiente tabla presenta algunos datos de la operación de una intersección semafórica de dos fases con un movimiento cada una de ellas. Donde, d_{unif} y d_{aleat} corresponden a la componente uniforme y aleatoria, respectivamente, de la demora promedio por vehículo, y b es la tasa de paradas por vehículo de May.

Mov	$q\left(\frac{veh}{h}\right)$	$s\left(\frac{veh}{h}\right)$	$V_{ef}\ (s)$	b
1	**400**	**2000**	**11**	**0.915**
2	**720**	**1800**	**22**	**0.772**

i. Determine la capacidad de reserva o tasa de sobresaturación que presenta la intersección, si P=0.9. $(\boldsymbol{R}: \boldsymbol{21}\%)$

Para la siguiente parte del ejercicio considere cada escenario por separado.

ii. Suponga que luego de una reforma geométrica de la intersección se incrementó un nuevo movimiento que tendrá derecho a paso en ambas. La demanda para este movimiento es $500\,\frac{veh}{h}$ y el flujo de saturación de ese movimiento es $1500\,\frac{veh}{h}$. Para la nueva operación calcule el grado de saturación del nuevo movimiento considerando que se mantiene el largo de ciclo y reparto de verdes de la parte i. ($\boldsymbol{R}$: $\mathbf{1/3}$)

iii. Suponga que se colocó una parada de buses cerca de la intersección en ambos movimientos teniendo como consecuencia una reducción del 20% en el flujo de saturación en cada movimiento. Calcule la demora total según May considerando que se mantiene el largo de ciclo y reparto de verdes de la parte i. $\left(\mathbf{R}\mathbf{:}\ \mathbf{1.65}\,\frac{\boldsymbol{veh-h}}{\boldsymbol{h}}\right)$

iv. Suponga que el cruce presenta una demanda peatonal de $400\,\frac{peatones}{h}$. Se desea incluir una fase peatonal donde todos los movimientos vehiculares tienen rojo de 6 segundos adicionales al rojo-rojo de cada movimiento. Determine el ciclo que minimiza las demoras para los vehículos en este escenario y para ese largo de ciclo realice el reparto de verde según el criterio de equisaturación para los movimientos vehiculares. ($\boldsymbol{R}$: $\boldsymbol{50s, Vef_1 = 10s, Vef_2 = 20s}$)

13) Un cruce semaforizado presenta cuatro movimientos y tres etapas. Las demandas, flujos de saturación y la etapa en la que cada movimiento tiene derecho a paso se encuentra en la siguiente tabla:

Mov.	$q\ \left(\frac{veh}{h}\right)$	$s\ \left(\frac{veh}{h}\right)$	Etapa
1	180	1800	1
2	900	3600	2
3	700	2000	3
4	760	1900	2 y 3

El tiempo de amarillo es 3 segundos y el de rojo-rojo es de 1 segundo. La pérdida inicial y la ganancia final son iguales.

i. Determine el largo de ciclo que minimiza las demoras en la intersección según Webster (considere F=1) y luego realice el reparto de verdes de acuerdo al criterio de equisaturación. ($\boldsymbol{R}$: $\boldsymbol{80s}$)

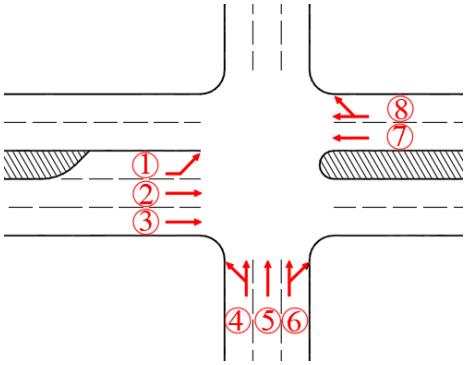
ii. Identifique el movimiento crítico de la intersección y para ese movimiento calcule la demora (según Webster) y la cantidad de paradas (según May). ($\boldsymbol{R}$: $\boldsymbol{mov\ 2, 34.23\ s, 0.93}$)

iii. Debido a la creciente demanda del movimiento 4 se está planificando reorganizar las etapas de la siguiente forma:

Mov.	$q\ \left(\frac{veh}{h}\right)$	$s\ \left(\frac{veh}{h}\right)$	Etapa
1	180	1800	2
2	900	3600	1
3	700	2000	2
4	760	1900	1 y 2

Si se realiza nuevamente lo solicitado en i. ¿Cómo esperaría usted que varie la capacidad de reserva de la intersección y por qué?

14) La siguiente figura presenta una intersección junto con los 7 movimientos que la utilizan, así como algunas de sus características geométricas. Asuma a1=a2=1s para todos los movimientos, un amarillo de 3s y rojo-rojo de 1s.



Los datos para cada movimiento se encuentran en la Tabla 1, donde los flujos de demanda de los autos y buses de transporte público que siguen directo son q_{ad} y q_{bd}, respectivamente y autos y buses de transporte público que viran son q_{av} y q_{bv}, respectivamente. Los datos de la tabla se encuentran en $\frac{veh}{h}$. La tabla también incluye información sobre la operación actual del cruce. Además, en la Tabla 2 se encuentran los factores de equivalencia y el factor de ancho para cada movimiento.

Tabla 1

Mov.	q_{ad}	q_{av}	q_{bd}	q_{bv}	Etapa en que pasa
1	-	400	-	-	1
2	600	-	-	-	1-2
3	-	-	120	-	1-2
4	180	70	-	15	3
5	350	-	50	-	3
6	100	90	20	15	3
7	450	-	-	-	2
8	100	50	20	-	2

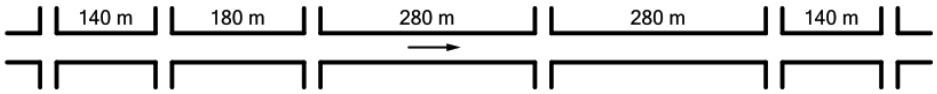
Tabla 2

Mov.	f_{ad}	f_{av}	f_{bd}	f_{bv}	f_{with}
1	-	1.03	-	-	0.98
2	1.0	-	-	-	1.0
3	-	-	1.73	-	1.0
4	1.06	1.14	-	2.32	0.90
5	1.03	-	1.48	-	0.95
6	1.12	1.16	2.06	2.25	1.0
7	1.0	-	-	-	1.0
8	1.08	1.22	2.04	-	1.0

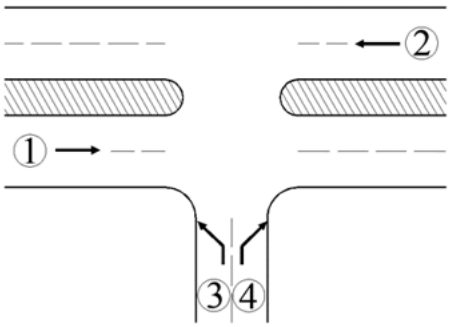
Si el verde efectivo para cada etapa es igual a 30 s y el flujo de saturación base para todos los movimientos es $S_b = 1900\ veh/h$.

i. Calcule el flujo de saturación y el flujo de demanda en veh-equivalente/h para cada movimiento.
ii. Determine el grado de saturación del movimiento 2. ($\boldsymbol{R}: \mathbf{0.5}$)
iii. Determine el movimiento crítico de la intersección si el verde efectivo de cada etapa es de 30 segundos y el entre verde es de 4 s para todas las etapas. ($\boldsymbol{R}: \boldsymbol{mov}\ \mathbf{5}$)

15) En la siguiente figura se muestran 6 intersecciones semaforizadas consecutivas las cuales forman parte de una vía importante en la ciudad. Utilizando un diagrama x-t y considerando que la velocidad de recorrido de los vehículos es de 40 km/h. Determine el desfase que debe existir entre el verde real de cada semáforo respecto al primero si se desea que todos los autos que pasan en el verde del primer semáforo no se detengan en otro semáforo. El primer semáforo tiene un ciclo de 60s repartidos en 27s de verde, 3 de amarillo y 30 de rojo. Considere que el verde real es igual al verde efectivo.



16) Todas las pistas de la siguiente intersección semaforizada tienen un flujo de saturación de $1800\frac{veh}{h}$. El semáforo opera con tres fases, una para cada acceso. El largo de ciclo es de 118 segundos, cada acceso tiene el mismo tiempo de verde efectivo y el entre verde total (L) es de 10 segundos.



Mov.	q(veh/h)
1	700
2	500
3	170
4	150

Compare el rendimiento del acceso sur (movimientos 3 y 4) si, en vez de semáforo, la intersección se regula con una intersección de prioridad, cuya capacidad se puede aproximar por la expresión $Q_{3\,y\,4} = 850 - 0{,}5 \cdot q_1 - 0.25 \cdot q_2$. ¿Cuál de las dos operaciones le parece más adecuada? Justifique.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA
ICT 2223 – Modelos de Tráfico.
Profesor: Juan Carlos Herrera.
Ayudante: Diego Guamán.

Ejercicios Resueltos del Capítulo 3

8) Se propone el siguiente modelo lineal para explicar la capacidad de un movimiento no prioritario (Q_{np}) en función del flujo en el movimiento prioritario (q_p): $Q_{np} = \alpha + \beta \cdot q_p$. Al recolectar datos se encuentra que cuando el flujo en el movimiento prioritario es $100\frac{veh}{h}$ se forma una cola en el no prioritario que descarga en promedio un vehículo cada 9 segundos, mientras que si el flujo en la prioritaria es $700\frac{veh}{h}$ la cola en el movimiento no prioritario descarga un vehículo cada 18 segundos.

El modelo es lineal:

$$Q_{np} = \alpha + \beta \cdot q_p$$

Para encontrar los parámetros α y β reemplazamos en el modelo los valores conocidos:

$$\frac{3600}{9\,s} = \alpha + \beta \cdot 100$$

$$\frac{3600}{18\,s} = \alpha + \beta \cdot 700$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$\alpha = 433.33\,;\ \beta = -\frac{1}{3}$$

i. De acuerdo con el modelo planteado, determine cuánta capacidad pierde el movimiento no prioritario con un aumento de $30\frac{veh}{h}$ en el flujo prioritario. ¿Cuál es la capacidad máxima que puede tener el movimiento no prioritario según este modelo? $\left(R\text{: }433.3\frac{veh}{h}\right)$

β indica cuanta capacidad pierde el movimiento no prioritario con un aumento de un vehículo en el movimiento prioritario, por tanto:

$$El\ mov.no\ prioritario\ pierde\ 30 * \beta = 10\frac{veh}{h}\ de\ capacidad$$

$$En\ este\ modelo\ \alpha\ indica\ cual\ es\ la\ capacidad\ máxima\ de\ la\ vía\ no\ prioritaria$$

ii. Para un flujo de $400\frac{veh}{h}$ en el movimiento prioritario, determine la capacidad del movimiento no prioritario utilizando el modelo anterior y el modelo de aceptación de gaps (asuma un gap crítico de 12 segundos y que el flujo en la prioritaria sigue un proceso de Poisson). ¿Cómo se comparan estos valores?

Modelo lineal:

$$Q_{np} = 433.33 - \frac{1}{3} \cdot 400 = 300\frac{veh}{h}$$

Modelo de aceptación de gaps:

Si el flujo en la prioritaria sigue un proceso Poisson entonces los gaps distribuyen exponencial, por tanto, la distribución de gaps tiene una función de densidad igual a:

$$\lambda = 400\frac{veh}{h} = \frac{1}{9}\frac{veh}{s}$$

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{9}e^{-\frac{1}{9}t} & t > 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

Y una función de distribución acumulada igual a:

$$F(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{1}{9}t} & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

Donde, F(t) es igual a la probabilidad de que el siguiente gap sea menor a t P(gap<t).
Un gap es rechazado si es menor a 12 s por tanto calculamos la probabilidad de rechazar un gap como:

$$1 - P = P(gap < 12) = 1 - e^{-\frac{1}{9}12} = 0.736$$

La probabilidad de aceptar un gap es:

$$P = 0.264$$

La cantidad de gaps rechazados hasta aceptar el siguiente es:

$$\bar{m} = \frac{1-P}{P} = \frac{0.736}{0.264} = 0.456$$

La capacidad de la vía no prioritaria es:

$$Q_{np} = \frac{q_p}{\bar{m}+1} = \frac{400}{0.456+1} = 274.7\frac{veh}{h}$$

La capacidad obtenida con ambos métodos es semejante y como era de esperar el segundo método subestima la capacidad ya que asume que solo pasa un vehículo en cada gap que es aceptado.

iii. Resuelva el inciso ii. pero ahora considere que el move-up time es de 3 segundos.

La cantidad esperada de vehículos que pasan en cada gap se calcula mediante:

$$n = \sum_{0}^{\infty} i \cdot P_i$$

$$n = 0 * P(gap < T) + 1 * [(P(T < gap < T + M)] + 2 * [P(T + M < gap < T + 2M)] + \ \dots + i * [1 - P(gap < T + (M * (i-1))]$$

$$n = 0 * P(gap < 12) + 1 * [(P(12 < gap < 15)] + 2 * [P(15 < gap < 18)] + \ \dots + i * [1 - P(gap < 12 + (3 * (i-1))]$$

$$\mathrm{n} = 0 * \left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{1}{9}*12}\right) + 1 * \left[\left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{1}{9}*15}\right) - \left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{1}{9}*12}\right)\right] + 2 * \left[\left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{1}{9}*18}\right) - \left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{1}{9}*15}\right)\right] + \cdots$$

Esta ecuación puede evaluar el paso de tanto i vehículos por gap como se desee. Si se desea evaluar por ejemplo hasta i=6, entonces el ultimo termino será:

$$+ \cdots + 6 * \left(1 - \left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{1}{9}*27}\right)\right)$$

Mientras más términos se incluyan, es decir, cuantos más valores de i se incluyan, el resultado es más exacto. Con i=6

$$n = 0.804\frac{veh}{gap}$$

La capacidad de la vía no prioritaria es:

$$Q_{np} = 400\frac{gaps}{h} * 0.804 = \ 321.6\frac{veh}{h}$$

13) Un cruce semaforizado presenta cuatro movimientos y tres etapas. Las demandas, flujos de saturación y la etapa en la que cada movimiento tiene derecho a paso se encuentra en la siguiente tabla:

Mov.	$q\left(\frac{veh}{h}\right)$	$s\left(\frac{veh}{h}\right)$	Etapa
1	180	1800	1
2	900	3600	2
3	700	2000	3
4	760	1900	2 y 3

El tiempo de amarillo es 3 segundos y el de rojo-rojo es de 1 segundo. La pérdida inicial y la ganancia final son iguales.

i. Determine el largo de ciclo que minimiza las demoras en la intersección según Webster (considere F=1) y luego realice el reparto de verdes de acuerdo al criterio de equisaturación. ($\boldsymbol{R}$: $\boldsymbol{80s}$)

Primero vamos a calcular el factor de carga de cada movimiento para saber que movimiento es el más cargado de cada etapa. El factor de carga de los movimientos, como el cuatro, que tienen derecho a paso en dos etapas debe ser dividido entre dos.

Mov.	$q\left(\frac{veh}{h}\right)$	$s\left(\frac{veh}{h}\right)$	$y\left(\frac{veh}{h}\right)$	Etapa
1	180	1800	0.1	1
2	900	3600	0.25	2
3	700	2000	0.35	3
4	760	1900	0.2	2 y 3

Los movimientos más cargados son: de la etapa 1 es el movimiento 1, de la etapa 2 es el movimiento 2, de la etapa 3 es el movimiento 3. La suma de los factores de carga más cargados de cada movimiento es:

$$Y = 0.1 + 0.25 + 0.35 = 0.7$$

Adicionalmente necesitamos conocer el total de tiempo perdido en un ciclo (L).

$$L = \sum EV_{ef,i} = 3 * (Amarillo - a_2 + a_1 + Todo\ rojo) = 12\ s$$

Para calcular el tiempo de ciclo que minimiza las demoras utilizamos la siguiente ecuación:

$$C = \frac{2 * F * L}{1 - Y}$$

Donde, F normalmente es semejante a 1.

$$C = \frac{2 * 12}{1 - 0.7} = 80\ s$$

El reparto por equisaturación se obtiene repartiendo los $C - L$ segundos de forma proporcional al factor de carga.

$$V_{ef1} = \frac{y_1}{Y}(C - L) = \frac{0.1}{0.7}(80 - 12) = 9.71 = 10\ s$$

$$V_{ef2} = \frac{0.25}{0.7}(68) = 24.28 = 24\ s$$

$$V_{ef3} = \frac{0.35}{0.7}(68) = 34\ s$$

ii. Identifique el movimiento crítico de la intersección y para ese movimiento calcule la demora (según Webster) y la cantidad de paradas (según May). ($\boldsymbol{R}$: $\boldsymbol{mov\ 2, 34.23\ s, 0.93}$)

El movimiento crítico es el movimiento dos. Todos deberían tener el mismo grado de saturación, pero el movimiento 2 perdió tiempo cuando redondeamos al segundo.

$$x_2 = \frac{900}{\frac{24}{80} * 3600} = 0.83$$

Demora según Webster:

$$d_i = 0.9\left(\frac{C(1-\lambda_2)^2}{2(1-y_2)} + \frac{x_2}{2*q_2*(1-x_2)}\right) = 0.9*\left(\frac{80(1-0.3)^2}{2(1-0.25)} + \frac{0.83^2}{2*0.25*(1-0.83)}\right) = 34.23\ s$$

Paradas según May:

$$b_2 = \frac{1-\lambda_2}{1-y_2} = \frac{1-\frac{24}{80}}{1-0.25} = 0.93$$

iii. Debido a la creciente demanda del movimiento 4 se está planificando reorganizar las etapas de la siguiente forma:

Mov.	$q\ \left(\frac{veh}{h}\right)$	$s\ \left(\frac{veh}{h}\right)$	Etapa
1	180	1800	2
2	900	3600	1
3	700	2000	2
4	760	1900	1 y 2

Si se realiza nuevamente lo solicitado en i. ¿Cómo esperaría usted que varie la capacidad de reserva de la intersección y por qué?

Esperaría que aumente la capacidad de reserva de la intersección ya que se elimina una etapa por tanto se pierde menos tiempo en el entre verde.

$$C = \frac{2*8}{1-0.6} = 40\ s$$

$$V_{ef1} = \frac{0.25}{0.6}(40-8) = 9.71 = 13.33\ s = 13\ s$$

$$V_{ef2} = \frac{0.35}{0.6}(32) = 24.28 = 18.66\ s = 19\ s$$

El movimiento con mayor grado de saturación es el movimiento 2 correspondiente a la etapa 1 con x_2=0.77 por tanto se comprueba la hipótesis.