



EL7025/EL761/CI6308

Control Inteligente para Problemas Dinámicos de Transporte

Cristián Cortés, Doris Sáez*

Departamento de Ingeniería Civil - Transporte

*Departamento de Ingeniería Eléctrica

Universidad de Chile

2011

Control actuado de ocho fases

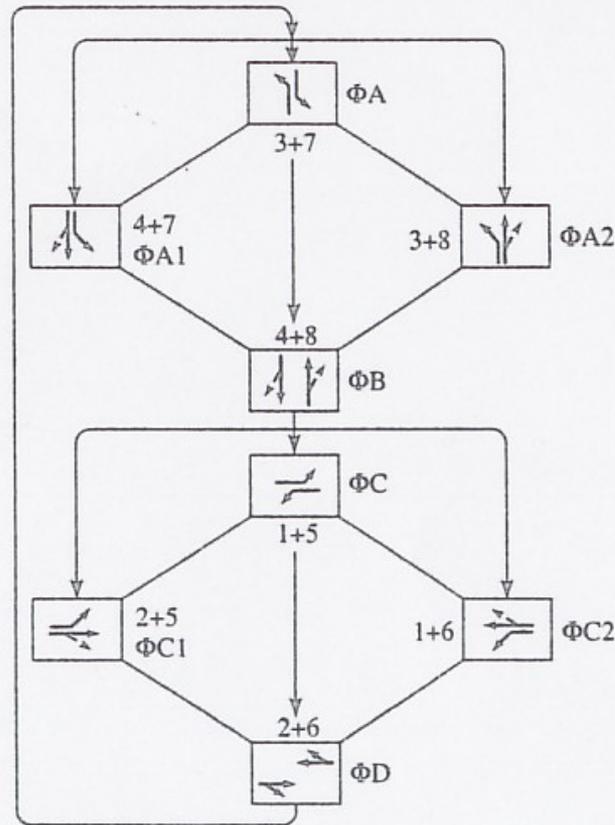
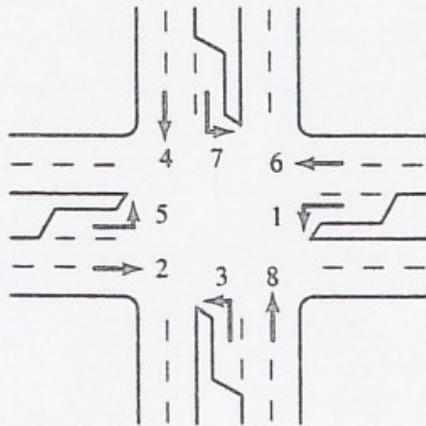


Figure 17-5 An eight-phase, actuated phase plan (with NEMA numbering) illustrated.

Ejemplo 1: Control semi-actuado

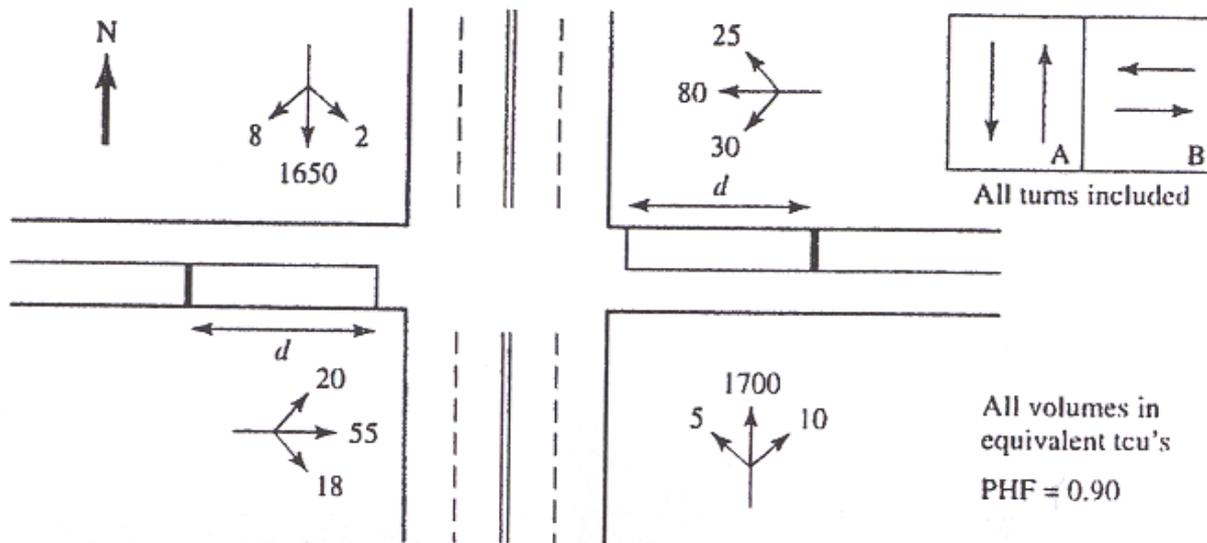


Figure 19-5 A semi-actuated signal example.

Ubicación de detector y verde mínimo

- ◆ Velocidades de aproximación: 25 mph en calle local, 40 mph calle principal
- ◆ Volúmenes en tcu (through car units)
- ◆ Detector no puede estar a más de 40 ft de línea de detención (requerimientos de la calzada)
- ◆ Para la vía secundaria por condiciones de visibilidad, asumir $l_1 = 4.0$
- ◆ Menor que distancia recomendada de 80 ft según siguiente tabla (12 segundos de verde mínimo),

Table 19-1 Recommended Detector Locations and Timing Parameters

Approach Speed		Detector Set-Back (To front of loop)		Minimum Green	Passage Time
mph	kph	ft	m	sec	sec
15	24	40	12	8.0	3.0
20	32	60	18	10.0	3.0
25	40	80	24	12.0	3.0
30	48	100	30	14.0	3.5
35	56	135	41	18.0	3.5
40	64	170	52	22.0	3.5
45+	72+	Volume-density or multiple detectors recommended.			

Note: Volume-density could be considered at speeds of 35 mph (56 kph) or above.

[Used with permission of Institute of Transportation Engineers, from *Traffic Detector Handbook*, 2nd Ed., JHK & Associates, p. 67 and 69 Copyright © Institute of Transportation Engineers.]

Ubicación de detector y verde mínimo

- ◆ Localización óptima de detector estimada para verde mínimo deseado de 8 segundos (asuma $l_1 = 4.0$):

$$G_{\min} = 8.0 = 4.0 + 2 \cdot \text{Int} \left(\frac{d}{20} \right) \Rightarrow \begin{array}{l} d \text{ puede ser ubicado entre} \\ 40 \text{ y } 59.9 \text{ fts de la} \\ \text{intersección} \end{array}$$

- ◆ Detector se ubica finalmente a 40 ft en ambos accesos secundarios, por restricciones físicas del problema, de donde obtenemos el G_{\min} deseado de 8 segs

Unit extension: Tiempo de travesía y gap permitido

$$U \geq P = \frac{40}{1.47 \cdot 25} = 1.088 \text{ sec}$$

- ◆ Resulta ser muy pequeño para un gap permisible (imposible que dos vehículos viajen tan cerca)
- ◆ Para 25 mph, Unit extension de 3.0 segs es seguro y será establecido (Tabla anterior)

Amarillo y rojo-rojo: repaso pretimed signals

$$y = t + \frac{1.47 \cdot S_{85}}{2a + 64.4 \cdot 0.01 \cdot G}$$

- y : largo intervalo amarillo
- t : reacción conductor (sec)
- S_{85} : 85% percentil velocidad de aproximación de vehículos o límite de velocidad en mph
- a : tasa de deceleración fps^2
- G : pendiente de aproximación en %
- 64.4: 2 veces aceleración de gravedad (de 32.2 fps^2)

Ejemplo estudiado

$$y_{local} = 1.0 + \frac{30 \times 1.47}{(2)(10)} = 3.2 \text{ sec}$$

$$y_{principal} = 1.0 + \frac{45 \times 1.47}{(2)(10)} = 4.3 \text{ sec}$$

¿cómo calculo intervalos rojo-rojo?

Repaso pretimed timing: rojo-rojo

- ◆ Sin peatones $ar = \frac{w + L}{1.47 \cdot S_{15}}$
- ◆ Baja probabilidad de cruce de peatones

$$ar = \max \left(\frac{w + L}{1.47 \cdot S_{15}}, \frac{P}{1.47 \cdot S_{15}} \right)$$

- ◆ Alto flujo de peatones $ar = \frac{P + L}{1.47 \cdot S_{15}}$

Repaso pretimed timing: rojo-rojo

donde:

w: distancia desde línea de detención hasta el lado más lejano de la pista más lejana con tráfico conflictivo (fts)

P: distancia desde línea de detención hasta el lado más lejano del más lejano movimiento de peatones conflictivo (fts)

L: largo de vehículo estándar (usualmente 20 ft)

S_{15} : 15% percentil de velocidad de vehiculos aproximándose mph

Repaso pretimed timing: rojo-rojo

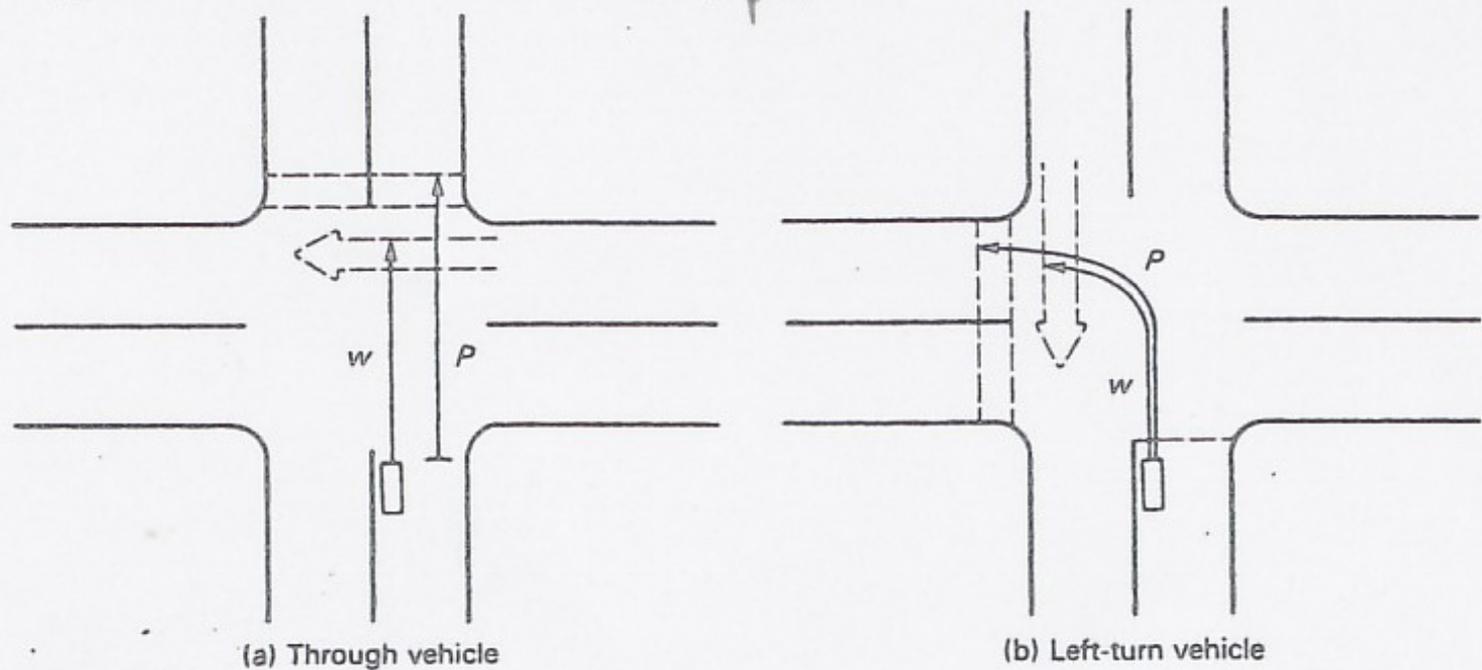


Figure 17-11 Illustration of dimensions for all-red clearance interval.

Caso en estudio

Pocos peatones presentes: $ar = \frac{w + L}{1.47 \cdot S_{15}}$

$$ar_{local} = \frac{40 + 20}{20 \times 1.47} = 2.3 \text{ sec}$$

$$ar_{principal} = \frac{24 + 20}{35 \times 1.47} = 0.9 \text{ sec}$$

Pérdida total durante un ciclo

$$t_L = \sum_i t_{Li} \quad l_{2i} = Y_i - e_i$$

$$t_{Li} = l_{1i} + l_{2i} \quad Y_i = y_i + ar_i$$

- t_L : pérdida total en el ciclo s/ciclo
- t_{Li} : pérdida total fase i (seg)
- l_{1i} : pérdida en la partida fase i (seg), default 2.0 segs
- l_{2i} : tiempo de clearance fase i (seg)
- e_i : ganancia adicional por efecto de traslape (seg), default 2.0 segs
- Y_i : suma de amarillo y rojo-rojo fase i (segs)
- y_i : intervalo de amarillo fase i (segs)
- ari : intervalo rojo-rojo fase i (segs)

$$t_L = 3.2 + 2.3 + 4.3 + 0.9 = 10.7$$

Tiempo de verde máximo

- ◆ Sincronización de semáforo aislado con repartos preestablecidos
- ◆ Tiempo de ciclo óptimo (ciclo inicial):

$$C = \frac{t_L}{1 - \frac{V_c}{1615PHF \left(\frac{v}{c} \right)}}$$

C: tiempo de ciclo (sec)

V_c: suma de volúmenes críticos por pista en tcu

PHF: factor hora peak

v/c: ratio v/c deseado para el largo de ciclo

Repaso pretimed signal timing

- ◆ Se usa flujo de saturación $0.85 * 1900 = 1615$ vph-pista (headway de saturación $3600 / 1615 = 2.23$ sec)
- ◆ The peak hour factor (PHF) is the hourly volume during the maximum-volume hour of the day divided by the peak 15-minute flow rate within the peak hour; a measure of traffic demand fluctuations within the peak hour.
- ◆ (v/c) deseado: nivel de servicio deseado (para semáforos actuados, este valor se mantiene alto con el fin de utilizar mejor la intersección)

Repaso pretimed signal timing

Table 17-3 Through Car Equivalents
for Left-Turning Vehicles, E_{LT}

Opposing Flow V_o (vph)	Number of Opposing Lanes, N_o		
	1	2	3
0	1.1	1.1	1.1
200	2.5	2.0	1.8
400	5.0	3.0	2.5
600	10.0*	5.0	4.0
800	13.0*	8.0	6.0
1000	15.0*	13.0*	10.0*
≥ 1200	15.0*	15.0*	15.0*

E_{LT} (protected left turns) = 1.05

*May indicate the LT capacity is only available through "sneakers" turning at the end of the cycle.

Repaso pretimed signal timing

Table 17-4 Through Car Equivalents for Right-Turning Vehicles, E_{RT}

Number of Conflicting Pedestrians (peds/hr)	Equivalent
None (0)	1.18
Low (50)	1.21
Moderate (200)	1.32
High (400)	1.52
Extreme (800)	2.13

Repaso pretimed signal timing: resumen método

- Considere movimientos protegidos para virajes izquierda y derecha basándose en ciertos criterios
- Convertir movimientos de viraje en tcu (tablas anteriores)
- Establecer diseño de fases razonable basado en experiencia y criterios varios
- Usando ecuación anterior determinar tiempo de ciclo para v/c y PHF deseados
- Repartir verdes efectivos disponibles en proporción a los volúmenes críticos por pista en tcu para cada fase, es decir:

$$g_j = (C - t_L) \frac{V_{cj}}{V_c}$$

Ejemplo estudiado:

- ◆ Fase A: volumen NB $(5+1700+10)/2 = 858$ tcu/hr-pista
volumen SB $(8+1650+2)/2=830$ tcu/hr-pista (crítico NB)
- ◆ Fase B: volumen EB $(20+55+18)/2 = 93$ tcu/hr-pista
volumen WB $(25+80+30)/2=135$ tcu/hr-pista (crítico WB)
- ◆ $V_c=858 + 135 = 993$ tcu/hr

$$C = \frac{10.7}{993} = 38.09 \text{ sec}$$
$$1 - \frac{1615(0.90)(0.95)}{1615(0.90)(0.95)}$$

Ciclo óptimo como si la intersección fuera con semaforización pre-establecida.

Ejemplo estudiado:

$$g_B = (38.09 - 10.7) \frac{135}{993} = 3.72 \text{ sec}$$

- ◆ Menor que verde mínimo de 8 secs, no razonable para establecer verde máximo
- ◆ Esto pasa porque calles locales tienen volúmenes muy bajos, y pretimed no siempre sirve
- ◆ Verde máximo: buen juicio (conocimiento de distribución de patrones de demanda durante periodo peak)

Ejemplo estudiado: verde mínimo para vía principal

- ♦ Vía principal no actuada: de todas formas se establece verde mínimo, para que vía local no capture demasiado verde incluso de corto tiempo. Proporcional a volúmenes críticos

$$\frac{g_{Amin}}{V_{cA}} = \frac{g_{Bmin}}{V_{cB}}$$

$$g_{Bmin} = g_{Amin} \frac{V_{cA}}{V_{cB}} = 8 \frac{858}{135} = 50.9 \approx 51 \text{ sec}$$

Largo de ciclo crítico

$$C_c = \sum_i G_i + Y_i$$

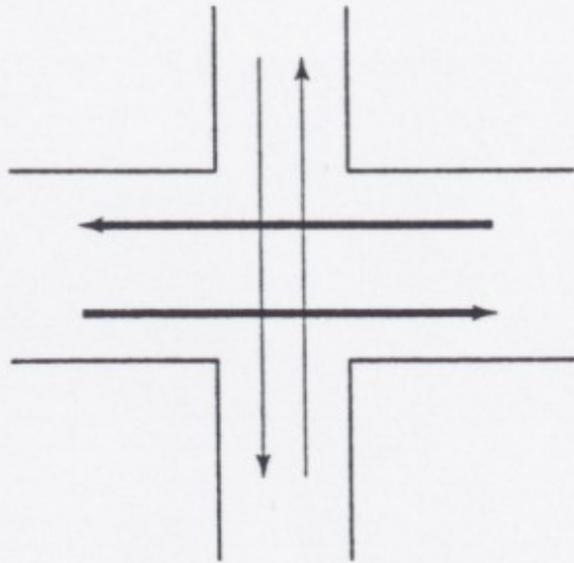
- ◆ Para entregar flexibilidad al controlador para que pueda operar en una modalidad ciclo a ciclo, los tiempos de verde que se establecen como máximos con el método anterior se multiplican por un factor de 1.25 a 1.50
- ◆ Tiempo de ciclo crítico responde a tiempos de verde máximos reales G_i previamente amplificados, o tiempo de verde mínimo real en vía principal

Requerimientos para peatones

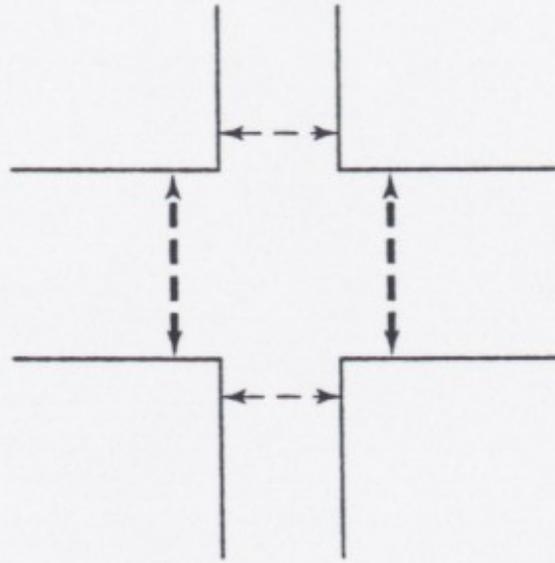
$$G_p = 3.2 + \frac{D_x}{S_p} + 0.27 \cdot N_{ped}$$

- ◆ G_p = tiempo mínimo para que peatones crucen tranquilamente (segs)
- ◆ D_x : distancia de cruce (fts)
- ◆ S_p : 15% percentil de velocidad de caminata (fps), default 4.0 ft/seg.
- ◆ N_{peds} : número promedio de peatones cruzando la calle, en un crosswalk por ciclo, segs

Requerimientos para peatones



Vehicular requirements



Pedestrian requirements

Figure 17-14 Vehicular vs. pedestrian signal requirements.

Requerimientos para peatones

Para proveer curce seguro:

$$G_p \leq G + Y$$

- ◆ G_p = tiempo mínimo para que peatones crucen tranquilamente (sec)
- ◆ G : intervalo de verde para vehículos
- ◆ Y : amarillo + rojo-rojo para vehículos (sec)

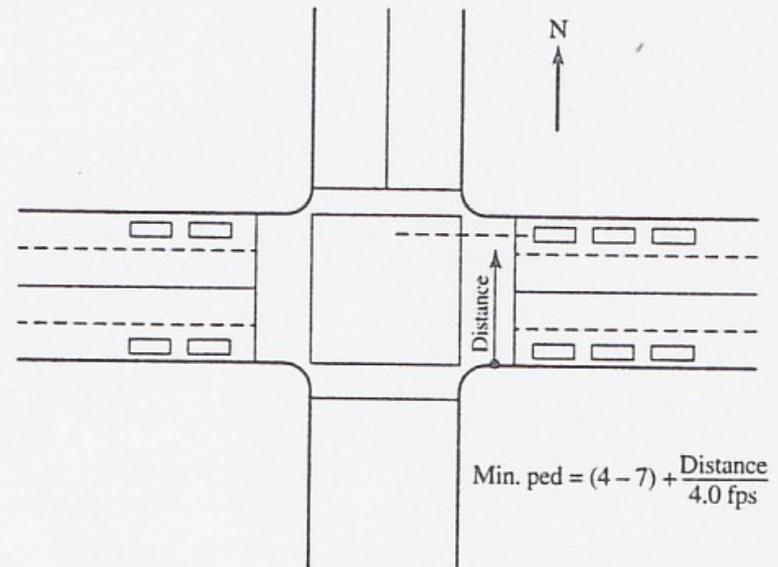
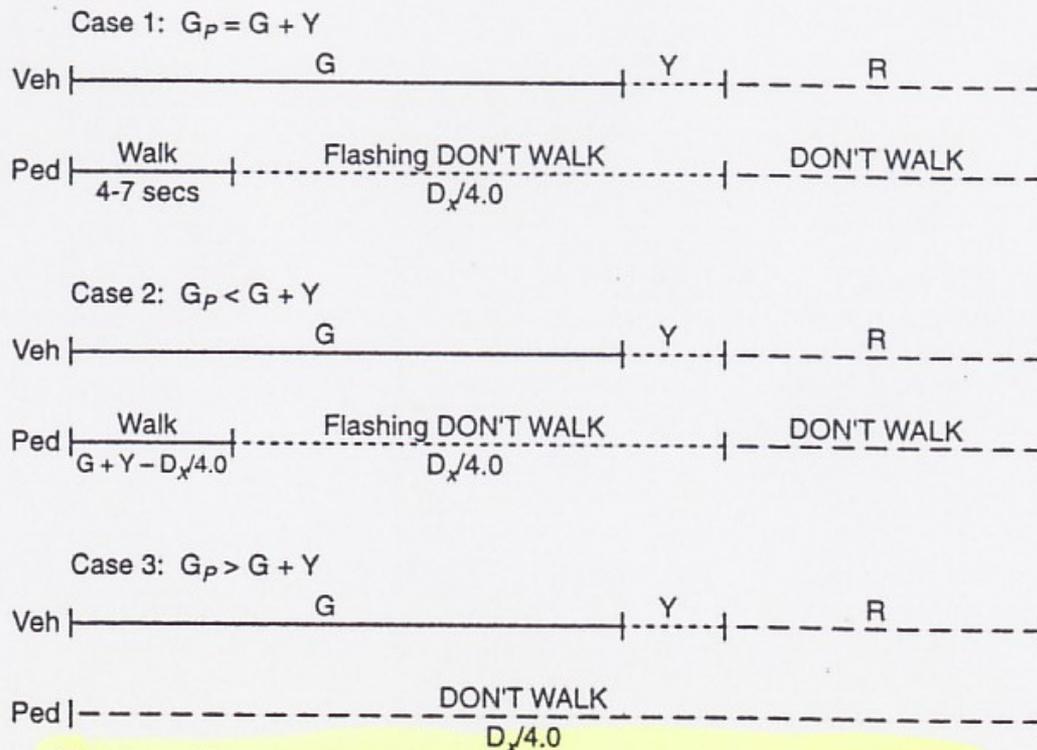


Figure 17-13 Crossing distance illustrated.

Requerimientos para peatones

Relación entre reparto vehicular y de peatones (fig 17-15)



Must provide pedestrian push-button. When actuated, next green phase conforms to Case 1, above.

Figure 17-15 Relationship between vehicular and pedestrian timing.

Caso en estudio

$$G_{p,principal} = (4) + \frac{18}{4} = 8.5 \text{ sec}$$

$$G_{p,local} = (4) + \frac{42}{4} = 14.50 \text{ sec}$$

- 8.5 es considerablemente menor a $58 + 4.3 + 0.75$ (no se requiere botonera para cruzar calle local).
- 14.50 es mayor a $8 + 3.2 + 2.3$ (13.5), se requiere botonera para cruzar arteria principal
- En ambos casos se requiere WALK-DON'T WALK señales