



Programación de Semáforos

Método Secuencial de programación, Akcelik

- El enfoque tradicional está basado en la minimización de las demoras de los vehículos de los movimientos críticos (Webster, 1958). Así, el tiempo de ciclo óptimo viene dado por:

$$C_o = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y} \text{ (seg)}$$

- Existen algunas objeciones al criterio:
 - No considera demoras de usuarios, sólo de vehículos (incorporar tasas de ocupación)
 - Segregar corrientes con alta ocupación y otorgarles prioridad
 - Consumo de combustible
 - Número de detenciones y accidentes
- Como respuesta a estas objeciones, Akcelik propone:

$$C_o = \frac{(1,4 + k) \cdot L + 6}{1 - Y} \text{ (seg)}$$

k=0 : minimizar demoras

k=0,2 : minimizar demoras y combustible

k=0,4 : minimizar combustible



- **Diseño de Fases:**
 - Conjunto de movimientos no conflictivos que tienen derecho de paso simultáneamente.
- **Diseño de Entreverdes:**
 - Determinación de tiempos de amarillo, todo rojo y verdes mínimos para cada fase
- **Determinación del tiempo de ciclo:**
 - Ciclo mínimo, máximo y óptimo de la secuencia completa de fases.
- **Determinación de Repartos:**
 - Definición de los tiempos de verde a cada fase.



Ingeniería de Tránsito – CI53G

Programación de Semáforos

Método Simultáneo de Allsop, 1971

- Aborda el problema de determinar ciclo y repartos de un semáforo aislado usando programación lineal.
 - j : movimiento j de n movimientos
 - q_j : flujo
 - S_j : flujo de saturación
 - μ_j : razón de verde efectivo
 - X_{pj} : grado de saturación práctico
 - i : fase i de m fases
 - C : tiempo de ciclo
 - w_i = razón de verde efectivo
 - l_i : tiempo perdido
 - V_{emi} : verde efectivo mínimo
 - $A = (a_{ij})$ = matriz fase(i) – movimiento(j)
 - $a_{ij} = 1$ si movimiento j tiene verde en fase i ; 0 si no.



- Restricciones que deben cumplirse:
 - Máximo tiempo de ciclo: $C \leq C_o \Rightarrow W_o \geq K_o$ (1)
 - Verdes mínimos : $V_{ei} \geq V_{emi} \Rightarrow W_i \geq K_i W_o$ (2)
 - Máximo grado de saturación: $q_j \leq Q_{pj} \Rightarrow \mu_j \geq b_j$ (3)
 - Consistencia entre verdes efectivos y tiempo de ciclo: $\sum W_i = 1$ (4)
- Normalmente son datos C_o, a_{ij}, L, b_j . Luego, las incógnitas del problema son: C y W_i .
- Funciones Objetivos posibles:
 - Minimizar demora total de la intersección
 - Maximizar capacidad de la intersección



- Minimización de demoras (aproximación de Webster):

$$d_j = 0,9 \left[\frac{c(1 - m_j)^2}{2(1 - x_j m_j)} + \frac{x_j^2}{2q_j(1 - x_j)} \right]$$

expresión que supone:

- llegadas aleatorias (semáforo aislado)
- período de verde de cada movimiento es un bloque continuo dentro del ciclo
- Función Objetivo:

$$\text{Mín} \sum_{j=1}^n p_j \cdot q_j \cdot d_j$$

Ponderador arbitrario

- tráfico
- tasa de ocupación
- pesos especiales

s.a.: restricciones 1,2,3, 4 y no negatividad



Ingeniería de Tránsito – CI53G

Programación de Semáforos

Representación de Semáforos Peatonales

DIAGRAMA DE TIEMPOS



VP: Verde Peatonal ≥ 5 s.

VI: Verde Intermitente ≥ 3 s.

RP: Rojo Peatonal (s)

C : tiempo de ciclo (s)

W : ancho cruce (m)

V_p : velocidad de cruce (m/s)

V: verde movimiento vehículos simultáneos

$$VP = \begin{cases} V - 0,9 \frac{W}{V_p} & \text{compartida} \\ f(q_p, S_p) & \text{exclusiva} \\ 5s & \text{exclusiva} \end{cases}$$



DIAGRAMA DE TIEMPOS

