

---

---

# Índice

## 1. Conjuntos y Parámetros

$E$	=	Conjunto de escuelas
$N_e$	=	Conjunto de usuarios (alumnos, estudiantes) que asisten a la escuela $e$ . $\forall e \in E$
$U$	=	Conjunto de usuarios ( $U = \bigcup_{e \in E} N_e$ )
$N$	=	Conjunto de nodos ( $N = U \cup E \cup \{0, n+k+1\}$ ). Si $n$ es el número de estudiantes o usuarios y $k$ el número de escuelas, entonces $U = \{1, 2, \dots, n\}$ , $E = \{n+1, n+2, \dots, n+k\}$ y $N = \{0, 1, \dots, n, n+1, \dots, n+k, n+k+1\}$
$Q$	=	Es la capacidad del furgón escolar
$0$	=	Es el nodo origen ficticio
$n+k+1$	=	Es el nodo destino ficticio
$S_j$	=	Tiempo de servicio en el nodo $j$
$TE_e$	=	Tiempo de entrada de los alumnos a la escuela $e$
$d_j$	=	Demanda de usuarios en el nodo $j$

## 2. Variables de decisión

$x_{ij}$	=	$\begin{cases} 1 & \text{Si el furgón viaja del nodo } i \text{ al nodo } j \\ 0 & \text{Si no} \end{cases}$
$t_j$	=	Tiempo en que el furgón escolar llega al nodo $j$
$r_j$	=	Número de usuarios que están en el furgón escolar cuando éste abandona el nodo $j$

## 3. Modelo

$$\text{Min } Z = \sum_{j \in E} t_j \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in U} x_{0j} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=0: i \neq j}^{n+k} x_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{i=1: i \neq j}^{n+k} x_{ij} = 1 \quad \forall j = n+1, \dots, n+k \quad (4)$$

$$\sum_{i=n+1}^{n+k} x_{i, n+k+1} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{j=1: i \neq j}^{n+k} x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{j=1: i \neq j}^{n+k+1} x_{ij} = 1 \quad \forall i = n+1, \dots, n+k \quad (7)$$

$$t_j \geq t_i + (T_{ij} + S_j)x_{ij} + M(x_{ij} - 1) \quad \forall i = 1, \dots, n+k; j = 1, \dots, n+k : i \neq j \quad (8)$$

$$r_j \geq r_i + d_j x_{ij} + Q(x_{ij} - 1) \quad \forall i = 1, \dots, n+k; j = 1, \dots, n : i \neq j \quad (9)$$

---

---


$$r_j \geq r_i - d_j x_{ij} + Q(x_{ij} - 1) \quad \forall i = 1, \dots, n+k; j = n+1, \dots, n+k : i \neq j \quad (10)$$

$$TE_e \leq t_e \quad \forall e \in E \quad (11)$$

$$r_e \leq Q \quad \forall e \in E \quad (12)$$

$$r_0 = 0 \quad (13)$$

$$t_i \leq t_e \quad \forall e \in E, i \in N_e \quad (14)$$

$$x_{0h}, x_{ij}, x_{e,n+k+1} \quad \forall i, j \in \{1, \dots, n+k\} : i \neq j; h = 1, \dots, n; e \in E \quad (15)$$

$$t_i, r_i \geq 0 \quad \forall i = 0, \dots, n+k \quad (16)$$