Notación estándar Kendall-Lee

$$(a/b/c) : (d/e/f)$$

donde:

$a =$ Distribución de tiempos entre llegadas
$b =$ Distribución de tiempos entre salidas (tiempo de servicio)
$c =$ Número de servidores
$d =$ Disciplina de la cola
$e =$ Número máximo permitido en el sistema (finito o infinito)
$f =$ Tamaño de la fuente solicitante (finita o infinita)

La notación estándar para representar las distribuciones de las llegadas y salidas (símbolos a y b) es:

$M =$ Distribución markoviana (o de Poisson) de llegadas y salidas
(equivalentemente, distribución exponencial del tiempo entre llegadas y de servicio)
$D =$ Tiempo constante (determinístico)
$E_k =$ Distribución Erlang o gama del tiempo
(equivalententemente, la suma de distribuciones exponenciales independientes)
$GI =$ Distribución general (genérica) del tiempo de llegadas
$G =$ Distribución general (genérica) del tiempo de servicio

La notación estándar para la disciplina en colas (símbolo d) incluye:

$FCFS =$ Primero en llegar, primero en ser servido
(first in, first served)
$LCFS =$ Último en llegar, primero en ser servido
(last in, first served)
$SIRO =$ Servicio en orden aleatorio
(service in random order)
$GD =$ Disciplina general (cualquier tipo de disciplina)
(general discipline)

Terminología

Estado del sistema = número de clientes en el sistema.
Longitud de la cola = número de clientes que esperan servicio.
= estado del sistema − número de clientes a quienes se les da el servicio.
$N(t) =$ número de clientes en el sistema de colas en el tiempo $t (t \geq 0)$.
$P_n(t) =$ probabilidad de que exactamente n clientes estén en el sistema en el tiempo t, dado el número en el tiempo 0.
$s =$ número de servidores (canales de servicio en paralelo) en el sistema de colas.
$\lambda_n =$ tasa media de llegadas (número esperado de llegadas por unidad de tiempo) de nuevos clientes cuando hay n clientes en el sistema.
$\mu_n =$ tasa media de servicio en todo el sistema (número esperado de clientes que completan su servicio por unidad de tiempo) cuando hay n clientes en el sistema.

$\lambda =$ cuando λ_n es constante para toda n.
$\mu =$ cuando la tasa media de servicio por servidor ocupado es constante para toda $n \geq 1$.
$\rho = \dfrac{\lambda}{(s\mu)}$ es el factor de utilización de la instalación de servicio
(fracción esperada de tiempo que los servidores individuales están ocupados).

Condición de estado estable

P_n = probabilidad de que haya exactamente n clientes en el sistema.

$L_s(L)$ = número esperado de clientes en el sistema = $\sum_{n=0}^{\infty} nP_n$

L_q = longitud esperada de la cola (excluye los clientes que están en servicio) = $\sum_{n=s}^{\infty} (n-s)P_n$

$W_s(W)$ = tiempo de espera en el sistema (incluye tiempo de servicio) para cada cliente.
$W_s = E(W_s)$

W_q = tiempo de espera en la cola (excluye tiempo de servicio) para cada cliente.
$W_q = E(W_q)$

Nombre del modelo	Fórmulas
Nacimiento puro	$p_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!}, n = 0, 1, 2, \ldots$
Muerte pura	$p_0(t) = 1 - \sum_{n-1}^{N} p_n(t)$ $p_n(t) = \frac{(\mu t)^{N-n} e^{-\mu t}}{(N-n)!}, n = 1, 2, \ldots, N$
Colas general de Poisson	$p_0 = \sum_{n=0}^{\infty} p_n = 1$ $p_n = \left(\frac{\lambda_{n-1}\lambda_{n-2}\cdots\lambda_0}{\mu_n\mu_{n-1}\cdots\mu_1}\right) p_0, n = 1, 2, \ldots$
(M/M/1):(GD/∞/∞)	$\lambda_{efec} = \lambda$ $\lambda_{perdida} = 0$ $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $p_0 = 1 - \rho, \rho < 1$ $p_n = (1-\rho)\rho^n, n = 1, 2, \ldots (\rho < 1)$ $L_s = \frac{\rho}{1-\rho}$ $W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $W_q = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)}$ $L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho}$ $\bar{c} = L_s - L_q = \rho$
(M/M/1):(GD/N/∞)	$\lambda_n = \begin{cases} \lambda, n = 0, 1, \ldots, N-1 \\ 0, n = N, N+1 \end{cases}$ $\mu_n = \mu, n = 0, 1, \ldots$ $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $p_0 = \begin{cases} \frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}}, \rho \neq 1 \\ \frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}}, \rho = 1 \end{cases}$ $p_n = \begin{cases} \frac{(1-\rho)\rho^n}{1-\rho^{N+1}}, \rho \neq 1 \\ \frac{(1-\rho)\rho^n}{1-\rho^{N+1}}, \rho = 1 \end{cases}, n = 0, 1, \ldots, N$ $\lambda_{perdida} = \lambda p_N$ $\lambda_{efec} = \lambda - \lambda_{perdida} = \lambda(1 - p_N)$ $L_s = \frac{\rho[1-(N+1)\rho^N + N\rho^{N+1}]}{(1-\rho)(1-\rho^{N+1})}, \rho \neq 1$ $L_s = \frac{N}{2}, \rho = 1$ $W_s = \frac{L_s}{\lambda_{efec}}$ $W_q = W_s - \frac{1}{\mu}$ $L_q = L_s - \frac{\lambda_{efec}}{\mu}$ $\bar{c} = L_s - L_q$
(M/M/c):(GD/∞/∞)	$\lambda_n = \lambda, n \geq 0$ $\mu_n = \begin{cases} n\mu, n < c \\ c\mu, n \geq c \end{cases}$ $\lambda_{efec} = \lambda$ $p_0 = \left\lbrace \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!}\left(\frac{1}{1-\frac{\rho}{c}}\right) \right\rbrace^{-1}, \frac{\rho}{c} < 1$ $p_n = \begin{cases} \frac{\rho^n}{n!} p_0, n < c \\ \frac{\rho^n}{c! c^{n-c}} p_0, n \geq c \end{cases}$ $L_q = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} p_0$ $L_s = L_q + \rho$ $W_s = \frac{L_s}{\lambda}$ $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$ $\bar{c} = L_s - L_q$
(M/M/c):(GD/N/∞), $c \leq N$	$\lambda_n = \begin{cases} \lambda, 0 \leq n \leq N \\ 0, n > N \end{cases}$ $\mu_n = \begin{cases} n\mu, 0 \leq n < c \\ c\mu, c \leq n \leq N \end{cases}$ $p_0 = \begin{cases} \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c\left(1-(\frac{\rho}{c})^{N-c+1}\right)}{c!\left(1-\frac{\rho}{c}\right)}\right)^{-1}, \frac{\rho}{c} \neq 1 \\ \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!}(N-c+1)\right)^{-1}, \frac{\rho}{c} = 1 \end{cases}$ $p_n = \begin{cases} \frac{\rho^n}{n!} p_0, 0 \leq n < c \\ \frac{\rho^n}{c! c^{n-c}} p_0, c \leq n \leq N \end{cases}$ $L_q = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} \left\lbrace 1 - \left(\frac{\rho}{c}\right)^{N-c+1} - (N-c+1)\left(1-\frac{\rho}{c}\right)\left(\frac{\rho}{c}\right)^{N-c} \right\rbrace p_0, \frac{\rho}{c} \neq 1$ $L_q = \frac{\rho^c(N-c)(N-c+1)}{2c!} p_0, \frac{\rho}{c} = 1$ $\lambda_{perdida} = \lambda p_N$ $\lambda_{efec} = \lambda - \lambda_{perdida} = (1-p_N)\lambda$ $W_q = \frac{L_q}{\lambda_{efec}}$

Nombre del modelo	Fórmulas	
(M/M/∞):(GD/∞/∞)	$\lambda_n = \lambda, n = 0, 1, 2, \ldots$	$\mu_n = n\mu, n = 0, 1, 2, \ldots$
	$p_0 = e^{-\rho}$	$p_n = \frac{e^{-\rho}\rho^n}{n!}, n = 0, 1, 2, \ldots$
	$L_s = \rho$	$L_q = 0$
	$W_q = 0$	
(M/M/R):(GD/K/K), $R < K$	$\lambda_n = \begin{cases} (K-n)\lambda, 0 \leq n \leq K \\ 0, n > N \end{cases}$	$\mu_n = \begin{cases} n\mu, 0 \leq n \leq R \\ R\mu, R < n \leq K \end{cases}$
	$p_0 = \left(\sum_{n=0}^{R} C_n^K \rho^n + \sum_{n=R+1}^{K} C_n^K \frac{n!\rho^n}{R!R^{n-R}} \right)^{-1}$	$p_n = \begin{cases} C_n^K \rho^n p_0, 0 \leq n \leq R \\ C_n^K \frac{n!\rho^n}{R!R^{n-R}} p_0, R < n \leq K \end{cases}$
	$L_s = \sum_{n=0}^{K} n p_n$	$\lambda_{efec} = \lambda(K - L_s)$
	$W_s = \frac{L_s}{\lambda_{efec}}$	$L_q = L_s - \frac{\lambda_{efec}}{\mu}$
	$W_q = \frac{L_q}{\lambda_{efec}}$	
(M/G/1):(GD/∞/∞)	$L_s = \lambda E\{t\} + \frac{\lambda^2(E^2\{t\} + var\{t\})}{2(1-\lambda E\{t\})}, \lambda E\{t\} < 1$	$p_0 = 1 - \rho$
	$\lambda efec = \lambda$	$L_q = L_s - \frac{\lambda_{efec}}{\mu}$
	$W_q = \frac{L_q}{\lambda_{efec}}$	$W_s = \frac{L_s}{\lambda_{efec}}$