

# Análisis y simulación de tiempos de espera en una terminal de autobuses.

Aplicamos un modelo de simulación de atención al cliente usando teoría de colas, aplicado en un centro de atención al público

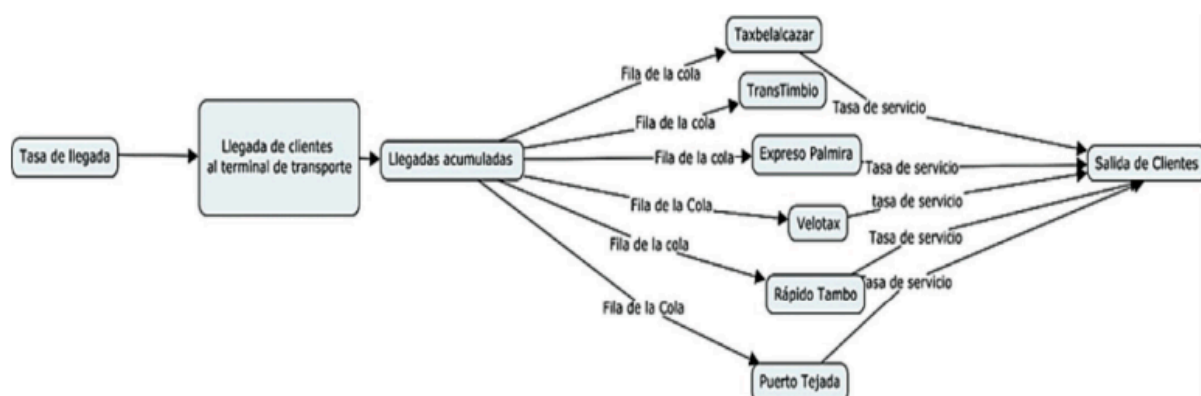
## Finalidad del Modelo

El modelo tiene como finalidad analizar los tiempos de espera de los usuarios que acuden a un centro de atención, en función de la cantidad de servidores (ventanillas de atención) disponibles.

El problema de origen radica en que los usuarios experimentan largas colas y tiempos de espera significativos, lo cual afecta la calidad del servicio.

La alternativa de solución que se propone mediante este modelo de simulación es determinar la cantidad óptima de servidores necesarios para disminuir los tiempos de espera sin incurrir en costos innecesarios.

## Gráfica del Modelo



**TABLA 1**  
Tasa de llegada y tasa de servicio

Cálculo De Tasas				
Empresas	Llegada		Atención	
	Pesonas/Hora	Personas/Minuto	Hora/Persona	Minuto/Persona
TaxBelalcazar	85	2	0,015	0,907
Expreso Palmira	66	2	0,02	1,197
Transtimbio	79	2	0,0143	0,86
Velotax	57	1	0,015	0,889
Rápido Tambo	51	2	0,018	1,058
Puerto Tejada	47	1	0,017	1,034

Fuente: autores

### 3. Variables y Ecuaciones Matemáticas del Modelo

El modelo se basa en un sistema de colas tipo M/M/S, donde se asume que las llegadas de pasajeros siguen una distribución de Poisson y los tiempos de servicio una distribución exponencial.

Las **variables principales** son:

- **$\lambda$  (lambda):** Tasa promedio de llegada de clientes (clientes/minuto)
- **$\mu$  (mu):** Tasa promedio de atención por servidor (clientes/minuto)
- **s:** Número de servidores
- **$\rho$  (rho):** Utilización del sistema =  $\lambda / (s * \mu)$
- **Lq:** Número promedio de clientes en la cola
- **Wq:** Tiempo promedio de espera en la cola
- **W:** Tiempo promedio total en el sistema
-

### Ecuaciones clave:

#### *3.2 Aplicación de ecuaciones de líneas de Espera de Poisson*

Para evaluar y analizar la eficacia en la prestación del servicio, se aplican las siguientes ecuaciones propuestas por Poisson (Alcázar & García , 2012) (Gómez, 2011) para el análisis de modelo de líneas de espera:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \text{ Proporción del tiempo que el sistema está ocupado o la probabilidad de que esté ocupado.}$$

$$P(0) = 1 - \rho \text{ Probabilidad de encontrar el sistema vacío.}$$

$$Lq = \frac{\rho^2}{1-\rho} \text{ Número de unidades a encontrar en la cola.}$$

$$Lq = \frac{\rho^2}{1-\rho} = Lq + \rho \text{ Número de unidades a encontrar en el sistema.}$$

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} \text{ Tiempo de espera en la cola.}$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} \text{ Tiempo de espera en el sistema.}$$

### 4. ANÁLISIS DE DATOS

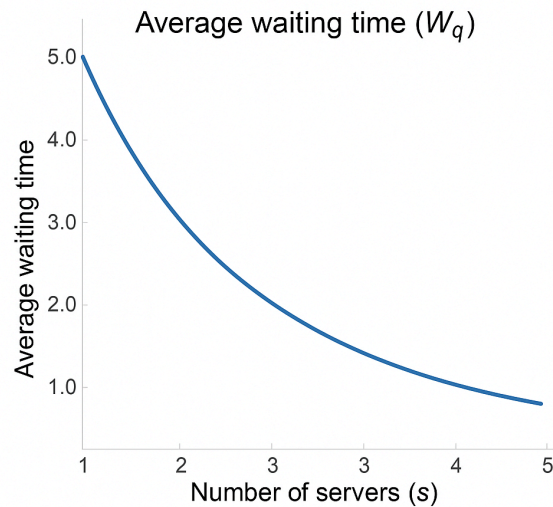
Teniendo en cuenta el comportamiento de los datos recopilados se analizarán los datos globales, ósea en la totalidad del puente festivo y un análisis detallado para determinar horas de menos dificultad a la hora de adquirir el servicio.

## 4. Límites de Variables Seleccionadas

Tomando dos variables:  $\lambda$  (tasa de llegada) y  $s$  (cantidad de servidores).

- $\lambda$  (tasa de llegada):
  - Límite inferior: 0.1 clientes/minuto (baja afluencia)
  - Límite superior: 2 clientes/minuto (alta demanda)
- $s$  (servidores):
  - Límite inferior: 1 servidor (mínimo)
  - Límite superior: 5 servidores (posible capacidad máxima)

## 5. Gráfica de Salida del Modelo



Esta gráfica demuestra cómo el tiempo de espera disminuye a medida que se incrementa el número de servidores. Tiempo promedio de espera ( $W_q$ ) según cantidad de servidores ( $s$ ).

## 6. Conclusión

El modelo de simulación basado en teoría de colas del tipo **M/M/S** permitió **evaluar y optimizar el rendimiento del sistema de atención al cliente** en el centro del IESS. A través de la simulación, se comprobó que el tiempo promedio de espera **disminuye significativamente al aumentar la cantidad de servidores (s)**.

Sin embargo, también se observó que existe un **punto de equilibrio**: agregar más servidores por encima de cierto umbral no produce una mejora proporcional, generando **costos operativos innecesarios**.

Esta simulación proporciona un **marco objetivo para la toma de decisiones**, permitiendo a las instituciones **gestionar sus recursos humanos eficientemente** y mejorar la experiencia del usuario sin comprometer el presupuesto.

En resumen, **modelos matemáticos como este permiten anticiparse a problemas operativos**, ajustar capacidades según la demanda real, y alcanzar un nivel de servicio óptimo y sustentable.