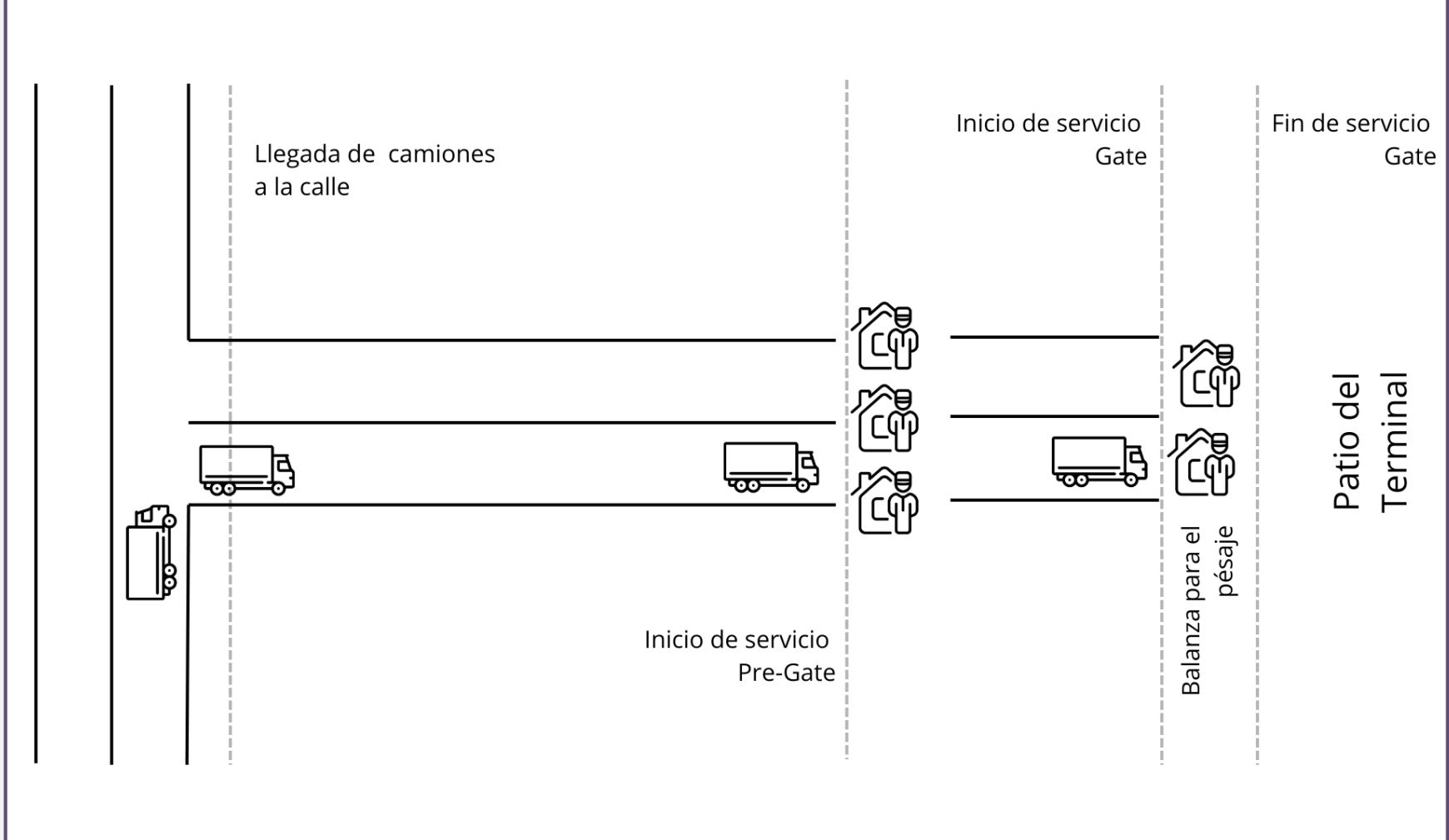


Modelo de teoría de colas para optimizar el ingreso al Puerto de Guayaquil

Introducción

El Puerto de Guayaquil constituye un pilar estratégico para el desarrollo económico del Ecuador. Sin embargo, enfrenta crecientes desafíos operativos, especialmente en la gestión del ingreso de vehículos de carga. La saturación en los accesos genera cuellos de botella que afectan la ubicación de contenedores, la operación de grúas y la salida de embarcaciones, además de provocar largas filas de camiones que invaden zonas urbanas.



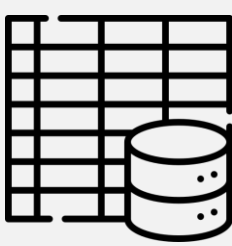
Objetivo

Aplicar un modelo de teoría de colas para descongestionar las entradas de camiones con carga contenerizada en una empresa portuaria de Guayaquil.

Propuesta

El ingreso vehicular al puerto presenta demoras significativas debido a la saturación de las puertas de ingreso. Para este problema, se propone aplicar modelos de teoría de colas y simulación que permiten representar el sistema actual y analizar diferentes configuraciones de operación. Con ello se proporciona a la administración portuaria una herramienta objetiva para evaluar tiempos de espera, optimizar recursos y mejorar la eficiencia logística.

Metodología



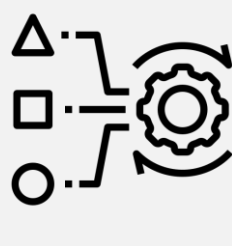
Se gestionó con la autoridad portuaria el acceso a los registros históricos de ingreso de vehículos al puerto.



Se realizó un análisis estadístico preliminar para identificar valores atípicos, faltantes e inconsistencias.



Se limpió y validó la data para asegurar la calidad y confiabilidad de los resultados.



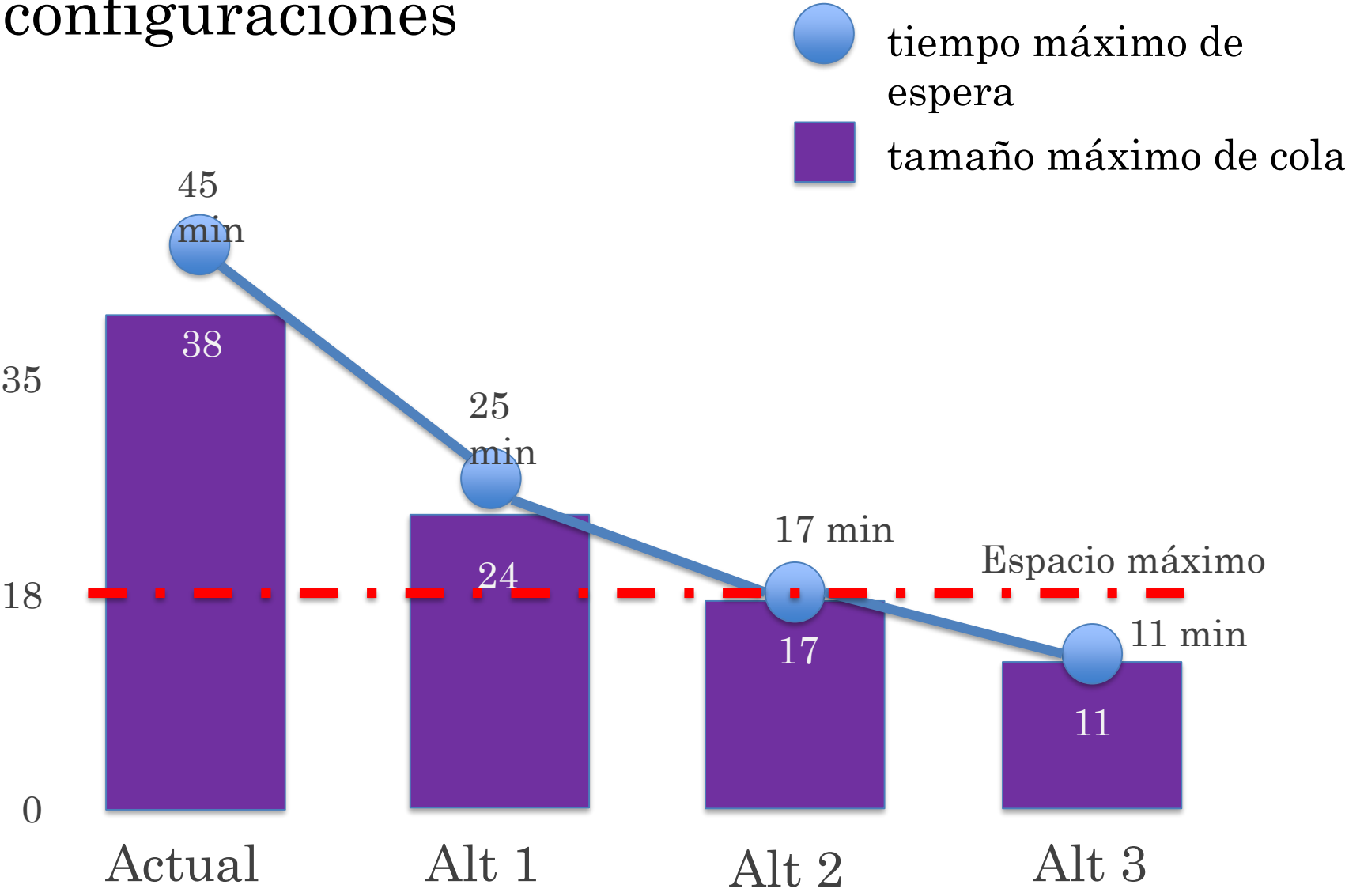
Se modelizó un sistema de colas de la forma $G/G/c \rightarrow G/G/c$ para el ingreso vehicular en lenguaje R .



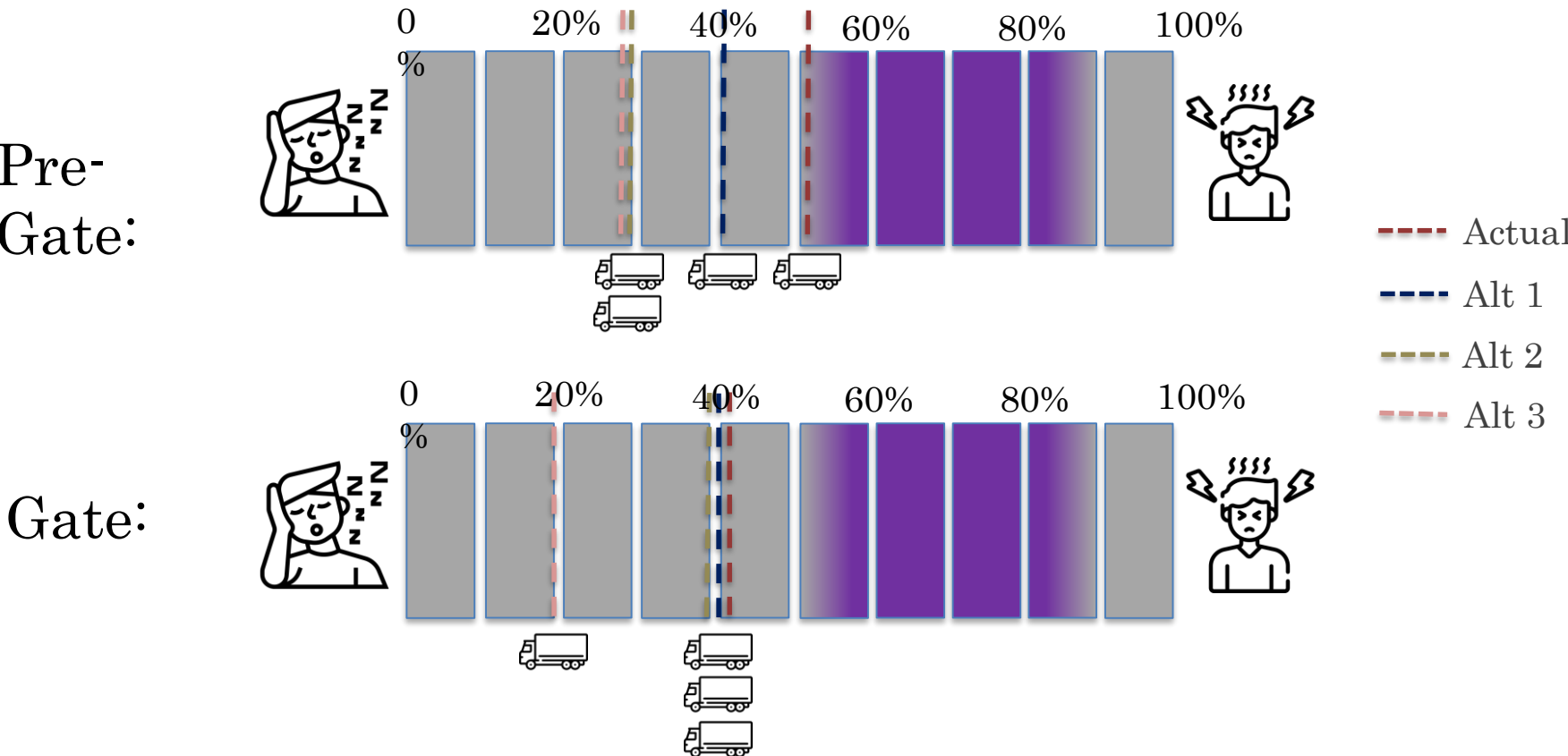
Se comparó las métricas: tamaño de cola máximo, tiempo de espera máximo y utilización de servidores.

Resultados

Comparación tamaño máximo de cola y tiempo máximo de espera entre configuraciones



Utilización de los servidores entre configuraciones



Los resultados se obtuvieron a partir de 300 simulaciones, cada una equivalente a un día completo de operación. El volumen de camiones recibido en la simulación coincide con el promedio observado en el puerto, lo que respalda la representatividad del modelo.

Conclusiones

El análisis evidencia que el sistema actual presenta una limitación en su capacidad: aunque la cola admite un máximo de 18 camiones, en la práctica se alcanzan hasta 38, con tiempos de espera de hasta 45 minutos. Si bien la utilización de los servidores es adecuada y la incorporación de un servidor adicional reduce la presión del sistema, los valores máximos continúan acercándose peligrosamente al límite del espacio disponible.

Ante esta situación, la medida más efectiva no radica únicamente en aumentar servidores, sino en ampliar el área destinada a la espera de camiones a más de 30 unidades. Esta acción garantizaría un flujo más estable, reduciría el riesgo de desbordamiento y aseguraría la sostenibilidad operativa del sistema en el mediano y largo plazo.