

# Lineas de Espera en Transporte Urbano

Citlali Maryuri Olvera Toscano<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>*Maestría en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Nuevo León*

---

## Resumen

Los usuarios de camiones urbanos suelen pasar una cantidad considerable de tiempo en espera de abordar el vehículo. En el presente trabajo se presentan una propuesta secuencial y una paralela de una simulación del recorrido que realizan los camiones que han sido ya asignados a una ruta. Se realizó una comparación en el tiempo de ejecución para ambas versiones (secuencial y paralela), y se analizó el tiempo de espera de los usuarios cambiando los parámetros de probabilidad de incidente y ventaja, así como la probabilidad de llegada y la tasa de descenso de pasajeros en cada parada.

---

## 1. Introducción

Unos de los inconvenientes que presentan las personas que hacen uso del transporte público es el tiempo que tardan en ser atendidos, es decir, el tiempo que tardan desde el momento que llegan a la parada del camión hasta el que se suben al vehículo. Generalmente, las personas que llegan a una parada prefieren pasar el menor tiempo posible en espera para subir al camión que el tiempo de traslado a su destino. En el presente trabajo nos enfocamos en este caso haciendo una simulación del recorrido que realizan los camiones, en donde se considera además la probabilidad de incidente o anticipación de tal forma que un camión puede llegar antes o después de la hora esperada de llegada a una parada, también se considera la probabilidad de llegada y la tasa de descenso de personas en cada parada. En las siguientes secciones describiremos con más precisión el problema y además se presentan las versiones secuencial y paralela de una simulación. Se comparan los tiempos de ejecución de ambas versiones (secuencial y paralela) y se analiza el tiempo de espera de las personas en cada parada.

## 2. Descripción del problema

Consideremos que tenemos camiones que tienen una capacidad  $C$  que comienzan su recorrido cada  $m$  minutos, es decir, iniciando la jornada sale un camión del depósito y pasando  $m$  minutos

---

\*Corresponding author

*Email address:* `citlali.olverats@uanl.edu.mx` (Citlali Maryuri Olvera Toscano)

sale otro camión a iniciar su recorrido, se considera también que todos los camiones realizan el mismo recorrido, el cual cuenta con una cantidad  $p$  de paradas. Sí un camión se encuentra en una parada debe bajar y subir pasajeros, con la excepción de la primera y última parada, ya que en la primera parada no baja pasajeros y en la última no suben pasajeros si no que bajan todos los que se encuentran en el camión. Se hace el supuesto de que se conoce la hora estimada de llegada a cada parada. Además, se considera también la probabilidad de incidente  $p_c$  y la probabilidad de anticipación  $p_v$ , con lo cual se representa el hecho de que el camión durante su recorrido puede presentar una avería, choque o cualquier otro inconveniente que ocasione un retraso en la hora esperada de llegada a una parada, por otro lado una anticipación representa un momento donde el camión iba a una velocidad mayor a la rutinaria, por lo cual llega antes de la hora esperada. Para cada parada se considera una probabilidad de llegada de pasajeros diferente, al igual que una tasa de descenso distinta, cada minuto que pasa puede suceder que llegue a cada parada un pasajero. El interés principal de este trabajo es estimar el tiempo promedio que pasan los pasajeros esperando el camión para ser abordado.

### 3. Simulación

Una manera simple de describir la simulación se puede apreciar en el algoritmo 1, algunos detalles que no se alcanzan a apreciar se describe a continuación.

- Se considera que un paso en la simulación representa una unidad de tiempo.
- Ascenso y descenso de pasajeros: para cada camión que se encuentre realizando un recorrido se verifica si el paso en el que se encuentra corresponde a la llegada de una parada, si es así primeramente se realiza un descenso de pasajeros con lo cual la capacidad del camión puede ser mayor a la que tenía cuando llego a la parada, luego si la capacidad del camión es la suficiente abordan todos los pasajeros que se encuentran esperando, si la capacidad no es la suficiente solo aborda cierta cantidad de pasajeros hasta que se complete la capacidad.
- Genera incidente: para cada camión que se encuentre realizando un recorrido ocurre un accidente o una ventaja con probabilidad  $p_c$  y  $p_v$  respectivamente, si sucede un accidente el camión se atrasa de una a diez unidades de tiempo, si ocurre una ventaja, solo puede anticiparse una unidad de tiempo.

### 4. Resultados

El presente trabajo se realizó en una máquina con las siguientes especificaciones: procesador Intel(R)Core(TM) i5-6200U CPU 2.30 GHz 2.40 GHz con 8GB en memoria RAM y sistema operativo Windows 10 Home. Se emplearon tres de los cuatro núcleos. Se analiza primero el tiempo de ejecución de las versiones secuencial y paralela de la simulación considerando veinte

---

**Algoritmo 1** Simulación

---

**Para** cada paso **hacer**

    Salida de camión

    Genera pasaje

**Fin**

**Para** cada camión **hacer**

    Ascenso y descenso de pasajeros

    Genera incidente (accidente y ventaja)

**Fin**

---

réplicas para tres diferentes duraciones de la simulación (400, 700, 100), donde la cantidad de paradas es igual a veinte. Los resultados los podemos observar en la figura 1

Observando la figura 1 notamos que la versión paralela evidentemente toma mayor tiempo de ejecución sin importar la duración de la simulación, como la diferencia en tiempos es bastante grande no es necesario realizar análisis estadístico para estudiar los efectos en los tiempos de ejecución.

Por otro lado, deseamos ver el comportamiento de los tiempos de espera de los pasajeros en cada parada, para ello consideramos tres tipos de instancias que serán descritas más adelante. Primero es necesario definir tiempo entre paradas. Consideremos el vector de tiempo entre paradas (5, 8, 12, 11), este vector nos indica que el tiempo de traslado del depósito a la primera parada es cinco, el tiempo de traslado de la primera parada a la segunda es ocho, de la segunda a la tercera parada es doce y de la tercera a la cuarta parada el tiempo de traslado es once. Se considera que un tiempo de traslado de una parada a otra es corto si éste se encuentra entre 5 y 8, y se considera largo si se encuentra entre 10 y 13.

Las instancias utilizadas tienen las siguientes especificaciones:

- Cinco paradas: con tres tiempos de traslados cortos y dos largos.
- Quince paradas: con nueve tiempos de traslados cortos y seis largos.
- veinte paradas: con doce tiempos de traslados cortos y ocho largos.

Para cada caso las probabilidades de llegada de pasajeros a una parada se dejan variar tres centésimas al igual que la tasa de descenso de pasajeros. Los resultados para cinco réplicas de cada instancia se muestran en las figuras 2, 3 y 4. Es importante mencionar que cada parada tiene una cantidad de distinta de pasajeros.

En la figura 2 podemos notar que el tiempo de espera se encuentra al rededor de cinco unidades en cualquiera de las cinco paradas; sin embargo, para las instancias de quince y veinte paradas no se mantiene dentro de un rango para todas las paradas, además en la figura 4 se muestra mucha variación principalmente en las últimas paradas.

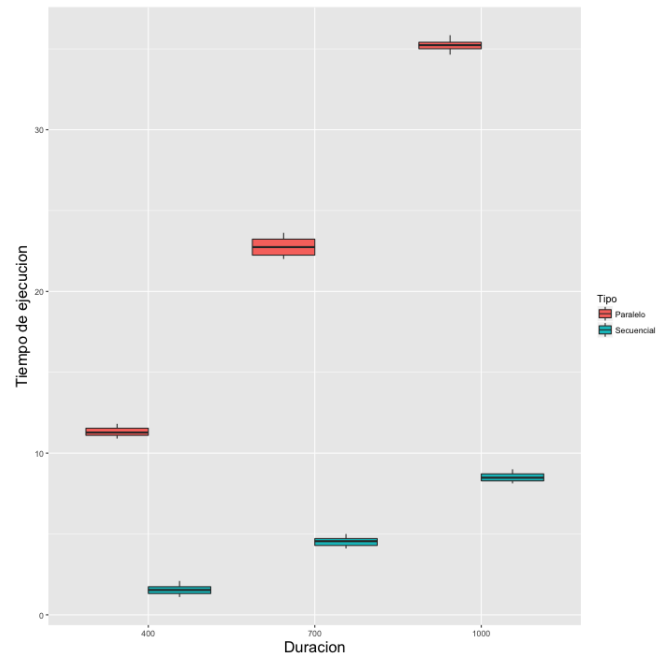


Figure 1: Tiempo de ejecución de veinte réplicas para ambas versiones(secuencial y paralelo) con una duración de la simulación igual a: 400, 700 y 1000 unidades de tiempo.

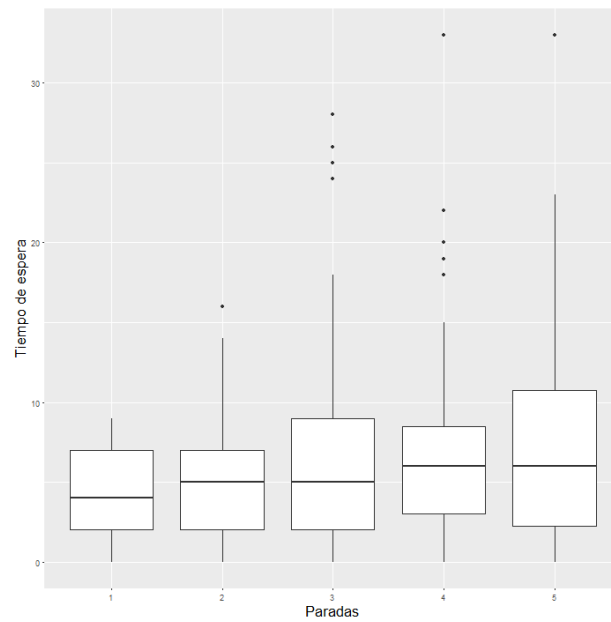


Figure 2: Tiempo de espera de pasajeros en instancias con cinco paradas.

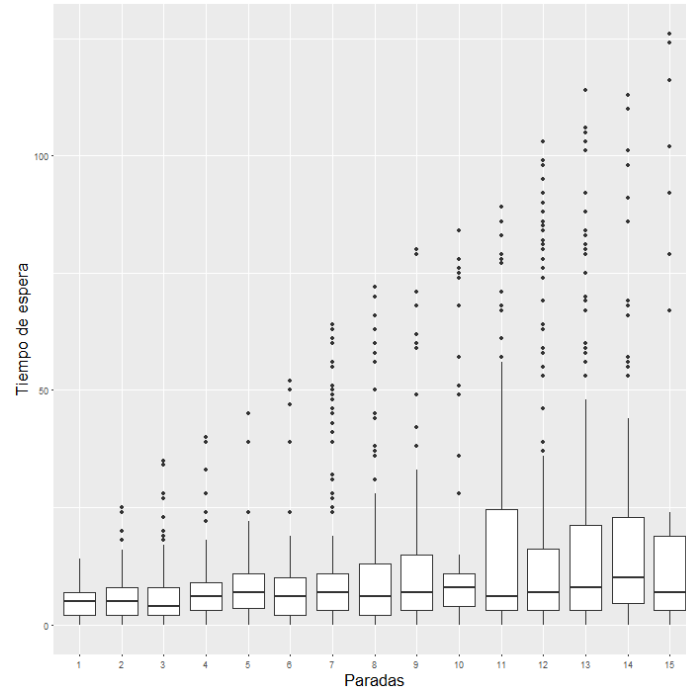


Figure 3: Tiempo de espera de pasajeros en instancias con quince paradas.

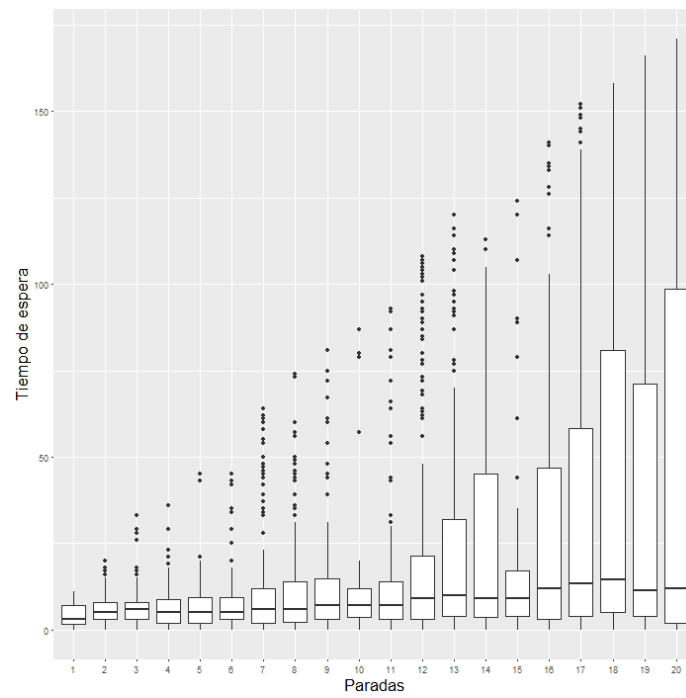


Figure 4: Tiempo de espera de pasajeros en instancias con veinte paradas.

## 5. Conclusiones y trabajo a futuro

Al momento de comparar los tiempos de ejecución para las versiones secuencial y paralela de la simulación nos damos cuenta que la versión paralela toma tiempos mucho mayores que la versión secuencial, con lo cual se puede concluir que no siempre paralelizar un código te dará menores tiempos de ejecución como podemos ver en este caso.

Los resultados mostrados para los tiempos de espera de los pasajeros en las figuras 3 y 4 notamos mucha variabilidad en las últimas paradas, esto quizá se deba a que al inicio de la simulación solo se cuenta con un camión haciendo el recorrido, de tal manera que si una persona llegó a estas paradas finales al inicio de la simulación le llevará más tiempo de espera.

Aun faltan muchas cosas por considerar en esta simulación entre ellas podemos hacer notar las siguientes: una cantidad limitada de camiones, el tiempo de ascenso y descenso de pasajeros, con lo cual se representa el hecho de que el camión puede tardarse más en una parada si hay muchos pasajeros esperando a abordar o bajar del vehículo. La inserción de camiones, es muy común que en paradas con mucha demanda se envíe un camión vacío para ayudar a descongestionar esa zona. La agrupación de camiones, con frecuencia en la vida real se observa que por algún retraso o cambio de velocidad del camión llegan al mismo tiempo dos o más camiones, lo cual provoca que los pasajeros que llegaron momentos después a esta parada pasen más tiempo esperando a que llegue un nuevo vehículo.