

Universidad de La Habana

FACULTAD DE MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA  
COMPUTACIÓN

INFORME DEL PROYECTO:  
SIMULACIÓN DE EVENTOS  
DISCRETOS

TEMA 2: N SERVIDORES EN SERIE

Presentado por:

Alex Sánchez Saez C412

Carlos Manuel González C411

Jorge Alberto Aspiolea González C412

Febrero 2024

# 1. Introducción

## Sistema

El sistema simulado en este proyecto es el siguiente: los clientes llegan a un sistema con  $n$  servidores, y las llegadas distribuye  $M$ . Cada cliente debe ser atendido por el servidor 1, al completar el servicio pasa al servidor 2, y así hasta llegar al servidor  $n$ .

Si al llegar un cliente el servidor 1 está ocupado entrará a la cola del servidor 1. De manera similar ocurre con los demás servidores si cuando el cliente debe entrar a un servidor, este está ocupado entrará a la cola del servidor en cuestión. Cuando el cliente es atendido por el servidor  $n$ , abandona el sistema.

Los tiempos del servicio del servidor  $i$  tienen distribución  $G_i$

## Variables que describen el problema

- Tiempo:  $t$
- Cantidad de personas en el servidor  $i$ :  $N_i$
- Tiempo de llegada del cliente  $n$  al servidor  $i$ :  $T_i(n)$
- Tiempo de salida del cliente  $n$  del servidor  $i$ :  $S_i(n)$

# 2. Detalles de Implementación

## Pasos seguidos para la implementación

Para la implementación de la simulación se inicializan los servidores con sus respectivas distribuciones, y se genera un cliente siguiendo una distribución  $X$  (en la simulación específica se utilizó una distribución exponencial con  $p = 0,5$ , aunque en la experimentación se probaron otras como se explica más adelante).

Seguidamente se genera el tiempo del cliente en el primer servidor, al igual que el tiempo de arribo del siguiente cliente. Si el tiempo de arribo del 2do cliente más el tiempo del primero, es menor que el de arribo del primero más su tiempo en el servidor, el 2do cliente entrará en la cola de espera del servidor 1, en caso contrario el cliente uno pasa al siguiente servidor, y el 2do entra al primero. Así sucesivamente con todos los clientes, mientras el tiempo simulado sea menor que el establecido inicialmente (en el caso concreto de los experimentos 1800 segundos).

### 3. Resultados y experimentos

#### Hallazgos de la simulación

Estos son los resultados obtenidos en 18000 simulaciones:

- El tiempo de los clientes en cada servidor :

Servidor	Media	Varianza	Desviación Estándar
1	3.30072	1.7717	1.3310
2	7.6129	57.7635	7.6002
3	4.8786	9.6815	3.1115
4	2.2523	0.52097	0.7218
5	11.3889	131.008	11.4459

Donde los promedios globales obtenidos fueron:

- Media: 4.2008
  - Varianza media: 13.4321
  - Desviación media: 3.665
- El tiempo de los clientes en cada servidor en comparación con el tiempo en el sistema.
    - Servidor 1: 675.64 segundos
    - Servidor 2: 194210.23 segundos
    - Servidor 3: 1110579.6 segundos
    - Servidor 4: 6717261.34 segundos
    - Servidor 5: 22835800.47 segundos

#### Interpretación de los resultados

Se puede observar que el servidor más rápido es el segundo, que distribuyen uniformemente con menor  $\lambda$  que el primero. Mientras que el que más tarda es el quinto, el cual posee el mayor  $\lambda$ , y por tanto también es el que más varianza presenta.

#### Análisis de parada de la simulación

La simulación al sobrepasar el tiempo límite establecido deja de generar clientes, y comienza a procesar los que queden en las colas de los servidores, los cuales son una cantidad finita que disminuye constantemente, pues cuando un cliente sale de un servidor nunca regresa al mismo, y paulatinamente habrán pasado por todos hasta salir del sistema, deteniendo la simulación al no quedar clientes en el sistema.

## 4. Modelo Matemático

El modelo matemático utilizado fue:

- tiempo de llegada: exponencial  $\lambda = 0,5$
- servidor 1: uniforme  $\lambda = 5,6$
- servidor 2: exponencial  $\lambda = 7,6$
- servidor 3: chisquare  $\lambda = 4,9$
- servidor 4: uniforme  $\lambda = 3,5$
- servidor 5: exponencial  $\lambda = 11,5$
- tiempo total: 1800