

Trabajo Práctico Especial - Sistema con operarios

Modelos y Simulación 2024

Integrantes:

- Hubmann Tomas
- Pereyra Carrillo Juan Cruz

Fecha de entrega: 21 de junio de 2024

Integrantes:

- Hubmann Tomas
- Pereyra Carrillo Juan Cruz

Fecha de entrega: 21 de junio de 2024

Contents

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Introducción | 3 |
| 2 | Algoritmo y descripción de las Variables | 4 |
| 2.1 | Constantes y variables utilizadas dentro del algoritmo | 4 |
| 2.2 | Explicación Idea del Algoritmo | 4 |
| 2.3 | Inicialización del Entorno | 5 |
| 2.4 | Bucle Principal de Simulación | 5 |
| 2.4.1 | Determinación de la Próxima Acción | 5 |
| 2.4.2 | Manejo de Eventos de Falla | 5 |
| 2.4.3 | Manejo de Eventos de Reparación | 5 |
| 2.4.4 | Asignación de Reparaciones | 5 |
| 3 | Resultados | 6 |
| 4 | Análisis de los Resultados | 9 |
| 5 | Conclusiones | 9 |

1 Introducción

En el presente trabajo se aborda la problemática de maximizar el tiempo de vida del sistema de cajas registradoras de un supermercado. Definimos el tiempo de vida del sistema como el período durante el cual un supermercado sigue operativo hasta que el número de cajas disponibles cae por debajo de cierto valor, produciendo así una falla del sistema y dejándolo inoperante.

Con el fin de lograr esta maximización del tiempo de vida, a lo largo de este trabajo analizaremos los siguientes enfoques:

- Incrementar el número de operarios.
- Aumentar la cantidad de repuestos.

Para ello se simularán los siguientes casos de estudio:

- **Caso de estudio de control:** 1 operario, 7 máquinas en uso y 3 repuestos.
- **Caso de estudio incremento de operarios:** 2 operarios, 7 máquinas en uso y 3 repuestos.
- **Caso de estudio incremento de repuestos:** 1 operario, 7 máquinas en uso y 4 repuestos.

Se tomarán métricas de los resultados de estos casos (Esperanza, Desviación Estándar) para su posterior análisis y así determinar cuál es el sistema que mejor se adapta a las necesidades del supermercado.

2 Algoritmo y descripción de las Variables

2.1 Constantes y variables utilizadas dentro del algoritmo

- **N**: Número de cajas registradoras en servicio.
- **S**: Número de cajas en reserva al inicio de la simulación.
- **OP**: Número de operarios al inicio de la simulación.
- **available**: Número de cajas disponibles en un momento dado de la simulación.
- **available_op**: Operarios disponibles en un momento dado de la simulación.
- **to_repair**: Cajas a reparar en un momento dado de la simulación.
- **break_moment**: Lista de los tiempos en los que las cajas en servicio tendrán defectos.
- **repaired_moment**: Momento en el que los operarios terminan de reparar las cajas defectuosas.
- **sim_time**: Denota el paso del tiempo dentro de la simulación.
- **min_repair_position**: Posición del tiempo de reparación más próximo.
- **min_break_position**: Posición del tiempo de ruptura más próximo.

2.2 Explicación Idea del Algoritmo

Las ideas principales utilizadas para realizar la simulación se basaron en lo provisto por el Capítulo 6 del libro "Simulación" (Segunda Edición) de S. Ross (1999):

- Simulación mediante eventos discretos.
- Sistema de línea de espera con un servidor.
- Sistema de línea de espera con dos servidores en paralelo.

El algoritmo **sistema_rep_gen** simula el tiempo de vida de un sistema de cajas registradoras en un supermercado, considerando el número de cajas registradoras en servicio (**N**), cuántos operarios se tienen contratados (**OP**), y la cantidad de repuestos (**S**).

La idea general del algoritmo consiste en simular los tiempos en que ocurren dos tipos de eventos discretos: una caja registradora sufre un desperfecto o se termina de reparar. En función de la categoría del próximo evento, se actualizan los valores de las variables de la simulación. La simulación continúa hasta que el número de cajas disponibles cae por debajo de **N**, momento en el cual se devuelve el valor de **sim_time**, que representa el momento en el cual el supermercado dejó de ser operativo.

2.3 Inicialización del Entorno

Antes de que se ejecute la simulación es necesario inicializar los valores de las variables que serán utilizados en esta.

- **Contadores:** Se inicializan los contadores como 'available', 'to_repair', entre otros, en función de los valores de **N**, **OP** y **S** para este caso de la simulación.
- **break_moment:** Se generan **N** tiempos exponenciales (con parámetro igual a 1) de falla para las máquinas en uso.
- **repaired_moment:** Para los **OP** operarios, se establece un tiempo de reparación infinito, ya que no hay máquinas en reparación al inicio de la simulación.

2.4 Bucle Principal de Simulación

Este bucle es el encargado de realizar las acciones correspondientes en función de cuál es el próximo evento a ocurrir en la simulación, hasta que se cumpla la condición de que el número de cajas disponibles sea menor a **N** (denotando que el supermercado dejara de estar operativo) y finalmente devuelve el momento de la simulación en el que esto ocurrió.

2.4.1 Determinación de la Próxima Acción

Se obtienen los tiempos más próximos de cada tipo de evento (se terminó de reparar una máquina o una máquina sufrió un desperfecto). Luego se comparan esos tiempos para decidir cuál de los dos es el próximo evento a ocurrir en la simulación.

2.4.2 Manejo de Eventos de Falla

Si el próximo evento es una falla:

1. Se aumenta el conteo de máquinas a reparar.
2. Se reduce el número de cajas disponibles.
3. Se actualiza el tiempo de simulación y se genera un nuevo tiempo de falla para la máquina que se está utilizando como reemplazo de la que se averió.

2.4.3 Manejo de Eventos de Reparación

Si el próximo evento es una reparación:

1. Se disminuye el conteo de máquinas a reparar.
2. Se aumenta el número de cajas y operarios disponibles.
3. Se actualiza el tiempo de simulación y se establece el tiempo de reparación de la próxima máquina por parte de ese operario como infinito.

2.4.4 Asignación de Reparaciones

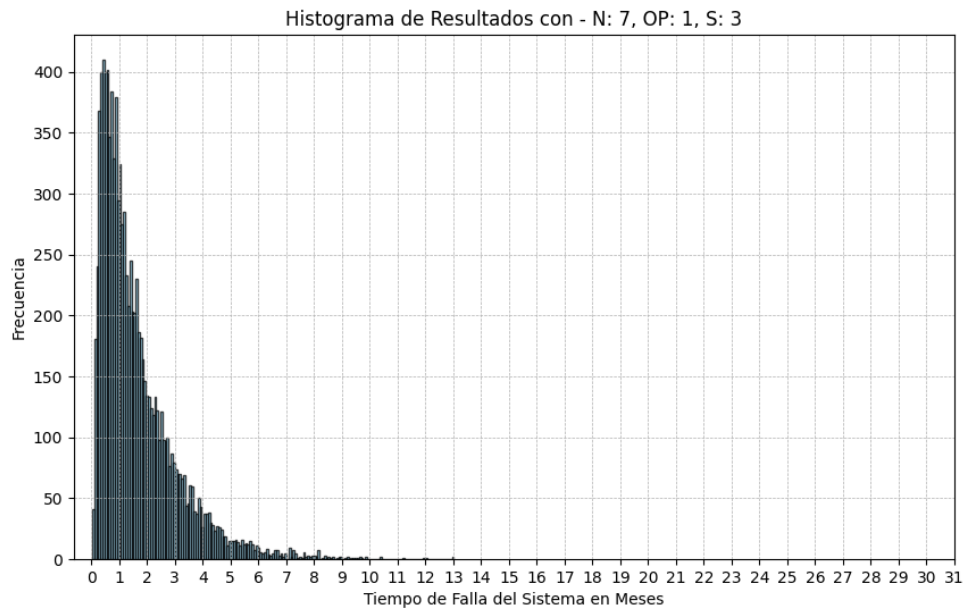
Se revisa si hay operarios disponibles y si el número de máquinas a reparar es mayor que el número de operarios ocupados. Si se cumple esta condición, se toma un operario libre (el que tenga el mayor tiempo de reparación, ya que este será infinito si no está reparando ninguna máquina) y se le asigna un nuevo tiempo de reparación, reduciendo el número de operarios disponibles.

3 Resultados

A continuación, se presentan los resultados del tiempo hasta que el supermercado deja de ser operativo en meses de 10,000 simulaciones para cada caso de estudio. Las métricas obtenidas son la esperanza, varianza y desviación estándar para cada caso de estudio.

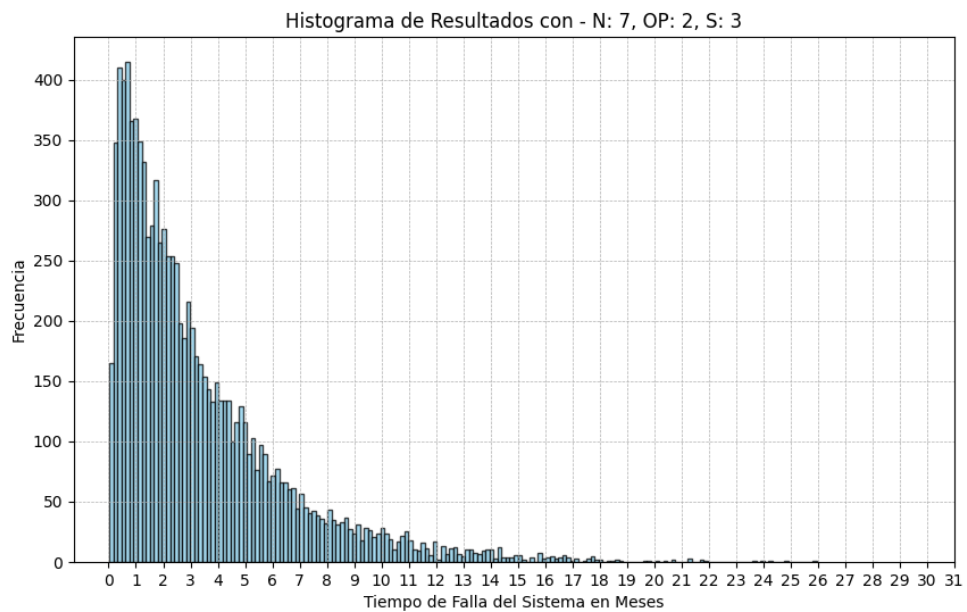
- **Caso de Estudio 1: 1 Operario, 7 Máquinas en Uso y 3 Repuestos**

- Esperanza: 1.65 meses
- Varianza: 2.04 meses
- Desviación Estándar: 1.43 meses



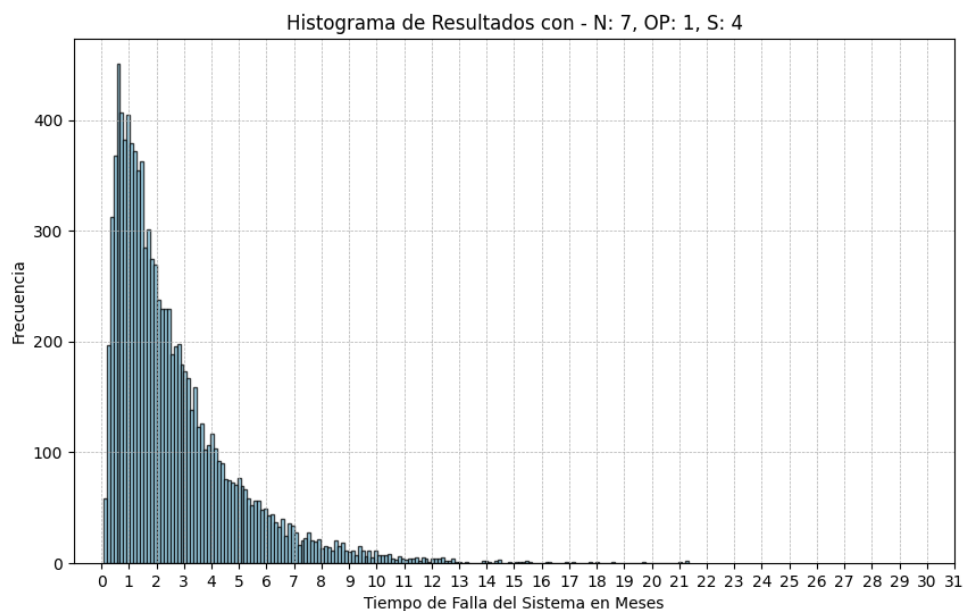
- **Caso de Estudio 2: 2 Operarios, 7 Máquinas en Uso y 3 Repuestos**

- Esperanza: 3.35 meses
- Varianza: 10.11 meses
- Desviación Estándar: 3.18 meses

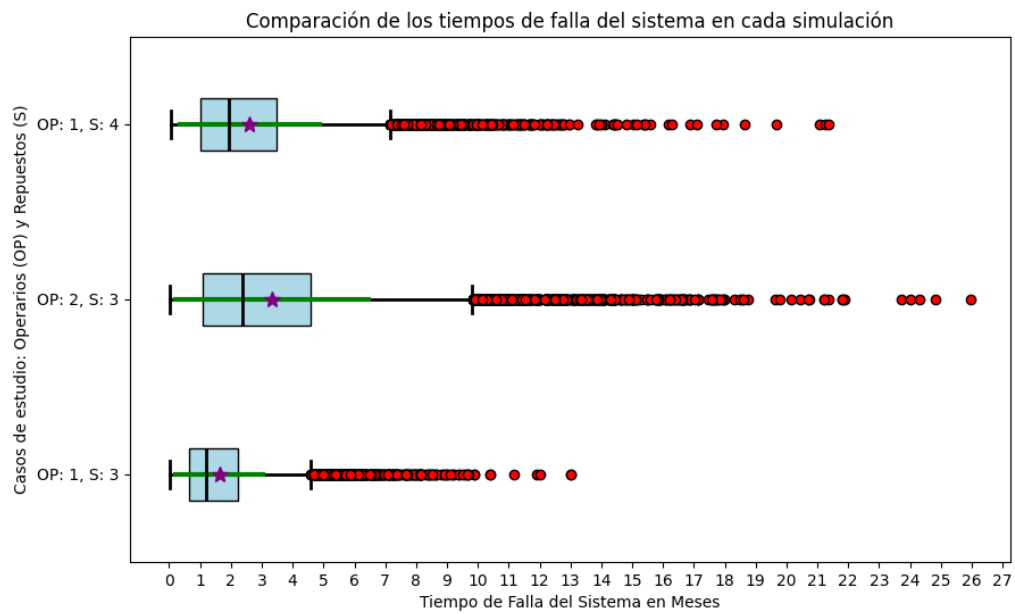


- **Caso de Estudio 3: 1 Operario, 7 Máquinas en Uso y 4 Repuestos**

- Esperanza: 2.60 meses
- Varianza: 5.06 meses
- Desviación Estándar: 2.25 meses



- **Gráfico Boxplot**



- Estrella morada: Representa la Media Muestral.
- Línea verde: Representa el intervalo (media muestral - desviación estándar muestral a media muestral + desviación estándar muestral).
- Caja celeste: Es el intervalo desde el primer cuartil hasta el tercer cuartil.
- Línea negra vertical: Representa la mediana de la muestra.
- Puntos rojos: Representan los datos atípicos de la muestra.

4 Análisis de los Resultados

- **Características Generales:**

- Presentan valores extremos muy alejados de la esperanza.
- Tienen una alta frecuencia en los valores más bajos del gráfico.

Tras observar los resultados de los gráficos anteriores podemos notar los siguientes aspectos:

- De manera general, todos los casos de estudio presentan una media muestral que se encuentra entre la mediana y el tercer cuartil. Esto nos indica que junto a la gran cantidad de valores atípicos presentes a la derecha, los datos obtenidos después de la media tienen una mayor dispersión.
- Un incremento en el número de operarios, además de incrementar la media, aumenta en gran medida la varianza del tiempo de vida del sistema, lo que genera que haya una mayor cantidad de datos atípicos en la muestra y que estos estén más alejados de la media.
- Un incremento en el número de repuestos presenta una menor distancia entre los cuartiles, lo que nos indica que, aunque no hubo un incremento tan significativo de la media muestral como en el caso anterior, la probabilidad de que el resultado sea cercano a este es mayor.

5 Conclusiones

El análisis de los resultados muestra que, aunque el sistema con dos operarios y tres repuestos tiene el mayor tiempo de vida promedio, también presenta la mayor variabilidad. Esto se traduce en una mayor incertidumbre respecto al tiempo de vida del sistema, ya que hay casos donde las máquinas se rompen en tiempos próximos al inicio de la simulación, lo que puede causar que el tiempo de vida del sistema sea menor a 1 mes. Por otro lado, hay casos en los que las rupturas están lo suficientemente distanciadas para que los operarios mantengan el sistema libre de fallas logrando un tiempo de vida de hasta 30 meses. Por otro lado, el sistema con un operario y cuatro repuestos, al tener una desviación estándar menor, nos da la capacidad de dar un intervalo más acotado para el tiempo de vida que puede alcanzar el supermercado y por lo tanto, la estimación tendrá mayor certeza.

Analizar detalladamente las métricas obtenidas de las simulaciones (esperanza, varianza y desviación estándar) puede ofrecer "insights" sobre la relación entre los recursos (operarios y repuestos) y el rendimiento del sistema. Con estos datos, se pueden ajustar los parámetros para encontrar el balance óptimo que maximice el tiempo de vida del sistema con la menor variabilidad e incertidumbre.

Si nos guiáramos solo por el tiempo de vida promedio del sistema, la mejor elección sería el sistema con 2 operarios. Pero al tener en cuenta la varianza que presentan los dos sistemas, hace que la elección de añadir un operario o aumentar en uno los repuestos dependerá de las prioridades del supermercado entre maximizar el tiempo de vida del sistema que se puede llegar a alcanzar y minimizar la variabilidad e incertidumbre de la duración.