

## Ejercicios de colas de espera

**Ejemplo 2:** Microdata Software usa un sistema telefónico de pedidos para sus productos de software. Los clientes colocan pedidos usando la línea 01 8000 de la compañía. Suponga que las llamadas a este número llegan con una tasa promedio de 12 llamadas por hora. El tiempo requerido para procesar un pedido telefónico varía considerablemente de un pedido a otro. Sin embargo, puede esperarse que cada representante de ventas maneje un promedio de 6 llamadas por hora. Actualmente cuentan con tres líneas o canales internos y cada uno asignado a un representante de ventas. Las llamadas recibidas se transfieren automáticamente a una línea o canal si está disponible.

Siempre que las tres líneas están ocupadas, los que llaman reciben una señal de ocupado. La administración suponía que quienes llamaban y recibían una señal de ocupado llamarían más tarde. Sin embargo, una investigación reciente sobre pedidos telefónicos mostró que un número considerable de personas que llaman a quienes se les niega el acceso no vuelven a telefonear. Estas llamadas no contestadas representan ingresos perdidos para la empresa, así que la administración solicitó un análisis del sistema de pedidos telefónicos. Específicamente, la administración desea conocer el porcentaje de clientes que obtienen señales de ocupado y son bloqueadas del sistema. Si la meta de la administración es proporcionar capacidad suficiente para manejar a 90% de los que llaman, ¿Cuántas líneas telefónicas y representantes de ventas debería usar Microdata?

**EJERCICIO 3:** Las ventas al menudeo en SUPER MARKET son manejadas por un dependiente. Las llegadas de los clientes son aleatorias, y la tasa media de llegada es de 21 clientes por hora o  $\lambda=21/60=0.35$  clientes por minuto. Un estudio del procesos de servicio muestra que el tiempo de servicio medio o promedio es de dos minutos por cliente, con una desviación estándar de  $\sigma=1.2$  minutos. El tiempo medio de dos minutos por cliente muestra que el dependiente tiene una tasa media de servicio de  $\mu=1/2=0.50$  clientes por minuto.

¿Cuáles son las características operativas de este sistema de línea de espera?

**EJERCICIO 4:** TRANSEJES emplea un grupo de seis máquinas idénticas; cada una opera un promedio de 20 horas entre varadas; por tanto, la tasa media de llegada o solicitud de servicio de reparación para cada máquina es  $\lambda=1/20=0.05$  por hora. Con varadas que ocurren al azar se usa la distribución de probabilidad de Poisson para describir el proceso de llegada de las varadas de las máquinas. Una persona del departamento de mantenimiento proporciona el servicio de reparación de un solo canal para las seis máquinas. Los tiempos de servicio distribuidos de manera exponencial tienen una media de dos horas por máquina o una tasa media de servicio de  $\mu=1/2=0.50$  máquinas por hora.

## **EJERCICIOS N° 05**

Suponga que en una estación con un solo servidor llegan en promedio 45 clientes por hora. Se tiene capacidad para atender en promedio a 60 clientes por hora. Se sabe que los clientes esperan en promedio 3 minutos en la cola.

Se solicita: a) Tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema. b) Número promedio de clientes en la cola. c) Número promedio de clientes en el Sistema en un momento dado.

## **EJERCICIOS N° 06**

Un lava carro puede atender un auto cada 5 minutos y la tasa media de llegadas es de 9 autos por hora. Obtenga las medidas de desempeño de acuerdo con el modelo M/M/1. Además la probabilidad de tener 0 clientes en el sistema, la probabilidad de tener una cola de más de 3 clientes y la probabilidad de esperar más de 30 minutos en la cola y en el sistema

## **EJERCICIOS N° 07**

La gerente de un supermercado está interesada en brindar un buen servicio a las personas de mayor edad que compran en su local. Actualmente, el supermercado cuenta con una caja de salida reservada para los jubilados. Estas personas llegan a la caja a un ritmo promedio de 30 por hora, de acuerdo con una distribución de Poisson, y son atendidos a una tasa promedio de 35 clientes por hora, con tiempos de servicio exponenciales. Calcule los siguientes promedios:

- a. Utilización del empleado de la caja de salida.
- b. Número de clientes que entran al sistema.
- c. Número de clientes formados en la fila.
- d. Tiempo transcurrido dentro del sistema.
- e. Tiempo de espera en la fila.

## **EJERCICIOS N° 08**

La gerencia del correo internacional DHL en la central del barrio de Mataderos, Buenos Aires, está preocupada por la cantidad de tiempo que los camiones de la compañía permanecen ociosos, en espera de ser descargados. Esta terminal de carga funciona con cuatro plataformas de descarga. Cada una de éstas requiere una cuadrilla de dos empleados, y cada cuadrilla cuesta \$30 por hora. El costo estimado de un camión ocioso es de \$50 por hora. Los camiones llegan a un ritmo promedio de tres por hora, siguiendo una distribución de Poisson. En promedio, una cuadrilla es capaz de descargar un semirremolque en una hora, y los tiempos de servicio son exponenciales. ¿Cuál es el costo total por hora de la operación de este sistema?

## **EJERCICIO 09.-**

Hace casi tres años, Gear Tandil SA instaló un conjunto de 10 robots que incrementó considerablemente la productividad de su mano de obra, pero en el último tiempo la atención se ha enfocado en el mantenimiento. La empresa no aplica el mantenimiento preventivo a los robots, en virtud de la gran variabilidad que se observa en la distribución de las averías. Cada máquina tiene una distribución exponencial de averías (o distribución entre llegadas), con un tiempo promedio de 200 horas entre una y otra falla. Cada hora-máquina perdida como tiempo ocioso cuesta \$30, lo cual significa que la empresa tiene que reaccionar con rapidez en cuanto falla una máquina. La empresa contrata sólo a una persona de mantenimiento, quien necesita 10 horas de promedio para reparar un robot. Los tiempos de mantenimiento real están distribuidos exponencialmente. La tasa de salarios es de \$10 por hora para el encargado de mantenimiento, el cual puede dedicarse productivamente a otras actividades cuando no hay robots que reparar. Calcule el costo diario por concepto de tiempo ocioso de la mano de obra y los robots.

## EJERCICIOS – LÍNEAS DE ESPERA (COLAS) CON ANÁLISIS DE COSTOS

### PREGUNTA 1 – Modelo M/M/1 con costos

Una empresa de mensajería tiene un solo punto de atención.

Los clientes llegan a una tasa de  $\lambda = 18$  clientes/hora, y el empleado atiende a una tasa de  $\mu = 25$  clientes/hora.

Costos:

- Costo de espera por cliente: S/. 3 por hora
- Costo de operación del servidor: S/. 28 por hora

Pide:

- a) Calcule  $\rho$ ,  $L_q$ ,  $W_q$  y  $L$ .
- b) Calcule el costo total por hora del sistema.
- c) Indique si conviene aumentar la tasa de servicio a  $\mu = 30$ , cuyo costo del servidor subiría a S/. 40/h.

### PREGUNTA 2 – Comparación entre 1 servidor y 2 servidores (M/M/1 vs M/M/2)

Una farmacia recibe  $\lambda = 32$  clientes/hora.

Cada empleado atiende a una tasa de  $\mu = 20$  clientes/hora.

Costos:

- Costo por cliente esperando: S/. 4 por hora
- Costo por cada empleado: S/. 36 por hora

Pide:

- a) Evalúe si el sistema puede operar con 1 servidor (M/M/1).
- b) Calcule el costo total si se contrata 2 servidores (M/M/2).
- c) Determine qué opción es más conveniente en términos de costo.

### PREGUNTA 3 – Elección de $\mu$ óptima (tiempo de servicio)

Una empresa atiende solicitudes con un solo servidor y recibe  $\lambda = 10$  solicitudes/hora.

Se dispone de 3 posibles velocidades de servicio:

$\mu=14 \rightarrow$  Costo 20

$\mu=18 \rightarrow$  Costo 28

$\mu=22 \rightarrow$  Costo 40

Costo de espera por cliente: S/. 6 por Hora

**Pide:**

- a) Calcule el costo total para cada opción.
- b) Determine cuál velocidad de servicio minimiza el costo total.
- c) Interprete económicoamente el resultado.

#### **PREGUNTA 4 – Sistema M/M/2 con cálculo completo**

Una empresa de mantenimiento tiene 2 técnicos que atienden pedidos. Llegadas:  $\lambda = 22$  pedidos/hora; servicio por técnico:  $\mu = 15$  pedidos/hora. Costos:

- Costo por pedido en cola: S/. 7 por hora
- Costo por técnico: S/. 32 por hora

**Pide:**

- a) Calcule  $P_0$ ,  $L_q$ ,  $W_q$  y  $W$  para M/M/2.
- b) Calcule el costo total por hora.
- c) Evalúe si añadir un tercer técnico sería viable si su costo es S/. 32 adicionales.