



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMATICOS
CÁTEDRA DE MÉTODOS PROBABILÍSTICOS (MEP-115).

GUÍA DE LABORATORIO N°: 9.

TEMAS A CUBRIR:

1. Análisis de sistemas de colas.
2. Cálculo Asociados a los sistemas de colas.
3. Redes Abiertas y Cerradas de colas.

El objetivo de este laboratorio es practicar el análisis de los sistemas de colas, y aprender a realizar los cálculos asociados usando el sistema AQUAS.

1. Análisis de sistemas de colas.

Defina un sistema de colas y describa sus componentes (6 aspectos) en cada uno de los siguientes casos:

- a) Una Barbería.
- b) Un supermercado.
- c) Una gasolinera.
- d) Una caseta de pago de uso de estacionamiento.
- e) Un taller de reparación de llantas.
- f) Un muelle de carga y descarga.
- g) Un sistema de producción.
- h) Una oficina de correos.
- i) Una red de computadoras en una oficina.
- j) El acceso a Internet desde los hogares de una colonia.
- k) Un sistema de comunicación de datos.
- l) Un call-center de una compañía de venta de servicios.
- m) Un computador Main frame manejando transacciones financieras.

2. Cálculo de Probabilidades Limítrofes.

En una gasolinera hay una sola bomba para atender a los clientes. Los carros llegan según un proceso de Poisson. La tasa de llegadas es 2 carros por minuto. Si un carro llega y encuentra n carros en la gasolinera se va inmediatamente sin entrar con una probabilidad de $q_n = n/4$, y se une a la cola con una probabilidad de $1 - q_n$ para $n=0, 1, 2, 3, 4$. Los carros se atienden por orden de llegada. El tiempo de servicio es Exponencial (incluye el tiempo de bombeo de la gasolina y el tiempo de pagar). El tiempo promedio de servicio es de 3 minutos.

- a) Determine la distribución estacionaria del número de carros en la gasolinera.
- b) Determine la distribución estacionaria del número de carros esperando en la cola.
- c) Determine el tiempo que esperan los clientes que deciden comprar en la gasolinera.
- d) Determine el tiempo que esperan los clientes en la cola.
- e) Determine el factor de utilización del sistema.
- f) Calcule la probabilidad de que hayan 3 carros en la gasolinera.

Al ejecutar el sistema AQUAS se obtienen los siguientes resultados con los parámetros de $\lambda = 2$ $\mu = 3$

Parametros de salida					
Modelo M/M/1 con Lambda =2 , Mu =3					
L =	2	W =	1	Intensidad =	0.66667
Lq =	1.3333	Wq =	0.66667	Eficiencia =	3

Respuestas: a) 2 b) 1.3333 c) 1 d) 0.66667 e) 0.66667

Para responder al literal f) se debe usar la parte inferior derecha estos parámetros de salida,

p clientes

Obteniéndose:

p clientes 0.098765

Nota: En el problema se da más información de la necesaria para los cálculos solicitados. Ya que se dan las probabilidades de repudiar el sistema así como las de unirse a la cola para los casos de n=0, 1, 2, 3 ó 4 carros en la gasolinera.

- g) ¿Cuánto tiempo se espera que se tarden en el sistema un cliente que se encuentre al t=0.5?
- h) ¿Cuánto tiempo deben esperar en cola los clientes que se encuentren al t=0.5?

Esto se resuelve con la sección ubicada en la parte izquierda a la recién usada para responder a f).

En t= W(t)= 0.39347
 En t= Wq(t)= 0.59565

Suponga ahora que la gasolinera cuenta con dos bombas para atender a los clientes en lugar de sólo una, y que se conservan todos los parámetros iniciales del ejemplo anterior.

La parte analítica del sistema AQUAS responde con:

Parametros de salida				
Modelo M/M/s con Lambda =2 , Mu =3 , s =2				
L =	0.75	W =	0.375	Intensidad = 0.33333
Lq =	0.083333	Wq =	0.041667	Eficiencia = 1.125

Las respuestas a literales a) hasta e) equivalentes al problema con dos bombas serán entonces:

Respuestas: a) 0.75 b) 0.083333 c) 0.375 d) 0.041667 e) 0.33333

Las otras respuestas se obtienen de:

En t= <input type="text" value="0.5"/> W(t)= 0.73297	p <input type="text" value="3"/> clientes 0.037037
En t= <input type="text" value="0.5"/> Wq(t)= 0.97744	

¿Puede decir cuál es la probabilidad de que lleguen 5 o más carros a esta gasolinera?.

Verifique que el modelo de simulación para G/G/2 con parámetro de estabilización=1 y N° de clientes=30 da como resultado:

Parametros de salida				
Modelo G/G/s con s =2, N° clientes=30, Param estabilizacion=1				
L =	0.90088	W =	0.35779	Intensidad = 0.40052
Lq =	0.099835	Wq =	0.03965	Eficiencia = 1.1246

100% completado

3. Redes Abiertas y Cerradas de Colas. (Se deja para los que deseen hacer diferido del final).

4. Ejercicios.

- a) El Banco Agrícola piensa abrir una ventanilla de servicio en automóvil para servicio a los clientes. La gerencia estima que llegarán a una tasa de 15 por hora. El cajero que estará en la ventanilla puede atender a clientes a una tasa de 1 cada 3 minutos. Suponiendo que las llegadas son Poisson y que el servicio es exponencial, encuentre: La utilización del cajero. El número promedio en cola. El número promedio en el sistema. El tiempo promedio en el sistema. El tiempo promedio de espera en cola. Además, por la disponibilidad limitada de espacio y el deseo de proporcionar a los clientes un nivel de servicio aceptable, el gerente del banco quisiera asegurar, con un 95% de certeza que los clientes no tengan que esperar y sean atendidos inmediatamente. Para ello tiene dos opciones: conseguir que el empleado de la ventanilla trabaje más rápido, o poner más empleados conservando la misma tasa de servicio cada uno. Evaluar las dos posibilidades.

RESPUESTAS: $\rho=0.75$ $Lq=2.25$ $L=3$ $W=12$ mins. $Wq=9$ mins.

$P(W \leq 0.05) \Rightarrow \mu=5$ Clientes/minuto. $P(W \leq 0.05) \Rightarrow s=3$ servidores.

- b) En el taller de servicio de la empresa Toyota, los mecánicos que necesitan piezas de repuesto para las reparaciones o el servicio de mantenimiento de un automóvil presentan sus formularios de solicitud en el mostrador del departamento de bodega. El empleado de la bodega llena el requerimiento y va por el repuesto solicitado por el mecánico. Los mecánicos llegan en forma aleatoria (Distribuida en forma Poisson) a una tasa de 40 por hora mientras que el empleado puede completar 20 solicitudes por hora (en forma exponencial). Si el coste de un empleado de la bodega es de \$6 por hora y el de un mecánico es de \$12 por hora, determinar el número óptimo de empleados para el mostrador. (Nota: Dado que la tasa de llegadas es alta, se puede suponer una población infinita).

RESPUESTAS: $s=4 \Rightarrow$ Costo Total=\$26/hora.

- c) Una empresa de ingeniería contrata a un especialista técnico para que auxilie a cinco ingenieros de diseño que trabajan en un proyecto. El tiempo de ayuda del especialista varía considerablemente; algunas veces las respuestas son inmediatas; pero otras veces requieren de hacer algunos cálculos; y en otras, se requiere un mayor tiempo de investigación. En promedio, el especialista tarda una hora con cada solicitud. Los ingenieros requieren el apoyo del especialista una vez al día, en promedio. Puesto que cada ayuda tarda aproximadamente una hora, cada ingeniero puede trabajar siete horas, en promedio, sin ayuda. Responda: ¿Cuántos ingenieros, en promedio, esperan la ayuda del especialista técnico?. ¿Cuál es el tiempo promedio que tiene que esperar un ingeniero al especialista?. ¿Cuál es la probabilidad de que un ingeniero tenga que esperar en la cola al especialista?.

RESPUESTAS: $Lq=2.44$ $Wq=2.49$ horas $P(W)=0.9822$

- d) Un médico alergólogo cuenta con un excelente sistema para atender a sus pacientes habituales que sólo van por sus inyecciones antialérgicas. Los pacientes llegan por una inyección y llenan una papeleta, la cual se coloca en una rendija que comunica con otra sala, donde están una o dos enfermeras. Se preparan las inyecciones específicas para un paciente y se le llama por el sistema de megafonía para que pase a la sala para la inyección. A ciertas horas del día, baja la carga de trabajo y sólo se requiere una enfermera para aplicar las inyecciones. Consideremos el caso en el que sólo hay una enfermera. Suponga también que los pacientes llegan en forma aleatoria y que la tasa de servicio de una enfermera está distribuida exponencialmente. Durante el período más lento, los paciente llegan aproximadamente cada tres minutos. La enfermera necesita dos minutos para preparar la vacuna del paciente y aplicar la inyección. Responda: ¿Cuál es el número promedio de personas que se encontrarán en la clínica? ¿Cuánto tiempo tardaría una persona en llegar, recibir la inyección y salir? ¿Cuál es la probabilidad de que estén tres o más pacientes en el consultorio?. ¿Cuál es la utilización de la enfermera?.

RESPUESTAS: $L=2$ $W=6$ mins. $P(L > 2)=0.3$ $\rho=0.6667$

- e) El gerente de un banco debe determinar cuántos cajeros deben trabajar los Viernes. Por cada minuto que un cliente espera en cola, se supone que se incurre en una pérdida de \$0.05. Al banco llegan en promedio 2 clientes por minuto. Además, en promedio, un cajero tarda 2 minutos en tramitar la transacción de un cliente. Al banco le cuesta \$9 por hora la contratación de un cajero. Los tiempos entre llegadas y los tiempos de servicio son Exponenciales.

RESPUESTAS: $s=4 \Rightarrow$ Inestable. $s=5 \Rightarrow$ \$0.86/min. $s=6 \Rightarrow$ \$0.92/min.