**Ejercicios Teoría de Colas – Modelos M/M/1, M/M/1/N y M/M/c**

1) En un país XX vence hoy el impuesto a las plantaciones de bananas. Hay una sola persona en la oficina estatal que cobra dicho impuesto. Atiende por orden de llegada, los que tienen que pagar llegan con distribución de Poisson, con una tasa de 12cli/hora. Todo cliente que llega puede ponerse en cola.

El servidor tarda en promedio 4 minutos con cada cliente con distribución exponencial.

Hallar:

1. ¿Cuál es la probabilidad que el servidor este ocioso?
2. ¿Cuál es la probabilidad que en el sistema haya como mínimo tres clientes?
3. ¿A cuánto tendría que aumentar la tasa de arribos para que el sistema se congestionara?

2) La oficina de rentas del municipio de San Andrés ha implementado una ventanilla exclusiva para que los jubilados puedan pagar sus impuestos sin esperar tanto tiempo. Para ello, se ha destinado a un único empleado.

Se ha observado que los jubilados llegan en promedio a una tasa de 18 personas por hora, y el empleado puede atender en promedio a 24 personas por hora. Se sabe que las llegadas siguen una distribución de Poisson, y los tiempos de atención tienen distribución exponencial.

Se pide calcular:

1. La probabilidad de que no haya nadie en el sistema.
2. La utilización promedio del sistema.
3. El número promedio de personas en el sistema.
4. El número promedio de personas en la fila.
5. El tiempo promedio que una persona pasa en el sistema.
6. El tiempo promedio que una persona pasa esperando en la fila.
7. La probabilidad de que haya exactamente 3 personas en el sistema.

3) En una farmacia mayorista, los clientes realizan pedidos por mostrador para retirar productos. El sistema de atención cuenta con un único empleado que recibe y entrega los pedidos. Se ha observado que arriban 20 clientes por segundo, mientras que el empleado puede atender a razón de 32 clientes por segundo, con tiempos de atención distribuidos exponencialmente.

Por razones de espacio y organización, el sistema solo puede contener como máximo a 6 clientes (1 siendo atendido y hasta 5 esperando). Si un nuevo cliente llega y ya hay 6 personas en el sistema, no puede ingresar y se retira.

Se pide calcular:

1. La probabilidad de que el sistema esté ocioso.
2. La probabilidad de bloqueo.
3. El rendimiento a la entrada.

4) Una oficina de atención al público en un banco habilita un solo mostrador para atender clientes que desean realizar trámites simples. Se ha observado que los clientes llegan a razón de 25 personas por hora, y el empleado del mostrador puede atender a un ritmo de 30 personas por hora, siguiendo una distribución exponencial.

Por protocolos de espacio y comodidad, el banco permite que como máximo haya 4 personas en el sistema: una siendo atendida y tres esperando. Si al llegar un cliente observa que ya hay 4 personas, se retira sin ser atendido.

Se pide calcular:

1. La utilización promedio del sistema.
2. La probabilidad de que haya 0 clientes en el sistema.
3. La probabilidad de que haya 4 clientes en el sistema.
4. El número promedio de clientes en el sistema.
5. El número promedio de clientes en la fila.
6. La tasa efectiva de llegada.
7. El tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema.
8. El tiempo promedio que un cliente pasa esperando en la fila.

5) Un supermercado cuenta con varias cajas habilitadas para atender a los clientes. Durante las horas pico, se ha medido que arriban en promedio *λ* = 90 clientes por hora.

Cada cajero puede atender, en promedio, a *μ* = 20 clientes por hora.  
Para evitar colas largas y mantener una buena experiencia, el supermercado dispone de *c* = 5 cajeros trabajando en paralelo.

1. ¿A qué modelo de teoría de colas pertenece esta situación?
2. ¿El sistema es estable? Justificar la respuesta.