☐ **15-23** Para atraer a más clientes, el propietario del restaurante de comida rápida del problema 15-19 decidió dar una bebida gratis a cada cliente que espere más de 5 minutos para ser atendido. Normalmente, una bebida cuesta 50 centavos. ¿Cuánto se espera que pague el dueño del establecimiento todos los días por las bebidas que obsequia? Supóngase que el restaurante está abierto 12 horas todos los días.

☐ **15-24** Resuelva el problema 15-19 suponiendo que los clientes que no se pueden unir a la línea de la ventanilla de servicio normalmente se irán a otra parte.

☐ **15-25** Una cafetería tiene una capacidad máxima de asientos para 50 personas. Los clientes llegan a un flujo de Poisson a la tasa de 10 por hora y, son atendidos a la tasa de 12 por hora. Por simplicidad, suponga que los clientes son atendidos uno a la vez por un mesero.

(a) ¿Cuál es la probabilidad que el próximo cliente no coma en la cafetería porque ésta se encuentra llena?

(b) Suponga que tres clientes desean sentarse juntos (con tiempos de llegada aleatorios). ¿Cuál es la probabilidad que no pueda cumplirse su deseo? (Suponga que se pueden hacer arreglos para sentarlos juntos, siempre y cuando se tengan tres asientos vacíos en cualquier lugar de la cafetería.)

■ **15-26** Los pacientes llegan a una clínica según una distribución de Poisson a una tasa de 30 pacientes por hora. La sala de espera no da cabida a más de 14 pacientes. El tiempo de auscultación por cada paciente es exponencial con una tasa media de 20 por hora.

(a) Determine la tasa efectiva de llegadas a la clínica.

(b) ¿Cuál es la probabilidad de que un paciente que llegue a la clínica no tendrá que esperar? ¿Hallará un asiento desocupado en la sala?

(c) ¿Cuál es el tiempo de espera estimado hasta que un paciente pueda salir de la clínica?

☐ **15-27** Una tienda de servicio por correo tiene una sola línea telefónica, atendida por una operadora que tiene instrucciones de mantener en espera a un máximo de tres clientes en la línea, mientras toma sus órdenes. Las llamadas llegan según una distribución de Poisson cada 5 minutos. El tiempo necesario para tomar cada orden es exponencial con un promedio de 6 minutos.

(a) En promedio, ¿cuánto tiempo espera un cliente antes de ser atendido por la operadora?

(b) ¿Opina usted que el tiempo de espera obtenido en (a) es razonable para una tienda de este tipo?

(c) Suponiendo que la tienda continuará usando sólo una línea telefónica, ¿qué sugeriría para reducir el tiempo de espera en la línea?

☐ **15-28** En el ejemplo 15.5-3 utilice TORA para comparar los desempeños al usar 4, 5, 6 o 7 autos en la compañía que se ha unido.

☐ **15-29** En $(M/M/2):(DG/\infty/\infty)$, el tiempo medio de servicio es de 5 minutos y el tiempo medio entre llegadas es de 8 minutos.

(a) ¿Cuál es la probabilidad de una demora?

(b) ¿Cuál es la probabilidad de que al menos uno de los servidores esté inactivo?
(c) ¿Cuál es la probabilidad de que ambos servidores estén desocupados?

■ **15-30** Un centro de cómputo está equipado con ~~tres~~ 5 computadoras digitales, todas del mismo tipo y capacidad. El número de usuarios en el centro en cualquier momento es igual a 10. Para *cada* usuario, el tiempo para escribir un programa e introducir los datos, es exponencial con tasa media de 0.5 por hora. El tiempo de ejecución por programa está exponencialmente distribuido con tasa media de 2 por hora. Suponiendo que el centro está en operación sobre una base de tiempo completo, y sin tomar en cuenta el efecto del tiempo que la computadora está parada encuentre lo siguiente.

(a) Probabilidad de que un programa no se ejecute inmediatamente que se recibe en el centro.
(b) Tiempo promedio hasta que un programa sale del centro.
(c) Número promedio de programas que esperan su proceso.
(d) Número esperado de computadoras inactivas.
(e) Porcentaje de tiempo que el centro está sin trabajo.
(f) Porcentaje promedio de tiempo ocioso *por computadora.*

□ **15-31** Un aeropuerto da servicio a tres tipos de pasajeros: los que llegan de las áreas rurales, los que llegan de las áreas suburbanas y los viajeros en tránsito que cambian de aeroplano en el aeropuerto. La distribución de llegadas para cada uno de los tres grupos se supone de Poisson con tasa media de 10, 5 y 7 por hora, respectivamente. Suponiendo que todos los clientes requieren el mismo tipo de servicio en la terminal y que el tiempo de servicio es exponencial con tasa media de 10 por hora, ¿cuántos puestos de servicio deberán tenerse en la terminal según cada una de las condiciones siguientes?

(a) El tiempo promedio de espera en el sistema por cliente no excederá de 15 minutos.
(b) El número esperado de clientes en el sistema será a lo más 10.
(c) La probabilidad de que todos los puestos o terminales de servicio no excederá de 0.11.

□ **15-32** En un banco los clientes llegan según una distribución de Poisson con media de 36 por hora. El tiempo de servicio por cliente es exponencial con media de 0.035 hora. Suponiendo que el sistema puede acomodar a lo más 30 clientes a la vez, ¿cuántos cajeros deberán suministrarse según cada una de las condiciones siguientes?

(a) La probabilidad de tener más de 3 clientes esperando sea menor que 0.20.
(b) No exceda de 3 el número de clientes que espera en el sistema.

X ■ **15-33** En un lote de estacionamiento existen 10 espacios solamente. Los automóviles llegan según una distribución de Poisson con media de 10 por hora. El tiempo de estacionamiento está exponencialmente distribuido con media de 10 minutos. Determine lo siguiente.

(a) Número esperado de espacios de estacionamiento vacíos.
(b) Probabilidad de que un automóvil que llegue no encontrará un espacio para estacionarse.
(c) Tasa efectiva de llegadas del sistema.

□ **15-34** En el $(M/M/5):(DG/20/\infty)$, suponga que $\lambda = 1/3$ y $\mu = 1/12$. Utilice TORA para verificar que $\lambda_{ef} = \mu(L_s - L_q) = \mu(c - \overline{c}) = \lambda(1 - p_{20})$, donde $c = 5$ y $\overline{c}$ es el número esperado de canales inactivos.

□ **15-35** Verifique los cálculos en la tabla 15-1 usando TORA.

× □ **15-36** En una instalación de autoservicio las llegadas ocurren según una distribución de Poisson con media de 50 por hora. Los tiempos de servicio por cliente están exponencialmente distribuidos con media de 5 minutos.

(a) Encuentre el número esperado de clientes en servicio.
(b) ¿Cuál es el porcentaje de tiempo que la instalación está inactiva?

□ **15-37** Diez máquinas están siendo atendidas por una sola grúa. Cuando una máquina termina su carga se pide a la grúa que descargue la máquina y la provea de una nueva carga tomada de un área de funcionamiento adyacente. El tiempo de maniobra por carga se supone exponencial con media de 30 minutos. El tiempo desde el momento en que la grúa pone a trabajar una máquina hasta que le trae una nueva carga, también es exponencial con media de 10 minutos.

(a) Encuentre el porcentaje del tiempo que la grúa está ociosa.
(b) ¿Cuál es el número esperado de máquinas que esperan servicio de la grúa?

* □ **5-38** Dos mecánicos están atendiendo cinco máquinas en un taller. Cada máquina se descompone según una distribución de Poisson con media de 3 por hora. El tiempo de reparación por máquina es exponencial con media de 15 minutos.

(a) Encuentre la probabilidad que los dos mecánicos estén ociosos y que uno de ellos esté desocupado.
(b) ¿Cuál es el número esperado de máquinas inactivas que no se les está dando servicio?

□ **15-39** Considere los modelos para servicio a máquinas $(M/M/1):(DG/6/6)$ y $(M/M/3):(DG/20/20)$. La tasa de descomposturas por máquina es de una por hora, mientras que la tasa de servicio es de 10 por hora. Demuestre que aun cuando en el primer modelo se le asignan 6 máquinas a un técnico y, en el segundo modelo cada técnico es responsable de $6\frac{2}{3}$ máquinas, el segundo modelo produce un tiempo estimado de espera menor por máquina. Justifique esta conclusión.

□ **15-40** Resuelva el ejemplo 15.6-1 suponiendo que la distribución del tiempo de servicio está dada como sigue:

(a) Uniforme de $t = 5$ minutos a $t = 15$ minutos.
(b) Normal con media de 9 minutos y variancia de 4 minutos^2.
(c) Discreta con valores iguales a 5, 10 y 15 minutos y probabilidades de 1/4, 1/2 y 1/4, respectivamente.

* □ **15-41** Una línea de producción consta de dos estaciones. El producto debe pasar por las dos estaciones en serie. El tiempo que pasa el producto en la primera estación es constante e igual a 30 minutos. La segunda estación hace un ajuste (y cambios menores) y, por lo tanto, su tiempo dependerá de la condición del artículo cuando se reciba de la estación 1. Se calcula que el tiempo en la estación 2 es uniforme entre