



## CATEDRA DE MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA TOMA DE DECISIONES

### Práctica de Teoría de Colas

La siguiente práctica es una recopilación de ejercicios tomados de exámenes hechos por la cátedra.

**1-** Una estación gasolinera posee actualmente una capacidad de atención de 4 minutos por cliente, y recibe en promedio un cliente cada 5 minutos. Un estudio de motivación que se realizó cuantificó una pérdida de imagen de  $\$5$  por cliente en cada minuto de su estadía en la estación de servicio. El propietario está analizando la posibilidad de aumentar en un 50% su capacidad de servicio a sus actuales clientes, pero antes, posee las siguientes interrogantes, que usted debe contestar:

- ¿Cuál es el grado de utilización de la estación de servicio? **R/  $U= 0.8$**
- ¿Cuál es la probabilidad de que halla un solo vehículo haciendo fila? **R/  $P= 0.16$**
- ¿Cuál es la probabilidad de que hayan más de dos vehículos en el sistema? **R/  $P=0.512$**
- ¿Cuál es la duración promedio de un cliente en la estación de servicio? **R/  $W_s=20 \text{ min.}$**
- Hasta cuánto se justificará incrementar los costos de operación por hora para lograr el incremento indicado en la tasa de servicio. **R/ Hasta un  $Ls$  de  $1.14$**

**2-** Una pequeña tienda de abarrotes, tiene una sola caja de salida con un cajero a tiempo completo. Los clientes llegan a la caja de acuerdo a un proceso aleatorio (Poisson) a un promedio de un cliente cada 2 minutos. La distribución del tiempo de servicio es exponencial con una tasa media de 1.5 minutos por cliente. Esta situación ha dado como resultado, largas colas ocasionales y quejas por parte de los clientes. Como hay lugar para otra caja, se ha pensado en otro cajero o que se contrate a otra persona para que ayude al cajero a empacar la mercadería. Esta ayuda reduciría a un minuto el tiempo esperado que se requiere para dar servicio al cliente. El pago total a este nuevo empleado sería de  $\$50$  la hora. Los cajeros ganan  $\$100$  la hora.

Se estima que la tienda deja de ganar  $\$1000$  por cada minuto que el cliente se atrasa en salir de la tienda.

El gerente desea determinar con base en el costo total si valdría la pena contratar a esta otra persona o al cajero adicional y por qué.

**3-** La compañía Fast Food Inc., desea instalar un restaurante de comidas rápidas en un nuevo centro comercial. El propietario requiere determinar que sistema de colas, con la correspondiente cantidad de servidores, sería el más indicado para su nuevo local: el utilizado por la cadena de comida Burger King, o el utilizado por la empresa Mc Donalds, tomando en consideración que se tiene como meta proyectada un tiempo de espera máximo de 2 minutos antes de ser atendidos. De acuerdo con datos históricos





de otros restaurantes con características similares, se puede esperar que los clientes lleguen de acuerdo con una distribución de Poisson a una velocidad promedio de 45 clientes por hora y el estándar de tiempo que un cajero necesita para atender a un cliente de acuerdo al sistema empleado por Mc Donalds es de 3 minutos por cliente, mientras que el sistema empleado por Burger King tarda en promedio 3.75 minutos por cliente, ambos con una distribución exponencial.

Determine cuál sería el sistema de colas que usted recomendaría. **R/Mc Donalds  $Wq=1.8$  min con  $N=6$  y BK  $Wq=1.21$  minutos con  $N=4$**

**4-** Una empresa de reproducción gráfica tiene equipo en serie de proceso automático, pero que en ocasiones está fuera de servicio porque requiere de ciertos suministros, mantenimiento o reparación. Se puede contratar personal para los suministros, mantenimiento o reparación a \$5 la hora, pero solo trabajan en equipo. Entonces si se contrata una persona, trabaja sola, si son dos o más personas, solo pueden trabajar juntas en la misma tarea, debido a lo complicado del equipo y hasta un máximo de 5 personas por equipo debido a las restricciones de espacio. Una persona puede reparar el equipo en un tiempo promedio de 30 minutos, dos personas tardan una tercera parte menos, tres personas un 50% menos, cuatro personas un 60% menos y cinco personas dos terceras partes menos de lo que tarda una persona en realizar la reparación. Si el equipo está inactivo las perdidas ascienden a \$20 por hora. El promedio de averías del equipo es de tres por hora. ¿A cuántas personas hay que contratar para las reparaciones? **R/ Se deben contratar a 5 personas a un CT de \$45 por hora**

**5-** La empresa Taxi Cab mantiene instalaciones de servicio para realizar reparaciones a sus vehículos. Datos históricos muestran que los taxis tienen descomposturas de acuerdo a un proceso de Poisson a una tasa promedio de 2 cada 24 horas incluyendo los fines de semana y la cantidad de tiempo requerido por un mecánico para reparar un taxi en su estación de servicio, sigue una distribución exponencial con un promedio de 16.8 horas. Sin embargo la administración puede estar segura de que los mecánicos se presentarán a trabajar solamente el 80% del tiempo, debido a enfermedades y vacaciones, por lo que deberá tomarse en cuenta la ausencia de los mecánicos en el tiempo de servicio promedio. El departamento de contabilidad ha indicado además, que el costo total por hora de un mecánico, incluyendo salarios, prestaciones e impuestos, es de \$24 y que un taxi promedio obtiene un beneficio neto de \$ 792 en un periodo de 24 horas. Determine cuantos mecánicos deberá tener la compañía para esos periodos, conociendo que por política de la empresa cada vehículo es atendido por un solo mecánico y cada mecánico trabaja una jornada de 8 horas. **R/ 3 servidores, 9 mecánicos**

**6-** En la agencia de un banco hay cuatro ventanillas para la atención del público. A esa agencia llegan en promedio 24 clientes por hora y el tiempo medio de servicio es de 7 minutos y 30 segundos por cliente. El banco desea saber si es preferible poner el sistema de cola única o el sistema de una cola por ventanilla.





¿Cuál será en promedio la economía de tiempo por cliente comparando los dos sistemas? ¿Cuál sistema escoge usted? **R/Mejor una cola ahorra 18 minutos**

**7-** Una tienda de abarrotes está analizando dos posibilidades de dar servicio a su clientela. Una posibilidad consiste en dar autoservicio, de modo que tomando en cuenta todos los costos de instalación, mantenimiento y servicio cada unidad de cajas le costaría  $\text{¢}1.000$  por hora. El cliente se sirve la mercadería.

La otra posibilidad es tener mostradores y atender directamente los pedidos de los clientes. El costo por funcionario de despacho es de  $\text{¢}450$  por hora.

El dueño ha hecho pruebas con los dos sistemas obteniendo los siguientes resultados:

Auto servicio: Tasa media de servicio 6 minutos por cliente

Atención directa: Tasa media de servicio 5 minutos por cliente

En promedio llegan 10 personas por hora para ambos casos.

¿Determine cuántas unidades de servicio son necesarias en el sistema?

¿Por cuál se inclinaría y por qué? **R/Un dependiente y una cola sistema de mostrador y despacho**

**8-** Se desea construir un aeropuerto en Guanacaste y se tiene la siguiente información: la tasa promedio de llegada de los aviones es de 27 aviones por hora. La tasa de aterrizajes por hora por pista es de 30. Según cálculos de la compañía constructora el costo de construir una pista de aterrizaje es de  $\text{¢}129.600.000$  el cual se pagará en 5 años sin intereses. El costo de un avión esperando aterrizar es de  $\text{¢}10.000$  por hora y lo debe pagar el gobierno de Costa Rica a la empresa que brinda el servicio. ¿Cuántas pistas debe tener el aeropuerto de modo que el costo total sea el óptimo? (Utilice un año de 365 días y el día de 24 horas laborales) **R/Dos pistas de aterrizaje**

**9-** Un bodegón de productos al mayorista, con tres dependientes, desea conocer las principales conclusiones que se obtendrían de un estudio de líneas de espera en el sistema (duración promedio del cliente en el establecimiento) si se cambia la modalidad actual consistente en que cada dependiente asigna un número a cada cliente de su propia cola, hacia un sistema de cola única, en que los mismos tres dependientes atienden una sola secuencia de números de llegada. Los datos que se disponen es que los clientes llegan en forma aleatoria al establecimiento (Poisson) cada 20 minutos en promedio y cada dependiente atiende en 20 minutos en promedio a cada cliente (exponencial). **R/3 colas independientes  $W_s=0.5$  hrs. Y Una sola cola y  $N=3$  el  $W_s$  es de 0.348 hrs**

**10-** El almacén el Eléctrico S.A. desea brindar un servicio de magnífica atención, definido por el hecho de que en promedio un cliente no deba de esperar más de 10 minutos para ser atendido ante una caja. Si los clientes llegan con una tasa de 12 por hora ¿cuántas cajas abiertas se deberán disponer para dicha meta, si un cajero atiende en promedio una persona cada 10 minutos? **R/ Tres cajeros  $W_q= 4.44$  minutos**





**11-** En una institución pública se está estudiando el problema de determinar el número óptimo de empleados que hay que colocar en las ventanillas para el pago de viáticos para funcionarios que viajan dentro del país. La tasa de llegada de los funcionarios es de 1.6 por minuto en promedio, con un salario de  $\text{¢}600$  por hora. Los cajeros ganan  $\text{¢}300$  por hora y brindan una tasa de servicio de 0.9 personas por minuto y se comporta como una función exponencial negativa. **R/Tres cajeros**

**12-** Una compañía de productos lácteos, cuenta con su propio servicio de distribución, el cual busca optimizar. Se estima que los camiones llegan con una tasa de 10 cada hora y la tasa de descarga es de 2 camiones por hora hombre. El tiempo para descargar un camión es inversamente proporcional al número de trabajadores que están descargando, cuyo salario es de  $\$2.50$  la hora. El sistema de descarga permite que se descargue solamente un camión a la vez y se estima que el costo de un camión ocioso, así como un chofer es de  $\$20$  la hora. La gerencia de operaciones desea determinar el número óptimo de trabajadores que requiere para descargar cada uno de los camiones de la empresa y con ello determinar el costo promedio de la cuadrilla de descarga por hora.

**R/ El tamaño de la cuadrilla es de 11 personas y su costo promedio de descarga es de  $\$27.5$**

**13-** Un inversionista se encuentra analizando la decisión a tomar con respecto a abrir un restaurante de comida rápida o un restaurante de comida convencional. Los datos que dispone indican que en el de comida rápida la tasa de llegadas (Poisson) es de 100 clientes por hora y la tasa de servicio (Exponencial) es de 25 clientes por hora. Por el contrario en la comida convencional la tasa de llegada es de 30 clientes por hora y la atención es de 6 clientes por hora. La utilidad por cliente así como el salario del mesero, es de  $\text{¢}175$  la hora y de  $\text{¢}200$  la hora para comida rápida y de  $\text{¢}800$  y  $\text{¢}350$  para la comida convencional respectivamente.

Según los estudios realizados, los tiempos de espera para el caso de comida rápida no deben de exceder de 5 minutos ya que los clientes se desmotivan y reduce la tasa de llegada indicada en un 50%. Para el caso del restaurante convencional los clientes no deben esperar para ser atendidos más de quince minutos, ya que se reduce la clientela en un 60%.

¿Qué le recomendaría usted y por qué?

**14-** El propietario de una venta de tacos posee un pequeño puesto tipo ventana y se encuentra en el dilema que los fines de semana se aglutinan en promedio 5 clientes simultáneamente durante todo el día en su ventana, lo que desestimula el regreso de los mismos. El considera que su eficiencia no es problema dado que tarda en promedio 2 minutos por cliente (aunque lo haya pedido con chile). Podría reducir a la mitad el tiempo promedio de los clientes en su taquería añadiendo un ayudante que implica un incremento en costos de  $\text{¢}100$  por hora. Determine si se justifica dicho ayudante,





conociendo que el costo de espera de los clientes es de  $\$50$  por hora. R/ Se justifica contratar al ayudante, costo baja en  $\$25$  por hora

**15-** Un restaurante de comida rápida tiene una ventanilla para dar servicio a automóviles. Se estima que los autos llegan de acuerdo con una distribución de Poisson a la tasa de 2 cada 5 minutos y que hay espacio suficiente para dar cabida a una fila de 10 automóviles. Otros autos que llegan pueden esperar fuera de este espacio, de ser necesario. Los empleados tardan 1.5 minutos en promedio en surtir un pedido, pero el tiempo de servicio varía en realidad según una distribución exponencial. Determine:

- La probabilidad de que el establecimiento esté inactivo R/0.6
- El número esperado de clientes aguardando a que se les atienda R/0.9 clientes
- El tiempo de espera calculado hasta que un cliente pueda hacer su pedido en la ventanilla R/2.25 minutos
- La probabilidad de que la línea de espera será mayor que la capacidad del espacio que conduce a la ventanilla de servicio a automóviles R/0.3628%

**16-** El almacén de materias primas Roper S.A. desea saber cuántos bodegueros debe contratar con el fin de poder atender la demanda de solicitudes que por requisiciones de repuestos hacen los mecánicos para que el sistema opere al costo mínimo. Al almacén llegan diariamente 40 solicitudes por requisiciones. El almacén tiene capacidad para atender en promedio 2 requisiciones cada media hora. Cada mecánico gana por hora  $\$1.000$  y los bodegueros gana  $\$125$  por hora, se trabaja diariamente por ocho horas.

- ¿Cuántos bodegueros debe contratar la empresa para que el sistema opere al costo mínimo? R/ Optimo tres bodegueros
- ¿Cuál es el costo total por hora para este caso? R/ $\$1736$

**17-** Tico Rent a Car opera su propia instalación de lavado y limpieza de automóviles para prepararlos para su alquiler. Los carros llegan a la instalación de limpieza en forma aleatoria a una tasa de 5 por día. La empresa ha determinado que la tasa de lavado por día será de  $2n$ , en donde  $n$  es el número de personas que trabajan en un automóvil. Se ha determinado que este procedimiento de lavado se ajusta a una distribución exponencial. El salario de los posibles trabajadores, será de  $\$30$  por día y se ha determinado que los costos por un vehículo que no esté disponible para alquiler es de  $\$25$  por día.

- Calcule el número de empleados que deben contratarse en la instalación de lavado, para que produzca el menor costo. R/ Cuatro empleados costo de  $\$162$
- Calcule y comente todas las características de operación del modelo de Teoría de Colas, para la decisión que tomó en el punto anterior.





**18-** El departamento de investigación de mercados de una empresa que fabrica productos de consumo masivo, trata de determinar si renta una fotocopiadora lenta o una rápida. El departamento valora el tiempo de un empleado en  $\text{¢}1500$  la hora. El arrendamiento de la fotocopiadora lenta cuesta  $\text{¢}400$  la hora y un empleado tarda un promedio de 10 minutos en hacer sus copias. La copiadora rápida cuesta  $\text{¢}1500$  la hora en arrendamiento, y un empleado tarda en promedio 6 minutos en hacer sus copias. En promedio cada 15 minutos alguien debe usar la copiadora.

**19-** Una empresa dedicada a la venta de bisutería instaló una nueva tienda donde los clientes forman una sola fila cuando pasan por las dos cajas registradoras. La empresa desea mejorar su servicio ya sea contratando un nuevo cajero o mediante la instalación de detectores de barras en las cajas ya existentes. Los clientes llegan a una tasa de 12 por hora y el tiempo que un cajero necesita para atender a 8 clientes es de una hora. Los asesores estiman que modernizar los cajeros con un equipo de código de barras aumentaría la eficiencia en 20% en la tasa de servicio. El costo por hora de un cajero es de \$ 15 y se sugiere el costo de un cliente en espera en \$30 por hora. Para cubrir el costo del equipo de código de barras, la tasa del cajero debería aumentarse a \$19. ¿Debe la compañía cambiar su actual sistema de operación por alguna de las dos propuestas?**R/ Dos cajeros con código de barras el Ls=2.05 y el CT=\$99.5. Con tres cajeros el Ls=1.736 y el CT=\$97.1 y con dos cajeros sin código de barras el Ls es de 3.429 y el CT= \$132.9**

**20-** Una empresa dedicada a la venta de varias líneas de tornillos y accesorios, ha determinado que los clientes llegan en forma aleatoria cada 10 minutos en promedio y cada uno de los tres empleados atiende en 20 minutos en promedio a un cliente. El gerente a solicitado a usted, que determine que pasa si el sistema actual de cola única con numeración consecutiva (take a tab), se cambia por un sistema en que cada servidor asigna un número a cada cliente de su propia cola, con la condición de mantener el actual tiempo de espera que brinda el servicio. Con los resultados obtenidos, recomiende si conviene cambiar de sistema. Razone su respuesta. **R/Optimo el sistema actual ya que su costo de servicio es menor. En la otra opción el costo se eleva a 5 personas por hora trabajando en la instalación de servicio**

**21-** Una empresa que se dedica a la manufactura de tela, tiene en su planta un gran número de máquinas tejedoras que con frecuencia se atascan. Esas máquinas son reparadas bajo el procedimiento de primera en entrar, primera en ser revisada, por uno de los ocho miembros del personal de reparación. La aparición de máquinas atascadas puede ser aproximada por un proceso de llegadas Poisson con una tasa promedio de 25 por hora. Cada máquina atascada requiere una cantidad aleatoria de tiempo para su reparación que puede ser aproximada por una distribución exponencial con un tiempo promedio de servicio de 15 minutos. El costo de una hora de producción pérdida debería incluir costos explícitos, como la cantidad de ganancias no obtenidas y los costos implícitos como, la pérdida de voluntad por parte de los clientes, si no se cumple con la fecha de entrega de la mercadería. Si cada mecánico le cuesta a la empresa





¢1280 por hora, incluyendo las cargas sociales; y a su vez el departamento de contabilidad ha estimado que la compañía pierde ¢2560 por cada hora que una máquina este fuera de operación. Determine la cantidad de mecánicos que debe tener el departamento de mantenimiento de la empresa, para minimizar los efectos de las composturas de las máquinas en sus costos.

**22-** Un cinema ubicado en el Mall Estrella, utiliza en la actualidad tres taquillas para atender el público que va a asistir a las diferentes salas. Se ha observado que las llegadas son aleatorias, a un ritmo promedio de 75 personas por hora y el tiempo de servicio tiende a ser aleatorio, dependiendo del número de entradas que se compre. Se ha determinado que el tiempo promedio que permanece en la taquilla una persona es de 1.5 minutos. Debido a la gran demanda de locales comerciales que se presentó al inicio de la construcción, el propietario del cinema compró locales para las taquillas considerablemente distanciadas entre sí y de la entrada principal de las salas. En vista a que se pretende realizar una ampliación en las instalaciones del Mall, tiene la posibilidad de reubicar las taquillas en una sola área, de tal manera se puede utilizar una sola fila para la venta de los boletos que alimente las nuevas taquillas. El propietario desea conocer si necesita construir 2, 3, 4, 5 o más taquillas con el sistema propuesto, de tal manera que el tiempo promedio en el sistema de líneas de espera de cada una de las taquillas sea igual o menor al sistema actual. (utilice tres decimales para los cálculos). **R/Necesita construir 3 taquillas bajo el sistema de una fila y varios servidores con un tiempo de  $W_s = 2$  minutos**

**23-** Un banco planea abrir una ventanilla de servicio en automóvil para servicio a los clientes. La Gerencia estima que los clientes llegarán a una tasa de 15 por hora. El cajero que estará en la ventanilla puede atender clientes a razón de uno cada tres minutos. Por la disponibilidad limitada de espacio y el deseo de proporcionar un nivel de servicio aceptable, el gerente de banco quisiera asegurar, con 95% de certeza, que no existen más de tres automóviles en el sistema al mismo tiempo. El gerente lo ha contratado para conocer cuál es el nivel de servicio actual para un límite de tres automóviles, su costo correspondiente y cuál debería de ser la tasa de servicio del cajero para asegurar un nivel de servicio del 95% para un límite de tres automóviles.

El gerente desea conocer además que si modernizando la estación del cajero, con un equipo de cómputo que semiautomatice el trabajo, el cual aumentaría la tasa de servicio en un 60% si se pudiese alcanzar el 95% de nivel de servicio deseado. Los asesores estiman que colocando otro cajero (sistema con dos servidores) lograría el nivel de servicio que desea el gerente, alquilando un lugar colindante con el cajero existente.

El Departamento de Contabilidad sugiere que el costo actual de un cliente en espera debería ser valuado en \$30 por hora y que el costo por hora de un cajero es de \$15 incluyendo prestaciones. Sin embargo, para cubrir el costo del equipo de cómputo, la tasa del cajero debería aumentarse a \$54. El costo por concepto de alquiler y remodelación aumentaría el costo del servicio a \$35 la hora. ¿Cuál alternativa recomendaría usted al gerente del banco?





**24-** En Moravia Los Colegios, la empresa de helados POPS, abrió un pequeño local con una ventanilla con atención al público. Los clientes llegan en carro a comprar sus helados. El administrador de la heladería desea brindar un servicio de magnífica atención, definido por el hecho de que en promedio un cliente no debe esperar más de 5 minutos para ser atendido en la ventanilla. Si los clientes llegan con una tasa de 50 por hora. ¿ Cuantos empleados deberán de trabajar en la heladería para ofrecer una tasa de servicio, de tal manera que los clientes no deban esperar más de 5 minutos; si un empleado tarda en promedio 10 minutos en preparar el pedido de un cliente?. **R/Se necesitan 10 empleados**

**25-** Una compañía industrial dispone de gran cantidad de máquinas para su proceso de producción y opera con dos turnos de 8 horas cada uno. Se quiere implantar un programa de mantenimiento preventivo, con el fin de disminuir las descomposturas de las máquinas, por lo que se ha determinado que el tiempo promedio entre máquinas que se enviarán a este mantenimiento preventivo será de una hora. Para este mantenimiento se planea trabajar también 2 turnos de 8 horas por día y se ha estimado que un mecánico da mantenimiento a cada máquina por un período de 1.5 horas en promedio. Cada mecánico ganará un salario de ₡1000 por turno y cada máquina ociosa le representa un costo diario de ₡5000 a la compañía.

¿Dado que el mantenimiento de cada máquina es suministrado por un mecánico, cuántos mecánicos se necesitarán contratar como mínimo para poner en marcha el programa de mantenimiento al menor costo posible? **R/Se necesitan 3 mecánicos a un CT de \$917.5 la hora**

**26-** Una empresa petrolera esta considerando la expansión de su muelle de descarga en la refinería, debido a que contrató el transporte del petróleo en muy buenas condiciones. Debido a la inclemencias del tiempo y otros factores los barcos llegan cada 1.5 días. El tiempo de servicio es en promedio de 0.8 días. La empresa está considerando tomar un segundo muelle cuyo alquiler sería de \$1,500 diarios, de tal manera que llegaran a una fila y serán atendidos conforme se desocupe el primero (PEPS).

Otra forma alterna de mejorar las instalaciones de descarga, es que la empresa alquile bombas de descarga de alta velocidad que reduciría el tiempo de descarga en cada muelle **en** un 45% del tiempo de servicio actual. El alquiler diario del equipo nuevo es de \$1,500.

Dentro condiciones contractuales con la naviera, es que el barco no debe durar más de 15 horas en el sistema y por cada hora que el barco permanezca en espera, la empresa pagará \$4,000.

Debido a que la empresa trabaja las 24 horas del día, costo total del sistema deberá ser menor a los \$2,000/ hora para que la inversión en cualquiera de las alternativas posibles sea rentable.

¿Cuál alternativa de las propuestas: alquilar un muelle adicional, agregar una bomba a las instalaciones actuales o combinación de las alternativas anteriores, le conviene a la





empresa operar, o mantener su actual sistema de operación? Utilice cuatro decimales para cualquier operación.

R/Sistema actual  $Ls=1.144$  barcos y  $CT=\$5.760$ ; Muelle adicional  $Ls=0.5745$  barcos y  $CT=\$2.360,50$ ; Una cola con un servidor y una bomba  $Ls=0.4155$  barcos y  $CT=\$1.724,50$ ; Una cola con dos muelles y dos bombas  $Ls=0.3$  barcos y  $CT=\$1.387,5$

**27-** El peluquero Lorenzo hace un corte de cabello de acuerdo con una distribución exponencial. Debido a su popularidad, los clientes normalmente llegan a una tasa muy alta, provocándose en promedio 3 clientes simultáneamente durante todo el día en su peluquería, lo que dificulta la atención de sus clientes. Lorenzo realmente se sentiría más cómodo si pudiera brindar un mejor servicio. El considera que su eficiencia no es problema ya que tarda en promedio 10 minutos por cliente. Podría reducir “en” un 25% el tiempo promedio en el sistema de los clientes, contratando a un primo suyo para que le ayude lavando y secando el pelo de los clientes. Su primo le cobraría  $\$100$  la hora. Determine si se justifica contratar a su pariente, conociendo que el costo de espera de los clientes es de  $\$220$  la hora.

R/CT sin pariente es de  $\$660$  la hora y con el pariente es de  $\$595$  la hora. Sí se justifica.

**28-** Una pequeña estación gasolinera tiene un solo surtidor, pero se encuentra ubicada en un lugar de bastante tránsito. Los clientes llegan a la estación de acuerdo a un proceso aleatorio a un promedio de un cliente cada 10 minutos. La distribución del tiempo de servicio es exponencial con una tasa media de 7.5 minutos por cliente. Esta situación ha dado como resultado colas largas que se forman en la calle por falta de espacio en la gasolinera, con las dificultades que eso conlleva. Se ha pensado en aumentar la capacidad de atención mediante la contratación de una persona adicional. Esta ayuda reduciría a 5 minutos el promedio que tarda el cliente en la estación de servicio (incluye la cola en la calle). El pago total a este nuevo empleado sería de  $\$500$  la hora. Se estima que la gasolinera deja de ganar debido a la pérdida de ventas futuras a razón de  $\$300$  por cada hora que los clientes se encuentran en el sistema. ¿El propietario del negocio debe cuantificar si valdría la pena contratar la persona adicional?

R/Debe contratarse al empleado ya que el CT baja en  $\$250$

**29-** Una franquicia de comidas rápidas está considerando operar una ventanilla para automóviles de servicio de alimentos. Suponga que las llegadas de los clientes tienen una tasa promedio de 24 automóviles por hora. Los clientes que llegan colocan sus pedidos en una estación de intercomunicación en la parte trasera del estacionamiento y a continuación conducen hasta la ventanilla de servicio para pagar y recibir sus compras. Se está considerando las siguientes alternativas de servicio.

- Una operación de un solo canal, en la que el empleado surte el pedido y recibe el dinero del cliente. El tiempo promedio de servicio de esta alternativa es 2 minutos.





- Una operación de un solo canal, en el que un empleado surte el pedido, en tanto que un segundo empleado cobra al cliente. El tiempo promedio de servicio de esta alternativa es de 1.5 minutos.

Se valora el impacto de la duración del cliente en el sistema de \$25 por hora como un costo de espera, para reflejar el hecho de que en el negocio de las comidas rápidas el tiempo es importante. El costo de cada empleado es de \$7 por hora.

Cuál es el diseño del negocio de comida rápida de más bajo costo, y cuál es el de menor tiempo promedio en cola para el cliente.

**30-** Una planta de ensamblaje se divide en 6 centros de trabajo y cada uno tiene máquinas que se descalibran con frecuencia. Estas tienen que ser llevadas al taller para su respectiva calibración. Actualmente cada centro de trabajo cuenta con su propio taller de mantenimiento y un mecánico por taller. La tasa de llegada a cada taller es de 5 máquinas por hora y la tasa de servicio de cada mecánico es de 8 máquinas por hora. El gerente de producción desea reducir el tiempo de espera del sistema de 20 minutos aproximadamente, a por lo menos, una duración de 15 minutos. Desea contratar a un consultor que defina si se continúa con el actual sistema, o cambia los pequeños talleres individuales por un gran departamento de mantenimiento que brinde el servicio a todos los centros de trabajo, cada vez que se desocupe un mecánico, este atenderá a la próxima máquina defectuosa (PEPS). El reparador le cuesta a la compañía \$50/hora. El costo de servicio se incrementará en \$5 por cada centro de trabajo adicional, por el contrario, el costo del servicio se incrementará en \$20 para la segunda opción, debido a la gran inversión que debe realizar la empresa. La compañía pierde \$100 por cada hora que una máquina este fuera de operación. El consultor debe definir cual de las dos opciones presenta el menor costo posible.

*Una larga trayectoria de excelencia...*

