



Anderson
Sweeney
Williams
Camm
Martin

Métodos cuantitativos para los negocios

12. Considere el problema de programación lineal siguiente:

$$\begin{array}{ll}\text{Max} & 3A + 3B \\ \text{s.a.} & \\ & 2A + 4B \leq 12 \\ & 6A + 4B \leq 24 \\ & A, B \geq 0\end{array}$$

- Encuentre la solución óptima mediante el procedimiento de solución gráfica.
- Si la función objetivo se cambia a $2A + 6B$, ¿cuál será la solución óptima?
- ¿Cuántos puntos extremos hay? ¿Cuáles son los valores de A y B en cada punto extremo?

AUTOevaluación

13. Considere el programa lineal siguiente:

$$\begin{array}{ll}\text{Max} & 1A + 2B \\ \text{s.a.} & \\ & 1A \leq 5 \\ & 1B \leq 4 \\ & 2A + 2B = 12 \\ & A, B \geq 0\end{array}$$

- Muestre la región factible.
 - ¿Cuáles son los puntos extremos de la región factible?
 - Encuentre la solución óptima utilizando el procedimiento gráfico.
14. Par, Inc. es un pequeño fabricante de equipo y material de golf. El distribuidor de Par cree que existe un mercado tanto para una bolsa de golf de precio moderado, llamada modelo estándar, como para una bolsa de golf de un precio alto, llamada modelo de lujo. El distribuidor tiene tanta confianza en el mercado que, si Par puede fabricar las bolsas a un precio competitivo, comprará todas las bolsas que Par fabrique durante los tres meses siguientes. Un análisis detallado de los requerimientos de manufactura dio como resultado la tabla siguiente, la cual muestra los requerimientos de tiempo de producción para las cuatro operaciones de manufactura requeridas y la estimación que hizo el departamento de contabilidad de la contribución a las utilidades por bolsa:

Producto	Tiempo de producción (horas)				Utilidad por bolsa
	Corte y teñido	Costura	Terminado	Inspección y empaque	
Estándar	$7/10$	$1/2$	1	$1/10$	\$10
de lujo	1	$5/6$	$2/3$	$1/4$	\$ 9

El director de manufactura estima que se dispondrá de 630 horas de corte y teñido, 600 horas de costura, 708 horas de acabado y 135 horas de inspección y empaque para la producción de las bolsas de golf durante los tres meses siguientes.

- Si la empresa quiere maximizar la contribución total a las utilidades, ¿cuántas bolsas de cada modelo debe fabricar?
- ¿Qué contribución a las utilidades puede obtener Par con estas cantidades de producción?
- ¿Cuántas horas de tiempo de producción se programarán para cada operación?
- ¿Cuál es el tiempo de holgura en cada operación?

- a. Sombree la región factible para este problema.
 - b. Determine las coordenadas de cada punto extremo y las utilidades correspondientes. ¿Cuál punto extremo genera mayores utilidades?
 - c. Trace la recta de utilidades correspondiente a una utilidad de \$4000. Mueva la recta de utilidades lo más lejos posible del origen con el fin de determinar cuál punto extremo proporcionará la solución óptima.
 - d. ¿Cuáles restricciones son confinantes? Explique por qué.
 - e. Suponga que los valores de los coeficientes de la función objetivo son \$4 para cada modelo All-Pro y \$5 para cada modelo Universitario producidos. Utilice el procedimiento de solución gráfica para determinar la solución óptima y el valor correspondiente de las utilidades.
23. Embassy Motorcycles (EM) fabrica dos motocicletas ligeras diseñadas para un manejo fácil y seguro. El modelo EZ-Rider tiene un motor nuevo y un perfil bajo que facilitan el equilibrio. El modelo Lady-Sport es ligeramente mayor, utiliza un motor más tradicional y se diseñó especialmente para las mujeres motociclistas. Embassy fabrica los motores para ambos modelos en su planta de Des Moines, Iowa. Cada motor de EZ-Rider requiere 6 horas de tiempo de manufactura y cada motor Lady-Sport requiere 3 horas. La planta de Des Moines tiene 2100 horas de tiempo de manufactura disponibles para el siguiente periodo de producción. El proveedor de cuadros de motocicleta de la empresa puede suministrar todos los cuadros para la EZ-Rider que solicite la empresa. Sin embargo, el cuadro de la Lady-Sport es más complejo y el proveedor sólo puede suministrar hasta 280 cuadros de ésta para el siguiente periodo de producción. El ensamblaje final y las pruebas requieren 2 horas para cada modelo EZ-Rider y 2.5 horas para cada modelo Lady-Sport. Se dispone de un máximo de 1000 horas de tiempo de ensamblaje y pruebas para el siguiente periodo de producción. El departamento de contabilidad de la empresa proyecta una contribución a las utilidades de \$2400 por cada EZ-Rider producida y \$1800 por cada Lady-Sport producida.
- a. Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar la cantidad de unidades de cada modelo que debe producirse con el fin de maximizar la contribución total a las utilidades.
 - b. Resuelva el problema gráficamente. ¿Cuál es la solución óptima?
 - c. ¿Cuáles restricciones son confinantes?
24. Kelson Sporting Equipment, Inc. fabrica dos tipos diferentes de guantes de beisbol: un modelo regular y un modelo para catcher. La empresa dispone de 900 horas de tiempo de producción en su departamento de corte y confección, 300 horas en su departamento de acabados y 100 horas en su departamento de empaque y envío. Los requerimientos de tiempo de producción y la contribución a las utilidades por guante se proporcionan en la tabla siguiente:

AUTOevaluación

Modelo	Tiempo de producción (horas)			Utilidad por guante
	Corte y confección	Acabados	Empaque y envío	
Modelo regular	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	\$5
Modelo para catcher	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	\$8

Suponiendo que la empresa está interesada en maximizar la contribución total a las utilidades, responda lo siguiente:

- a. ¿Cuál es el modelo de programación lineal para este problema?
- b. Encuentre la solución óptima utilizando el procedimiento de solución gráfica. ¿Cuántos guantes de cada modelo debe fabricar Kelson?
- c. ¿Qué contribución total a las utilidades puede obtener Kelson con las cantidades de producción dadas?
- d. ¿Cuántas horas de tiempo de producción se programarán en cada departamento?
- e. ¿Cuál es el tiempo de holgura en cada departamento?

25. Hace poco, George Johnson heredó una gran suma de dinero; quiere utilizar una parte de su dinero para establecer un fideicomiso para sus dos hijos. El fideicomiso tiene dos opciones de inversión: 1) un fondo de bonos y 2) un fondo de acciones. Los rendimientos proyectados durante el periodo de vigencia de las inversiones son 6% para el fondo de bonos y 10% para el fondo de acciones. Sin importar qué parte de la herencia decida finalmente asignar al fideicomiso, quiere invertir por lo menos 30% de ese monto al fondo de bonos. También quiere seleccionar una combinación que le permita obtener un rendimiento total de por lo menos 7.5%.
- Elabore un modelo de programación que se utilice para determinar el porcentaje que debe asignarse a cada una de las alternativas de inversión posibles.
 - Resuelva el problema mediante el procedimiento de solución gráfica.
26. Al restaurante Sea Wharf le gustaría determinar la mejor manera de asignar un presupuesto de publicidad mensual de \$1000 entre los periódicos y la radio. La gerencia decidió que debe invertir por lo menos 25% del presupuesto en cada tipo de medio y que la cantidad de dinero gastada en la publicidad en los periódicos locales debe ser por lo menos del doble de la publicidad invertida en radio. Un consultor de marketing elaboró un índice que mide la penetración en la audiencia por dólar de publicidad en una escala de 0 a 100, en el que los valores más altos implican una mayor penetración. Si el valor del índice para la publicidad en los periódicos locales es 50 y el valor del índice para el espacio publicitario en la radio es 80, ¿cómo debe asignar el restaurante su presupuesto de publicidad para maximizar el valor de la penetración total en la audiencia?
- Formule un modelo de programación lineal que pueda utilizarse para determinar cómo debe asignar el restaurante su presupuesto de publicidad con la finalidad de maximizar el valor de la penetración total en la audiencia.
 - Resuelva el problema mediante el procedimiento de solución gráfica.
27. Blair & Rosen, Inc. (B&R) es una firma de corretaje que se especializa en portafolios de inversión diseñados para cumplir con las tolerancias al riesgo específicas de sus clientes. Un cliente que contactó a B&R la semana pasada tiene un monto máximo de \$50,000 para invertir. El asesor de inversiones de B&R decide recomendar un portafolio que consta de dos fondos de inversión: uno de Internet y uno Blue Chip. El fondo de Internet tiene un rendimiento anual proyectado de 12%, mientras que el Blue Chip tiene un rendimiento anual proyectado de 9%. El asesor de inversiones sugiere que como máximo se inviertan \$35,000 de los fondos del cliente en el fondo de Internet. Los servicios de B&R incluyen una tasa de riesgo para cada alternativa de inversión. El fondo de Internet, que es la más riesgosa de las dos alternativas de inversión, tiene una tasa de riesgo de 6 por cada mil dólares invertidos. El fondo Blue Chip tiene una tasa de riesgo de 4 por cada mil dólares invertidos. Por ejemplo, si se invierten \$10,000 en cada uno de los dos fondos de inversión, la tasa de riesgo de B&R para el portafolio sería $6(10) + 4(10) = 100$. Por último, B&R desarrolló un cuestionario para medir la tolerancia al riesgo de cada cliente. Con base en las respuestas, los clientes se clasifican como inversionistas conservadores, moderados o agresivos. Suponga que los resultados del cuestionario clasifican al cliente actual como un inversionista moderado. B&R recomienda que un inversionista moderado limite su portafolio a una de riesgo máxima de 240.
- ¿Cuál es el portafolio de inversión recomendado para este cliente? ¿Cuál es el rendimiento anual para el portafolio?
 - Imagine que un segundo cliente con \$50,000 para invertir se clasifica como inversionista agresivo. B&R recomienda que la tasa de riesgo máxima del portafolio para un inversionista agresivo sea 320. ¿Cuál es el portafolio de inversión recomendado para este inversionista agresivo? Explique qué sucede con el portafolio bajo la estrategia del inversionista agresivo.
 - Suponga que un tercer cliente con \$50,000 para invertir se clasifica como un inversionista conservador. B&R recomienda que la tasa de riesgo máxima del portafolio para un inversionista conservador sea 160. Elabore el portafolio de inversión recomendada para el inversionista conservador. Comente la interpretación de la variable de holgura para la restricción del fondo de inversión total.

28. Tom's, Inc. elabora varios productos de comida mexicana y los vende a Western Foods, una cadena de tiendas de abarrotes localizadas en Texas y Nuevo México. Tom's produce dos tipos de salsa: la salsa Western Foods y la salsa Mexico City. Básicamente, las dos contienen una mezcla diferente de tomates enteros, salsa y puré de jitomate. La salsa Western Foods contiene una mezcla de 50% de tomates enteros, 30% de salsa de tomate y 20% de puré de tomate, mientras que la Mexico City, que tiene una consistencia más espesa y en trozos, incluye 70% de tomates enteros, 10% de salsa de tomate y 20% de puré de tomate. Cada frasco de salsa producido pesa 10 onzas. Para el periodo de producción actual Tom's, Inc. puede comprar hasta 280 libras de tomates enteros, 130 libras de salsa de tomate y 100 libras de puré de tomate; el precio por libra de estos ingredientes es \$0.96, \$0.64 y \$0.56, respectivamente. El costo de las especias y otros ingredientes es aproximadamente \$0.10 por frasco. La empresa compra frascos de vidrio vacíos por \$0.02 cada uno y los costos de etiquetado y llenado se estiman en \$0.03 por cada frasco de salsa producido. El contrato de Tom's con Western Foods produce ingresos por ventas de \$1.64 por cada frasco de salsa Western Foods y \$1.93 por cada frasco de salsa México City.
- Elabore un modelo de programación lineal que permita a Tom's determinar la mezcla de productos de salsa que maximizará la contribución total a las utilidades.
 - Encuentre la solución óptima.
29. AutoIgnite produce sistemas de encendido electrónico para automóviles en una planta de Cleveland, Ohio. Cada sistema de encendido se ensambla con dos componentes producidos en las plantas de AutoIgnite de Buffalo, Nueva York y Dayton, Ohio. La planta de Buffalo puede producir 2 000 unidades del componente 1, 1 000 unidades del componente 2 o cualquier combinación de los dos componentes cada día. Por ejemplo, 60% del tiempo de producción se podría dedicar a producir el componente 1 y 40% del tiempo de producción para producir el componente 2; en este caso, la planta de Buffalo sería capaz de producir $0.6(2000) = 1200$ unidades del componente 1 y $0.4(1000) = 400$ unidades del componente 2 diariamente. La planta de Dayton puede producir 600 unidades del componente 1, 1400 unidades del componente 2 o cualquier combinación de los dos componentes diario. Al final de cada día, la producción de componentes de Buffalo y Dayton se envía a Cleveland para ensamblar los sistemas de encendido al día hábil siguiente.
- Elabore un modelo de programación lineal que pueda utilizarse para hacer un programa de producción diaria para las plantas de Buffalo y Dayton que maximice la producción diaria de los sistemas de encendido en la planta Cleveland.
 - Encuentre la solución óptima.
30. Un asesor financiero de Diehl Investments identificó dos empresas que son probables candidatos para una adquisición en el futuro cercano. Eastern Cable es un fabricante importante de sistemas de cable flexible utilizados en la industria de la construcción, y ComSwitch es una empresa nueva especializada en sistemas de conmutación digital. Eastern Cable cotiza en la actualidad a \$40 por acción y ComSwitch a \$25. Si ocurre la adquisición, el asesor financiero estima que el precio de Eastern Cable aumentará a \$55 por acción y de ComSwitch a \$43. En este momento el asesor financiero ha identificado a esta última como la alternativa de mayor riesgo. Suponga que un cliente mostró una disposición a invertir un máximo de \$50,000 en las dos empresas. El cliente desea invertir por lo menos \$15,000 en Eastern Cable y \$10,000 en ComSwitch. Debido al mayor riesgo asociado con ComSwitch, el asesor financiero ha recomendado que se inviertan cuando mucho \$25,000 en esta empresa.
- Elabore un modelo de programación lineal que se utilice para determinar el número de acciones de Eastern Cable y el de ComSwitch que cumplan con las restricciones de la inversión y maximicen el rendimiento total sobre la inversión.
 - Trace la gráfica de la región factible.
 - Determine las coordenadas de cada punto extremo.
 - Encuentre la solución óptima.

- a. Escriba el problema en forma estándar.
 - b. Resuelva el problema mediante el procedimiento de solución gráfica.
 - c. ¿Cuáles son los valores de las variables de holgura y excedente?
36. Como parte de una iniciativa de mejora de la calidad, los empleados de Consolidated Electronics completan un programa de capacitación de tres días sobre trabajo en equipo y otro de dos días sobre solución de problemas. El gerente de mejoramiento de la calidad ha solicitado que se ofrezcan por lo menos 8 programas de capacitación sobre trabajo en equipo y 10 sobre solución de problemas durante los seis meses siguientes. Además, el equipo directivo ha especificado que se deben ofrecer por lo menos 25 programas de capacitación durante este periodo. Consolidated Electronics contrata a un consultor para que imparta dichos programas. Durante el trimestre siguiente, el consultor dispone de 84 días de tiempo de capacitación. Cada programa sobre trabajo en equipo cuesta \$10,000 y cada programa sobre solución de problemas \$8,000.
- a. Elabore un modelo de programación lineal que se utilice para determinar el número de programas de capacitación sobre trabajo en equipo y sobre solución de problemas que deben ofrecerse para minimizar el costo total.
 - b. Trace la gráfica de la región factible.
 - c. Determine las coordenadas de cada punto extremo.
 - d. Encuentre la solución de costo mínimo.
37. New England Cheese produce dos quesos untables al mezclar queso cheddar suave con cheddar extra fino. Los quesos untables se empaican en envases de 12 onzas que se venden a distribuidores de todo el noreste. La mezcla Regular contiene 80% de queso cheddar suave y 20% de cheddar extra fino, y la mezcla Zesty contiene 60% de cheddar suave y 40% de extra fino. Este año la cooperativa lechera ofreció proporcionar hasta 8100 libras de queso cheddar suave por \$1.20 la libra y hasta 3000 libras de queso cheddar extra fino por \$1.40 la libra. El costo de mezclar y empaicar los quesos untables, sin incluir el costo del queso, es \$0.20 por envase. Si cada envase de queso Regular se vende en \$1.95 y cada envase de queso Zesty se vende en \$2.20, ¿cuántos envases de cada producto debe producir New England Cheese?
38. Applied-Technology, Inc. (ATI) fabrica cuadros para bicicleta utilizando dos materiales de fibra de vidrio que mejoran la razón fuerza a peso de los cuadros. El costo del material de calidad estándar es \$7.50 por yarda y el costo del material de calidad profesional es \$9.00 por yarda. Los materiales de ambas calidades contienen diferentes cantidades de fibra de vidrio, fibra de carbón y Kevlar, como muestra la tabla siguiente:

	Calidad estándar	Calidad profesional
Fibra de vidrio	84%	58%
Fibra de carbón	10%	30%
Kevlar	6%	12%

ATI firmó un contrato con un fabricante de bicicletas para producir un cuadro nuevo con por lo menos 20% de contenido de fibra de carbón y no más de 10% de contenido Kevlar. Para cumplir con la especificación de peso requerida, se debe utilizar un total de 30 yardas de material para cada cuadro.

- a. Formule un programa lineal para determinar el número de yardas de cada calidad de material de fibra de vidrio que ATI debe utilizar en cada cuadro para minimizar el costo total. Defina las variables de decisión e indique el propósito de cada restricción.
- b. Utilice el procedimiento de solución gráfica para determinar la región factible. ¿Cuáles son las coordenadas de los puntos extremos?
- c. Calcule el costo total en cada punto extremo. ¿Cuál es la solución óptima?

- d. El distribuidor de material de fibra de vidrio actualmente tiene un exceso de artículos almacenados del material de calidad profesional. Para reducir el inventario, el distribuidor ofreció a ATI la oportunidad de comprar material de calidad profesional a \$8 la yarda. ¿Cambiará la solución óptima?
 - e. Suponga que el distribuidor reduce aún más el precio del material de calidad profesional a \$7.40 por yarda. ¿La solución óptima cambia? ¿Qué efecto tendrá en la solución óptima el precio aún más bajo del material de calidad profesional? Explique por qué.
39. Innis Investments administra fondos para varias empresas y clientes adinerados. La estrategia de inversión se adapta a las necesidades de cada cliente. Para los clientes nuevos, Innis autoriza una inversión de hasta \$1.2 millones en dos fondos de inversión: un fondo de acciones y uno de mercado de dinero. Cada unidad del fondo de acciones cuesta \$50 y proporciona una tasa de rendimiento anual de 10%, mientras que cada unidad del fondo de mercado de dinero cuesta \$100 y proporciona una tasa de rendimiento anual de 4%.
- El cliente quiere minimizar el riesgo sujeto al requerimiento de que el ingreso anual de la inversión sea por lo menos de \$60,000. De acuerdo con el sistema de medición de riesgos de Innis, cada unidad invertida en el fondo de acciones tiene un índice de riesgo de 8, y cada unidad invertida en el fondo de mercado de dinero tiene un índice de riesgo de 3; el índice de riesgo más alto asociado con el fondo de acciones indica que ésta es la inversión más riesgosa. El cliente de Innis también especificó que se deben invertir por lo menos \$300,000 en el fondo de mercado de dinero.
- a. Determine cuántas unidades de cada fondo debe comprar Innis para que el cliente minimice el índice de riesgo total del portafolio.
 - b. ¿Cuántos ingresos anuales generará esta estrategia de inversión?
 - c. Suponga que el cliente desea maximizar el rendimiento anual, ¿cómo deben invertirse los fondos de inversión?
40. Photo Chemicals produce dos tipos de líquidos para revelado fotográfico. La producción de los dos artículos le cuesta a Photo Chemicals \$1 por galón. Con base en un análisis de los niveles de inventario actuales y los pedidos importantes para el mes siguiente, la gerencia de Photo Chemicals especificó que deben producirse por lo menos 30 galones del producto 1 y 20 galones del producto 2 durante los dos meses siguientes. La gerencia también estableció que debe utilizarse un inventario existente de materias primas muy perecederas requeridas en la producción de ambos fluidos dentro de las dos semanas siguientes. El inventario actual de la materia prima perecedera es 80 libras. Aunque se puede ordenar más de esta materia prima si es necesario, el inventario actual que no se use dentro de las siguientes dos semanas se echará a perder, de ahí que la gerencia requiera que se usen por lo menos 80 libras en las dos semanas siguientes. Además, se sabe que el producto 1 requiere 1 libra de esta materia prima perecedera por galón y el producto 2 requiere 2 libras de la materia prima por galón. Como el objetivo de Photo Chemicals es mantener sus costos de producción en el nivel mínimo posible, la gerencia de la empresa busca un plan de producción de costo mínimo que utilice las 80 libras de materia prima perecedera y proporcione por lo menos 30 galones del producto 1 y 20 galones del producto 2. ¿Cuál es la solución de costo mínimo?
41. Southern Oil produce gasolina de dos grados: regular y premium. La contribución a las utilidades es \$0.30 por galón para la gasolina regular y \$0.50 por galón para la gasolina premium. Cada galón de gasolina regular contiene 0.3 galones de petróleo crudo de grado A y el galón de gasolina premium contiene 0.6 galones de petróleo crudo de grado A. Para el siguiente periodo de producción, Southern cuenta con 18,000 galones de petróleo crudo de grado A. La refinería que produce la gasolina tiene una capacidad de producción de 50,000 galones para el periodo de producción siguiente. Los distribuidores de Southern Oil han indicado que la demanda de gasolina premium para el siguiente periodo de producción será como mínimo de 20,000 galones.
- a. Formule un modelo de programación lineal que se pueda utilizar para determinar el número de galones de gasolina regular y el número de galones de gasolina premium que deben producirse para maximizar la contribución total a las utilidades.
 - b. ¿Cuál es la solución óptima?
 - c. ¿Cuáles son los valores e interpretaciones de las variables de holgura?
 - d. ¿Cuáles son las restricciones confinantes?

AUTO evaluación

42. ¿El siguiente programa lineal involucra infactibilidad, ilimitación o soluciones óptimas alternas? Explique por qué.

$$\begin{array}{ll}\text{Max} & 4A + 8B \\ \text{s.a.} & \\ & 2A + 2B \leq 10 \\ & -1A + 1B \geq 8 \\ & A, B \geq 0\end{array}$$

AUTO evaluación

43. ¿El siguiente programa lineal involucra infactibilidad, no limitación o soluciones óptimas alternas? Explique por qué.

$$\begin{array}{ll}\text{Min} & 1A + 1B \\ \text{s.a.} & \\ & 8A + 6B \geq 24 \\ & 2B \geq 4 \\ & A, B \geq 0\end{array}$$

44. Considere el programa lineal siguiente:

$$\begin{array}{ll}\text{Min} & 1A + 1B \\ \text{s.a.} & \\ & 5A + 3B \leq 15 \\ & 3A + 5B \leq 15 \\ & A, B \geq 0\end{array}$$

- ¿Cuál es la solución óptima para este problema?
 - Suponga que la función objetivo cambia a $1A + 2B$. Encuentre la nueva solución óptima.
45. Considere el programa lineal siguiente:

$$\begin{array}{ll}\text{Max} & 1A - 2B \\ \text{s.a.} & \\ & -4A + 3B \leq 3 \\ & 1A - 1B \leq 3 \\ & A, B \geq 0\end{array}$$

- Trace la gráfica de la región factible para el problema.
 - ¿La región factible es ilimitada? Explique por qué.
 - Encuentre la solución óptima.
 - ¿Una región factible ilimitada implica que la solución óptima al programa lineal será ilimitada?
46. El gerente de una pequeña tienda de abarrotes independiente trata de aprovechar mejor el espacio en los estantes para bebidas refrescantes. La tienda vende marcas nacionales y genéricas y actualmente cuenta con 200 pies cuadrados de espacio disponible en los estantes. El gerente quiere asignar por lo menos 60% del espacio a las marcas nacionales y, sin importar la rentabilidad, por lo menos 10% del espacio a las marcas genéricas. ¿Cuántos pies cuadrados de espacio debe asignar la gerente a las marcas nacionales y a las genéricas bajo las siguientes circunstancias?

- a. Las marcas nacionales son más rentables que las genéricas.
 - b. Las dos marcas son igual de rentables.
 - c. La marca genérica es más rentable que la nacional.
47. Comente lo que ocurre con el problema de M&D Chemicals (vea la sección 7.5) si el costo por galón para el producto A se incrementa a \$3.00. ¿Qué recomendaría usted? Explique por qué.
48. Para el problema de M&D Chemicals en la sección 7.5, comente el efecto de que la gerencia requiera una producción total de 500 galones para ambos productos. Liste de dos o tres acciones que M&D debe considerar para corregir la situación que usted encontró.
49. PharmaPlus opera una cadena de 30 farmacias. El personal de las farmacias está integrado por farmacéuticos y técnicos autorizados. La empresa actualmente emplea 85 farmacéuticos de tiempo completo (combinación de tiempo completo y tiempo parcial) y 175 técnicos equivalentes de tiempo completo. Cada primavera la gerencia revisa los niveles de personal actuales y elabora planes de contratación para el año. Un pronóstico reciente de la cantidad de recetas para el año siguiente muestra que se requerirán por lo menos 250 de los empleados equivalentes de tiempo completo (farmacéuticos y técnicos) para dotar de personal a las farmacias. El departamento de personal espera que queden 10 farmacéuticos y 30 técnicos para el año siguiente. Para tener en cuenta el desgaste esperado y prepararse para el crecimiento futuro, la gerencia estableció que deben contratarse por lo menos 15 farmacéuticos. Asimismo, los nuevos lineamientos de la calidad en el servicio de PharmaPlus especifican no más de dos técnicos por farmacéuticos autorizados. El sueldo promedio por hora de los farmacéuticos autorizados son \$40 y el de los técnicos \$10.
- a. Determine un plan de dotación de personal de costo mínimo para PharmaPlus. ¿Cuántos farmacéuticos se necesitan?
 - b. Dados los niveles de dotación de personal actuales y el desgaste esperado, ¿cuántas contrataciones nuevas (si es que hay) deben hacerse para alcanzar el nivel recomendado en el inciso a? ¿Qué impacto tendrá esto en la nómina?
50. Expedition Outfitters fabrica una variedad de ropa especial para excursionismo, esquí y alpinismo. Han decidido comenzar la producción de dos nuevos parkas diseñados para utilizar en un clima extremadamente frío: Mount Everest y Rocky Mountain. Su planta de manufactura tiene 120 horas de tiempo de corte y 120 horas de tiempo de costura disponibles para producir estos dos parkas. Cada parka Mount Everest requiere 30 minutos de tiempo de corte y 45 de tiempo de costura, y cada parka Rocky Mountain requiere 20 minutos de corte y 15 de costura. El costo de la mano de obra y del material es \$150 para cada parka Mount Everest y \$50 para cada parka Rocky Mountain, y los precios al menudeo en el catálogo de pedidos por correo de la empresa son \$250 por el parka Mount Everest y \$200 por el parka Rocky Mountain. Como la gerencia considera que Mount Everest es un abrigo único que mejorará la imagen de la empresa, especificaron que la producción de este modelo debe ser por lo menos 20% de la producción total. Suponiendo que Expedition Outfitters puede vender todos los abrigos de cada tipo que pueda producir, ¿cuántas unidades de cada modelo debe fabricar para maximizar la contribución total a las utilidades?
51. English Motors, Ltd. (EML), desarrolló un nuevo vehículo SUV de tracción permanente en las cuatro ruedas. Como parte de la campaña de marketing, EML elaboró una presentación de ventas en video para enviarla tanto a los propietarios actuales de los vehículos de tracción permanente de EML como a los de vehículos todo terreno de tracción 4×4 que ofrecen los competidores; EML se refiere a estos dos mercados meta como el mercado de clientes actuales y el mercado de clientes nuevos. Las personas que reciben el nuevo video de promoción también recibirán un cupón para una prueba de manejo del nuevo modelo EML por un fin de semana. Un factor importante en el éxito de la nueva promoción es la tasa de respuesta, es decir, el porcentaje de personas que recibe la promoción y hace una prueba de manejo del modelo nuevo. EML estima que la tasa de respuesta para el mercado de los clientes actuales es 25% y para el mercado de clientes nuevos 20%. Para los clientes que hacen la prueba de manejo del modelo nuevo, el índice de ventas es el

porcentaje de personas que realiza una compra. Los estudios de investigación de mercados indican que el índice de ventas es 12% para el mercado de los clientes actuales y 20% para el de clientes nuevos. El costo de cada promoción, excluidos los costos de las pruebas de manejo, es de \$4 por cada promoción enviada al mercado de los clientes actuales, y \$6 por cada promoción enviada al mercado de clientes nuevos. La gerencia también especificó que un mínimo de 30000 clientes actuales y 10000 recientes deben hacer una prueba de manejo del modelo nuevo. Asimismo, el número de clientes actuales que realice la prueba de manejo del vehículo nuevo debe ser por lo menos el doble de los clientes recién incluidos que realicen la misma prueba. Si el presupuesto de marketing, excluidos los costos de las pruebas de manejo, es \$1.2 millones, ¿cuántas promociones deben enviarse a cada grupo de clientes con el fin de maximizar las ventas totales?

52. Creative Sports Design (CSD) fabrica una raqueta de tamaño estándar y una de tamaño grande. Las raquetas de la empresa son sumamente ligeras debido a que se fabrican con una aleación de magnesio y grafito que inventó el fundador de la empresa. Cada raqueta tamaño estándar utiliza 0.125 kilogramos de la aleación y cada raqueta grande 0.4 kilogramos; para el siguiente periodo de producción de dos semanas sólo se cuenta con 80 kilogramos de la aleación. Para cada raqueta estándar se emplean 10 minutos de tiempo de manufactura y para cada raqueta grande 12 minutos. Las contribuciones a las utilidades son de \$10 para cada raqueta estándar y de \$15 para cada raqueta grande, y se dispone de 40 horas de tiempo de manufactura cada semana. La gerencia especificó que la raqueta estándar debe constituir por lo menos 20% de la producción total. ¿Cuántas raquetas de cada tipo debe fabricar CSD durante las dos semanas siguientes para maximizar la contribución total a las utilidades? Suponga que debido a la naturaleza única de sus productos, CSD puede vender todas las raquetas que produzca.
53. A la gerencia de High Tech Services (HTS) le gustaría desarrollar un modelo que ayude a asignar el tiempo que los técnicos tienen disponible entre las llamadas de servicio a los clientes por contrato regulares y a los clientes nuevos. Se dispone de un máximo de 80 horas del tiempo de los técnicos durante un periodo de planeación de dos semanas. Para satisfacer los requerimientos de flujo de efectivo, deben generarse por lo menos \$800 en ingresos por técnico durante dicho periodo. El tiempo de los técnicos para los clientes regulares genera \$25 por hora, pero el tiempo de los técnicos para los clientes recién adscritos sólo genera un promedio de \$8 por hora debido a que en muchos casos un contacto de estos clientes no proporciona servicios facturables. Para asegurar que se mantienen los contactos de los clientes nuevos, el tiempo de los técnicos invertido en ellos debe ser por lo menos de 60% del tiempo invertido en los contactos de clientes regulares. Dados estos requerimientos de ingresos y políticas, a HTS le gustaría determinar cómo asignar el tiempo de los técnicos a los clientes regulares y a los nuevos de modo que se maximice el número total de clientes contactados durante el periodo de dos semanas. Los técnicos requieren un promedio de 50 minutos para cada contacto de cliente regular y 1 hora para cada contacto de cliente nuevo.
 - a. Desarrolle un modelo de programación lineal que permita a HTS asignar el tiempo de los técnicos entre los clientes regulares y los nuevos.
 - b. Encuentre la solución óptima.
54. Jackson Hole Manufacturing es un pequeño fabricante de productos de plástico utilizados en las industrias automotriz y de cómputo. Uno de sus contratos importantes es con una empresa grande de computadoras y consiste en la fabricación de fundas de plástico para las impresoras portátiles de la empresa, las cuales se producen en dos máquinas de moldeo por inyección. La máquina M-100 tiene una capacidad de producción de 25 fundas por hora y la M-200 40 fundas por hora. Ambas máquinas utilizan el mismo material químico para producir las fundas para impresora; la M-100 utiliza 40 libras de materia prima por hora y la M-200 50 libras por hora. La empresa de computadoras pidió a Jackson Hole que produjera el mayor número de fundas posible durante la próxima semana; pagará \$18 por cada funda que Jackson Hole le entregue. Sin embargo, la semana siguiente es un periodo vacacional programado regularmente para la mayoría de los empleados de producción de Jackson Hole; durante este tiempo se realiza el mantenimiento anual de todo el equipo de la planta. Debido al periodo de inactividad por mantenimiento, la M-100

estará disponible sólo por 15 horas y la M-200 sólo por 10 horas. No obstante, debido al alto costo involucrado en las dos máquinas, la gerencia requiere que, si la producción se programa en cualquiera de las máquinas, la máquina debe operarse por lo menos durante 5 horas. El proveedor del material químico utilizado en el proceso de producción informó a Jackson Hole que dispondrá de un máximo de 1000 libras de material para la producción de la semana siguiente; el costo de esta materia prima es \$6 por libra. Además del costo de la materia prima, Jackson Hole estima que los costos por hora de operación de la M-100 y la M-200 son \$50 y \$75, respectivamente.

- a. Formule un modelo de programación lineal que pueda utilizarse para maximizar la contribución a las utilidades.
- b. Encuentre la solución óptima.

Caso de estudio 1 Equilibrio de la carga de trabajo

Digital Imaging (DI) fabrica impresoras fotográficas para los mercados profesional y de consumo. La división consumo de DI recientemente introdujo dos impresoras fotográficas que producen impresiones a color que rivalizan con aquellas hechas en un laboratorio de procesamiento profesional. El modelo DI-910 puede producir una impresión a hoja completa de $4'' \times 6''$ en aproximadamente 37 segundos. La DI-950, más sofisticada y rápida, puede producir incluso una impresión a hoja completa de $13'' \times 19''$. Las proyecciones financieras muestran una contribución a las utilidades de \$42 por cada DI-910 y \$87 por cada DI-950.

Las impresoras se ensamblan, prueban y empacan en la planta de DI localizada en New Bern, Carolina del Norte, la cual está muy automatizada y utiliza dos líneas de manufactura para fabricar las impresoras. La línea 1 realiza la operación de ensamblaje con un tiempo de 3 minutos por impresora DI-910 y 6 minutos por impresora DI-950. La línea 2 realiza las operaciones de prueba y empaque. Los tiempos son 4 minutos por impresora DI-910 y 2 minutos por impresora DI-950. El tiempo más corto para esta impresora es resultado de la mayor rapidez de impresión. Ambas líneas de manufactura están en operación un turno de 8 horas por día.

Informe gerencial

Realice un análisis para Digital Imaging con el fin de determinar cuántas unidades de cada impresora fabricar. Prepare un informe para el presidente de DI que exponga sus hallazgos y recomendaciones. Incluya (sin limitarse a ello) una consideración de lo siguiente:

1. El número recomendado de unidades de cada impresora a producir para maximizar la contribución total a las utilidades para un turno de 8 horas. ¿Qué razones podría tener la gerencia para no implementar su recomendación?
2. Imagine que la gerencia establece también que la cantidad de impresoras DI-910 fabricadas debe ser por lo menos igual que el número de unidades DI-950 fabricadas. Suponiendo que el objetivo es maximizar la contribución total a las utilidades para un turno de 8 horas, ¿cuántas unidades de cada impresora deben producirse?
3. ¿La solución que usted desarrolló en el inciso 2 equilibra el tiempo total invertido en la línea 1 y el tiempo total invertido en la línea 2? ¿Por qué este equilibrio o falta del mismo podría ser una inquietud para la gerencia?
4. La gerencia solicitó una expansión del modelo del inciso 2 que proporcione un mejor equilibrio entre el tiempo total en la línea 1 y el tiempo total en la línea 2. La gerencia quiere limitar la diferencia entre el tiempo total en la línea 1 y el tiempo total en la línea 2 a 30 minutos o menos. Si el objetivo sigue siendo maximizar la contribución total a las utilidades, ¿cuántas unidades de cada impresora deben fabricarse? ¿Qué efecto tiene este equilibrio en la carga de trabajo sobre las utilidades totales en el inciso 2?

FIGURA 8.18 SOLUCIÓN DE THE MANAGEMENT SCIENTIST PARA EL PROBLEMA DE INNIS INVESTMENTS

Objective Function Value =		62000.000	
Variable	Value	Reduced Costs	
-----	-----	-----	
S	4000.000	0.000	
M	10000.000	0.000	
Constraint	Slack/Surplus	Dual Prices	
-----	-----	-----	
1	0.000	0.057	
2	0.000	-2.167	
3	7000.000	0.000	
OBJECTIVE COEFFICIENT RANGES			
Variable	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
S	3.750	8.000	No Upper Limit
M	No Lower Limit	3.000	6.400
RIGHT HAND SIDE RANGES			
Constraint	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
1	780000.000	1200000.000	1500000.000
2	48000.000	60000.000	102000.000
3	No Lower Limit	3000.000	10000.000

La solución por computadora se muestra en la figura 8.18.

- ¿Cuál es la solución óptima y cuál el riesgo total mínimo?
 - Especifique los rangos del coeficiente objetivo.
 - ¿Cuántos ingresos anuales se obtendrán con el portafolio?
 - ¿Cuál es la tasa de rendimiento para el portafolio?
 - ¿Cuál es el precio dual para la restricción de los fondos disponibles?
 - ¿Cuál es la tasa de rendimiento marginal sobre los fondos extra añadidos al portafolio?
- Remítase al problema 10 y a la solución por computadora que aparece en la figura 8.18.
 - Suponga que el índice de riesgo para el fondo de acciones (el valor de C_S) aumenta su valor actual de 8 a 12. ¿Cómo cambia la solución óptima, si es que cambia?
 - Imagine que el índice de riesgo para el fondo del mercado de dinero (el valor de C_M) aumenta su valor actual de 3 a 3.5. ¿Cómo cambia la solución óptima, si es que lo hace?
 - Suponga que C_S se incrementa a 12 y C_M a 3.5. ¿Cómo cambia la solución óptima, si es que lo hace?
 - Quality Air Conditioning fabrica tres modelos de aparatos domésticos de aire acondicionado: económico, estándar y de lujo. Las utilidades por unidad son \$63, \$95 y \$135, respectivamente. Los requerimientos de producción por unidad son los siguientes:

	Número de ventiladores	Número de serpentines de enfriamiento	Tiempo de manufactura (horas)
Económico	1	1	8
Estándar	1	2	12
De lujo	1	4	14

Para el periodo de producción siguiente, la empresa cuenta con 200 motores de ventilador, 320 serpentines de enfriamiento y 2400 horas de tiempo de manufactura disponibles. ¿Cuántos modelos económicos (E), estándar (S) y de lujo (D) debe producir la empresa para maximizar las utilidades? El modelo de programación lineal para el problema es el siguiente:

$$\text{Max } 63E + 95S + 135D$$

s.a.

$$1E + 1S + 1D \leq 200 \quad \text{Motores de ventilador}$$

$$1E + 2S + 4D \leq 320 \quad \text{Serpentines de enfriamiento}$$

$$8E + 12S + 14D \leq 2,400 \quad \text{Tiempo de manufactura}$$

$$E, S, D \geq 0$$

La solución por computadora utilizando de The Management Scientist se muestra en la figura 8.19.

- ¿Cuál es la solución óptima y cuál el valor de la función objetivo?
- ¿Cuáles restricciones son confinantes?
- ¿Cuál restricción muestra capacidad adicional? ¿Cuánta capacidad muestra?
- Si las utilidades para el modelo de lujo aumentaran a \$150 por unidad, ¿cambiaría la solución óptima? Utilice la información de la figura 8.19 para responder a esta pregunta.

AUTOevaluación

- Remítase a la solución por computadora del problema 12 en la figura 8.19.
 - Identifique el rango de optimalidad para cada coeficiente de la función objetivo.
 - Suponga que las utilidades para el modelo económico se incrementan \$6 por unidad, las utilidades para el modelo estándar disminuyen \$2 por unidad, y las utilidades para el modelo de lujo aumentan \$4 por unidad. ¿Cuál sería la solución óptima?
 - Identifique el rango de factibilidad para los valores del lado derecho.
 - Si la cantidad de motores de ventilador para la producción aumenta en 100, ¿el precio dual cambia para esa restricción? Explique por qué.
- Digital Controls, Inc. (DCI) fabrica dos modelos de una pistola radar utilizada por la policía para monitorear la velocidad de los automóviles. El modelo A tiene una precisión de más menos 1 milla por hora, mientras que el modelo B más pequeño tiene una precisión de más menos 3 millas por hora. La empresa tiene pedido para 100 unidades del modelo A y 150 unidades del modelo B para la semana siguiente. Aunque DCI compra todos los componentes que utiliza en ambos modelos, los estuches de plástico usados para ambos modelos se fabrican en una planta de DCI en Newark, New Jersey. Cada estuche para el modelo A requiere 4 minutos de tiempo de moldeo por inyección y 6 minutos de tiempo de ensamblaje. Cada estuche para el modelo B requiere 3 minutos de moldeo por inyección y 8 minutos de ensamblaje. Para la semana siguiente la planta de Newark dispone de 600 minutos de tiempo de moldeo por inyección y 1080 minutos de tiempo de ensamblaje. El costo de manufactura es \$10 por estuche para el modelo A y \$6 por estuche para el modelo B. Dependiendo de la demanda y el tiempo disponible en la planta de Newark, DCI ocasionalmente compra estuches para uno o ambos modelos a un proveedor externo con el fin de abastecer los pedidos de los clientes que de lo contrario no se podrían entregar. El costo de compra es \$14 por estuche para el modelo A y \$9 por estuche para el modelo B. La gerencia quiere desarrollar un plan de costo mínimo que determine cuántos estuches de cada modelo deben fabricarse en la planta de Newark y cuántos estuches de cada modelo deben comprarse.

FIGURA 8.19 SOLUCIÓN DE THE MANAGEMENT SCIENTIST PARA EL PROBLEMA DE QUALITY AIR CONDITIONING

Objective Function Value =		16440.000	
Variable	Value	Reduced Costs	
-----	-----	-----	
E	80.000	0.000	
S	120.000	0.000	
D	0.000	24.000	
Constraint	Slack/Surplus	Dual Prices	
-----	-----	-----	
1	0.000	31.000	
2	0.000	32.000	
3	320.000	0.000	
OBJECTIVE COEFFICIENT RANGES			
Variable	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
E	47.500	63.000	75.000
S	87.000	95.000	126.000
D	No Lower Limit	135.000	159.000
RIGHT HAND SIDE RANGES			
Constraint	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
1	160.000	200.000	280.000
2	200.000	320.000	400.000
3	2080.000	2400.000	No Upper Limit

Las variables de decisión siguientes se utilizaron para formular un modelo de programación lineal para este problema:

AM = cantidad de estuches del modelo A fabricados

BM = cantidad de estuches del modelo B fabricados

AP = cantidad de estuches del modelo A comprados

BP = cantidad de estuches del modelo B comprados

El modelo de programación lineal que se utiliza para resolver este problema es el siguiente:

$$\text{Min } 10AM + 6BM + 14AP + 9BP$$

s.a.

$$1AM + \quad + 1AP + \quad = 100 \quad \text{Demanda para el modelo A}$$

$$\quad 1BM + \quad 1BP = 150 \quad \text{Demanda para el modelo B}$$

$$4AM + 3BM \leq 600 \quad \text{Tiempo de moldeo por inyección}$$

$$6AM + 8BM \leq 1080 \quad \text{Tiempo de ensamblaje}$$

$$AM, BM, AP, BP \geq 0$$

FIGURA 8.20 UNA PARTE DE LA SOLUCIÓN DE THE MANAGEMENT SCIENTIST PARA EL PROBLEMA DE ELECTRONIC COMMUNICATIONS

Objective Function Value =		2170.000	
Variable	Value	Reduced Costs	
-----	-----	-----	
AM	100.000	0.000	
BM	60.000	0.000	
AP	0.000	1.750	
BP	90.000	0.000	
Constraint	Slack/Surplus	Dual Prices	
-----	-----	-----	
1	0.000	-12.250	
2	0.000	-9.000	
3	20.000	0.000	
4	0.000	0.375	
OBJECTIVE COEFFICIENT RANGES			
Variable	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
AM	No Lower Limit	10.000	11.750
BM	3.667	6.000	9.000
AP	12.250	14.000	No Upper Limit
BP	6.000	9.000	11.333
RIGHT HAND SIDE RANGES			
Constraint	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
1	0.000	100.000	111.429
2	60.000	150.000	No Upper Limit
3	580.000	600.000	No Upper Limit
4	600.000	1080.000	1133.333

La solución por computadora desarrollada usando The Management Scientist se muestra en la figura 8.20.

- ¿Cuál es la solución óptima y cuál el valor óptimo de la función objetivo?
 - ¿Cuáles restricciones son confinantes?
 - ¿Cuáles son los precios duales? Interprete cada uno.
 - Si pudiera cambiar el lado derecho de una restricción por una unidad, ¿cuál elegiría? ¿Por qué?
15. Remítase a la solución por computadora del problema 14 en la figura 8.20.
- Interprete los rangos de optimalidad para los coeficientes de la función objetivo.
 - Suponga que el costo de manufactura aumenta a \$11.20 por estuche para el modelo A. ¿Cuál es la solución óptima?

- c. Imagine que el costo de manufactura se incrementa a \$11.20 por estuche para el modelo A y el costo de manufactura para el modelo B disminuye a \$5 por unidad. ¿Cambiaría la solución óptima? Utilice la regla del 100 por ciento y explique su respuesta.
16. Tucker Inc. fabrica trajes de alta calidad y sacos sport para hombre. Cada traje requiere 1.2 horas de tiempo de corte y 0.7 horas de tiempo de costura, utiliza 6 yardas de tela y proporciona una contribución a las utilidades de \$190. Cada saco sport requiere 0.8 horas de tiempo de corte y 0.6 horas de tiempo de costura, utiliza 4 yardas de tela y proporciona una contribución a las utilidades de \$150. Para la semana siguiente se dispone de 200 horas de tiempo de corte, 180 horas de tiempo de costura y 1200 yardas de tela. El tiempo de corte y costura adicional puede obtenerse al programar horas extra para estas operaciones. Cada hora extra para la operación de corte incrementa \$10. Se puede programar un máximo de 100 horas extra. Los requerimientos de marketing especifican una producción mínima de 100 trajes y 75 sacos sport. Sea

S = cantidad de trajes fabricados

SC = cantidad de sacos sport fabricados

$D1$ = horas extra para la operación corte

$D2$ = horas extra para la operación de costura

La solución por computadora desarrollada usando The Management Scientist se exhibe en la figura 8.21.

- a. ¿Cuál es la solución óptima, y cuáles son las utilidades totales? ¿Cuál es el plan para usar las horas extra?
- b. Se considera un incremento en el precio de los trajes que generaría una contribución a las utilidades de \$210 por traje. Si se hace este incremento, ¿cómo cambiará la solución óptima?
- c. Comente la necesidad de tela adicional durante la próxima semana. Si puede colocarse un pedido urgente de tela al precio usual, más \$8 adicionales por yarda por el manejo, ¿recomendaría usted a la empresa hacer un pedido urgente de tela? ¿Cuál es el precio máximo que Tucker estaría dispuesto a pagar por una yarda adicional de tela? ¿De cuántas yardas adicionales de tela debe hacer el pedido Tucker?
- d. Suponga que el requerimiento de producción mínimo para trajes se reduce a 75. ¿Este cambio ayudaría o dañaría a las utilidades? Explique por qué.
17. El Porsche Club of America patrocina eventos de educación para los conductores que proporcionan instrucción de manejo de alta calidad en autódromos reales. Como la seguridad es un factor importante en estos eventos, muchos propietarios eligen instalar barras estabilizadoras en sus automóviles. Deegan Industries fabrica dos tipos de barras estabilizadoras para los Porsche. El modelo DRB se atornilla al automóvil usando los agujeros existentes en el bastidor del mismo. El modelo DRW es una barra estabilizadora más pesada que se suelda al bastidor del automóvil. El modelo DRB requiere 20 libras de un acero especial de alta aleación, 40 minutos de tiempo de manufactura y 60 minutos de tiempo de ensamblaje. El modelo DRW requiere 25 libras del acero especial de alta aleación, 100 minutos de tiempo de manufactura y 40 minutos de ensamblaje. El proveedor de acero de Deegan indicó que contará máximo con 40,000 libras del acero de alta aleación para el trimestre siguiente. Además, Deegan estima que dispondrá de 2000 horas de tiempo de manufactura y 1600 horas para ensamblaje el siguiente trimestre. Las contribuciones a las utilidades son \$200 por unidad para el modelo DRB y \$280 por unidad para el modelo DRW. El modelo de programación lineal para este problema es el siguiente:

$$\text{Max } 200DRB + 280DRW$$

s.a.

$$20DRB + 25DRW \leq 40,000 \quad \text{Acero disponible}$$

$$40DRB + 100DRW \leq 120,000 \quad \text{Minutos de manufactura}$$

$$60DRB + 40DRW \leq 96,000 \quad \text{Minutos de ensamble}$$

$$DRB, DRW \geq 0$$

FIGURA 8.21 SOLUCIÓN DE THE MANAGEMENT SCIENTIST PARA EL PROBLEMA DE TUCKER INC.

Objective Function Value =		40900.000	
Variable	Value	Reduced Costs	
-----	-----	-----	
S	100.000	0.000	
SC	150.000	0.000	
D1	40.000	0.000	
D2	0.000	10.000	
Constraint	Slack/Surplus	Dual Prices	
-----	-----	-----	
1	0.000	15.000	
2	20.000	0.000	
3	0.000	34.500	
4	60.000	0.000	
5	0.000	-35.000	
6	75.000	0.000	
OBJECTIVE COEFFICIENT RANGES			
Variable	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
S	No Lower Limit	190.000	225.000
SC	126.667	150.000	No Upper Limit
D1	-187.500	-15.000	0.000
D2	No Lower Limit	-10.000	0.000
RIGHT HAND SIDE RANGES			
Constraint	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
1	140.000	200.000	240.000
2	160.000	180.000	No Upper Limit
3	1000.000	1200.000	1333.333
4	40.000	100.000	No Upper Limit
5	0.000	100.000	150.000
6	No Lower Limit	75.000	150.000

La solución de The Management Scientist aparece en la figura 8.22.

- ¿Cuál es la solución óptima y la contribución total a las utilidades?
- Otro proveedor ofreció proporcionar a Deegan Industries 500 libras adicionales de la aleación de acero a \$2 por libra. ¿Debe Deegan comprar las libras adicionales de la aleación de acero? Explique por qué.
- Deegan considera usar horas extra para incrementar el tiempo de ensamblaje disponible. ¿Qué le aconsejaría a Deegan hacer respecto a esta opción? Explique sus razones.
- Debido a la mayor competencia, Deegan considera reducir el precio del modelo DRB, de tal manera que la nueva contribución a las utilidades sea de \$175 por unidad. ¿Cómo afectaría este cambio en el precio a la solución óptima? Explique por qué.

FIGURA 8.22 SOLUCIÓN DE THE MANAGEMENT SCIENTIST PARA EL PROBLEMA DE DEEGAN INDUSTRIES

OPTIMAL SOLUTION			
Objective Function Value =	424000.000		
Variable	Value	Reduced Costs	
-----	-----	-----	
DRB	1000.000	0.000	
DRW	800.000	0.000	
Constraint	Slack/Surplus	Dual Prices	
-----	-----	-----	
1	0.000	8.800	
2	0.000	0.600	
3	4000.000	0.000	
OBJECTIVE COEFFICIENT RANGES			
Variable	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
DRB	112.000	200.000	224.000
DRW	250.000	280.000	500.000
RIGHT HAND SIDE RANGES			
Constraint	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
1	30000.000	40000.000	40909.091
2	114285.714	120000.000	160000.000
3	92000.000	96000.000	No Upper Limit

- e. Si el tiempo de manufactura disponible se incrementa 500 horas, ¿cambiará el precio dual para la restricción del tiempo de manufactura? Explique por qué.
18. Davison Electronics fabrica dos monitores LCD para televisión, identificados como el modelo A y el B. Cuando los monitores se producen en la nueva línea de producción de Davison, se logra el menor costo de producción para cada modelo. Sin embargo, la nueva línea de producción no cuenta con la capacidad para manejar la producción total para ambos modelos. Como resultado, por lo menos parte de la producción debe redirigirse a una línea vieja de alto costo. La tabla siguiente muestra los requerimientos de producción mínimos para el mes siguiente, la capacidad de las líneas de producción en unidades por mes y el costo de producción por unidad para cada línea de producción:

Modelo	Costo de producción por unidad		Requerimientos mínimos de producción
	Nueva línea	Vieja línea	
A	\$30	\$50	50,000
B	\$25	\$40	70,000
Capacidad de la línea de producción	80,000	60,000	

Sea

AN = Unidades del modelo A producidas en la nueva línea de producción

AO = Unidades del modelo A producidas en la vieja línea de producción

BN = Unidades del modelo B producidas en la nueva línea de producción

BO = Unidades del modelo B producidas en la vieja línea de producción

El objetivo de Davison es determinar el plan de producción de costo mínimo. La solución por computadora obtenida utilizando The Management Scientist se muestra en la figura 8.23.

- a. Formule el modelo de programación lineal para este problema utilizando las cuatro restricciones siguientes:

Restricción 1: Producción mínima para el modelo A

Restricción 2: Producción mínima para el modelo B

Restricción 3: Capacidad de la nueva línea de producción

Restricción 4: Capacidad de la vieja línea de producción

- b. Utilizando la solución de The Management Scientist de la figura 8.23, ¿cuál es la solución óptima y cuál el costo de producción total asociado con esta solución?
 - c. ¿Qué restricciones son confinantes? Explique por qué.
 - d. El gerente de producción observó que la única restricción con un precio dual positivo es la restricción sobre la capacidad de la nueva línea de producción. La interpretación del gerente del precio dual fue que un incremento unitario en el lado derecho de esta restricción en realidad aumentaría el costo de producción total \$15 por unidad. ¿Está usted de acuerdo con esta interpretación? ¿Sería recomendable un incremento en la capacidad de la nueva línea de producción? Explique por qué.
 - e. ¿Recomendaría usted incrementar la capacidad de la vieja línea de producción? Explique por qué.
 - f. El costo de producción para el modelo A en la vieja línea de producción es \$50 por unidad. ¿Cómo tendría que cambiar este costo para que valiera la pena producir el modelo A en la vieja línea de producción? Explique por qué.
 - g. Suponga que el requerimiento de producción mínima para el modelo B se reduce de 70,000 a 60,000 unidades. ¿Qué efecto tendría este cambio en el costo de producción total? Explique por qué.
19. Better Products, Inc. fabrica tres productos en dos máquinas. En una semana típica se dispone de 40 horas en cada máquina. La contribución a las utilidades y el tiempo de producción en horas por unidad son los siguientes:

Categoría	Producto 1	Producto 2	Producto 3
Utilidades/Unidad	\$30	\$50	\$20
Tiempo de máquina 1/Unidad	0.5	2.0	0.75
Tiempo de máquina 2/Unidad	1.0	1.0	0.5

Se requieren dos operadores para la máquina 1; por tanto, deben programarse 2 horas de trabajo para cada hora de tiempo de la máquina 1. Para la máquina 2 sólo se necesita un operador. Se dispone de un máximo de 100 horas-hombre para asignarlas a las máquinas durante la semana próxima. Otros requerimientos de producción son que el producto 1 no puede corresponder a más de 50% de las unidades producidas y que el producto 3 debe corresponder como mínimo a 20% de las unidades producidas.

- a. ¿Cuántas unidades de cada producto deben producirse para maximizar la contribución total a las utilidades? ¿Cuáles son las utilidades semanales proyectadas asociadas con su solución?
- b. ¿Cuántas horas de tiempo de producción se programarán en cada máquina?
- c. ¿Cuál es el valor de una hora-hombre adicional?

FIGURA 8.23 SOLUCIÓN DE THE MANAGEMENT SCIENTIST PARA EL PROBLEMA DE DAVISON ELECTRONICS

OPTIMAL SOLUTION			
Objective Function Value =		3850000.000	
Variable	Value	Reduced Costs	
-----	-----	-----	
AN	50000.000	0.000	
AO	0.000	5.000	
BN	30000.000	0.000	
BO	40000.000	0.000	
Constraint	Slack/Surplus	Dual Prices	
-----	-----	-----	
1	0.000	-45.000	
2	0.000	-40.000	
3	0.000	15.000	
4	20000.000	0.000	
OBJECTIVE COEFFICIENT RANGES			
Variable	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
AN	-15.000	30.000	35.000
AO	45.000	50.000	No Upper Limit
BN	20.000	25.000	40.000
BO	25.000	40.000	45.000
RIGHT HAND SIDE RANGES			
Constraint	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
1	10000.000	50000.000	70000.000
2	30000.000	70000.000	90000.000
3	60000.000	80000.000	120000.000
4	40000.000	60000.000	No Upper Limit

- d. Suponga que la capacidad de mano de obra puede incrementarse a 120 horas. ¿Le interesaría emplear las 20 horas adicionales disponibles para este recurso? Determine la mezcla de productos óptima, suponiendo que dispone de horas extra.
20. Adirondack Savings Bank (ASB) tiene \$1 millón en fondos nuevos que deben asignarse a préstamos para vivienda, préstamos personales y préstamos para automóvil. Las tasas de rendimiento anuales para los tres tipos de préstamos son 7% en préstamos para vivienda, 12% en préstamos personales y 9% en préstamos para automóvil. El comité de planeación del banco ha decidido que por lo menos 40% de los fondos nuevos deben asignarse a los préstamos para vivienda. Además, el comité de planeación ha especificado que el monto asignado a préstamos personales no puede exceder 60% del asignado a préstamos para automóvil.

- a. Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar el monto de los fondos que ASB debe asignar a cada tipo de préstamo con el fin de maximizar el rendimiento anual total para los nuevos fondos.
 - b. ¿Cuánto debe asignarse a cada tipo de préstamo? ¿Cuál es el rendimiento anual? ¿Cuál es el rendimiento porcentual anual?
 - c. Si la tasa de interés en los préstamos para vivienda aumenta 9%, ¿cambiaría el monto asignado a cada tipo de préstamo? Explique por qué.
 - d. Suponga que el monto total de los fondos nuevos disponibles aumentó \$10,000. ¿Qué efecto tendría esto en el rendimiento total anual? Explique por qué.
 - e. Suponga que ASB tiene el monto de \$1 millón original en nuevos fondos disponibles y que el comité de planeación ha aceptado relajar 1% el requerimiento de que por lo menos 40% de los fondos nuevos se asignen a los préstamos para vivienda. ¿Cuánto cambiaría el rendimiento anual? ¿Cuánto cambiaría el rendimiento porcentual anual?
21. Round Tree Manor es un hotel que ofrece dos tipos de habitaciones y tres clases de paquetes: económico, de lujo y ejecutivo. Las utilidades por noche para cada tipo de habitación y clase de paquete son las siguientes:

		Económico		
		Clase de paquete	De lujo	Ejecutivo
Habitación	Tipo I	\$30	\$35	—
	Tipo II	\$20	\$30	\$40

Las habitaciones tipo I no cuentan con acceso a Internet y no están disponibles para el paquete ejecutivo.

La gerencia de Round Tree hace un pronóstico de la demanda por clase de paquete para cada noche en el futuro. Un modelo de programación lineal elaborado para maximizar las utilidades se utiliza para determinar cuántas reservaciones aceptar para cada clase de paquete. El pronóstico de la demanda para una noche es de 130 reservaciones para el paquete económico, 60 para el de lujo y 50 para el ejecutivo. Round Tree tiene 100 habitaciones tipo I y 120 habitaciones tipo II.

- a. Utilice la programación lineal para determinar cuántas reservaciones aceptar en cada clase de paquete y cómo deben asignarse las reservaciones a los tipos de habitación. ¿La demanda de alguna clase de paquete no se satisface? Explique por qué.
 - b. ¿Cuántas reservaciones pueden asignarse en cada clase de paquete?
 - c. La gerencia considera ofrecer un desayuno gratuito a cualquiera que actualice su reservación de un paquete económico a uno de lujo. Si el costo del desayuno para Round Tree es de \$5, ¿debe ofrecerse este incentivo?
 - d. Con un poco de trabajo, un área de oficina sin utilizar podría convertirse en una habitación de alquiler. Si el costo de conversión es el mismo para ambos tipos de habitaciones, ¿recomendaría usted convertir la oficina en una habitación tipo I o tipo II? ¿Por qué?
 - e. ¿Podría modificarse el modelo de programación lineal para planear la asignación de la demanda de ocupación para la noche siguiente? ¿Qué información se necesitaría y cómo cambiaría el modelo?
22. Industrial Designs ha ganado un contrato para diseñar una etiqueta para un vino nuevo producido por Lake View Winery. La empresa estima que se requerirán 150 horas para completar el proyecto. Los tres diseñadores gráficos de la empresa que están disponibles para este proyecto son Lisa, diseñadora ejecutiva y líder del equipo; David, diseñador ejecutivo, y Sarah, diseñadora adjunta. Como Lisa ha trabajado en varios proyectos para Lake View Winery, la gerencia especificó que a Lisa se le deben asignar por lo menos 40% del número total de horas asignadas a los dos diseñadores ejecutivos. Para que Sarah adquiera experiencia en el diseño de etiquetas, se le debe asignar por lo menos 15% del

tiempo total del proyecto. Sin embargo, el número de horas asignadas a Sarah no debe exceder 25% del número total de horas estipuladas a los dos diseñadores ejecutivos. Debido a sus compromisos con otros proyectos, Lisa tiene un máximo de 50 horas disponibles para trabajar en este proyecto. Los honorarios por hora de trabajo son \$30 para Lisa, \$25 a David y \$18 para Sarah.

- Formule un programa lineal que se utilice para determinar el número de horas que cada diseñador gráfico debe asignar al proyecto con el fin de minimizar el costo total.
 - ¿Cuántas horas se deben dar a cada diseñador para el proyecto? ¿Cuál es el costo total?
 - Imagine que a Lisa se le podrían asignar más de 50 horas. ¿Qué efecto tendría esto en la solución óptima? Explique por qué.
 - Si no se requiriera que Sarah trabajara un mínimo de horas en este proyecto, ¿cambiaría la solución óptima? Explique por qué.
23. Vollmer Manufacturing fabrica tres componentes que vende a compañías de refrigeración. Los componentes se procesan en dos máquinas: una moldeadora y una afiladora. Los tiempos (en minutos) requeridos en cada máquina son los siguientes:

Componente	Máquina	
	Moldeadora	Afiladora
1	6	4
2	4	5
3	4	2

La moldeadora está disponible durante 120 horas y la afiladora durante 110. No se pueden vender más de 200 unidades del componente 3, pero se pueden vender hasta 1000 unidades de cada uno de los otros componentes. De hecho, la empresa ya tiene pedidos por 600 unidades del componente 1 que se deben surtir. La contribución a las utilidades para los componentes 1, 2 y 3 son \$8, \$6 y \$9, respectivamente.

- Formule y calcule las cantidades de producción recomendadas.
 - ¿Cuáles son los rangos del coeficiente objetivo para los tres componentes? Interprete estos rangos para la gerencia de la empresa.
 - ¿Cuáles son los rangos del lado derecho? Interprete estos rangos para la gerencia de la empresa.
 - Si se pudiera disponer de más tiempo en la afiladora, ¿cuánto valdría la pena?
 - Si se pueden vender más unidades del componente 3 al reducir el precio de ventas \$4, ¿la empresa debe reducir el precio?
24. National Insurance Associates tiene un portafolio de inversión de acciones, bonos y otras alternativas de inversión. Actualmente cuenta con \$200,000 en fondos y debe considerar nuevas oportunidades de inversión. Las cuatro opciones de acciones que National considera y los datos financieros relevantes son los siguientes:

	Acción			
	A	B	C	D
Precio por acción	\$100	\$50	\$80	\$40
Tasa de rendimiento anual	0.12	0.08	0.06	0.10
Medida del riesgo por dólar invertido	0.10	0.07	0.05	0.08

La medida del riesgo indica la incertidumbre relativa asociada con la acción en función de que se logre el rendimiento anual proyectado; los valores más altos indican un riesgo mayor. El asesor financiero de la empresa proporciona las medidas del riesgo.

La gerencia ejecutiva de National ha estipulado los siguientes lineamientos de inversión: la tasa de rendimiento anual para el portafolio debe ser por lo menos 9%, y ninguna acción debe corresponder a más de 50% de la inversión total.

- a. Utilice la programación lineal para elaborar un portafolio de inversión que minimice el riesgo.
 - b. Si la empresa ignora el riesgo y utiliza una estrategia de rendimiento máximo sobre la inversión, ¿cuál es el portafolio de inversión?
 - c. ¿Cuál es la diferencia en dinero entre los portafolios de los incisos a y b? ¿Por qué la empresa prefiere la solución desarrollada en el inciso a?
25. Georgia Cabinets fabrica gabinetes para cocina que se venden a distribuidores locales en todo el sureste. Debido al gran atraso en los pedidos de gabinetes de roble y cerezo, la empresa decidió contratar a tres fabricantes pequeños para que realicen la operación de acabado final de los gabinetes. Enseguida se muestra, para los tres fabricantes, el número de horas requeridas para terminar todos los gabinetes de roble, el número de horas requeridas para terminar todos los gabinetes de cerezo, el número de horas disponibles para la operación de acabado final y el costo por hora por realizar el trabajo:

	Fabricante 1	Fabricante 2	Fabricante 3
Horas requeridas para terminar todos los gabinetes de roble	50	42	30
Horas requeridas para terminar todos los gabinetes de cerezo	60	48	35
Horas disponibles	40	30	35
Costo por hora	\$36	\$42	\$55

Por ejemplo, el fabricante 1 estima que tardará 50 horas en terminar todos los gabinetes de roble y 60 horas en terminar todos los gabinetes de cerezo. Sin embargo, sólo dispone de 40 horas para la operación de acabado final. Por tanto, puede terminar sólo $40/50 = 0.80$, o 80%, de los gabinetes de roble si trabaja sólo en estos gabinetes. De igual modo, puede terminar sólo $40/60 = 0.67$, o 67%, de los gabinetes de cerezo si trabaja sólo en ellos.

- a. Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar el porcentaje de gabinetes de roble y gabinetes de cerezo que deben darse a cada uno de los tres fabricantes con el fin de minimizar el costo total de terminar ambos proyectos.
 - b. Resuelva el modelo formulado en el inciso a. ¿Cuáles porcentajes de los gabinetes de roble y de los gabinetes de cerezo deben asignarse a cada fabricante? ¿Cuál es el costo total de completar ambos proyectos?
 - c. Si el fabricante 1 tiene horas adicionales disponibles, ¿cambiaría la solución óptima? Explique por qué.
 - d. Si el fabricante 2 tiene horas adicionales disponibles, ¿cambiaría la solución óptima? Explique por qué.
 - e. Suponga que el fabricante 2 redujo su costo a \$38 por hora. ¿Qué efecto en la solución óptima tendría este cambio? Explique por qué.
26. Benson Electronics fabrica tres componentes que se usan para fabricar teléfonos celulares y otros dispositivos de comunicación. En un periodo de producción determinado, la demanda de estos tres componentes puede exceder la capacidad de manufactura de Benson. En este caso la empresa cumple la demanda al comprar los componentes de otro fabricante a un costo por unidad incrementado. El costo de manufactura por unidad y el costo de compra por unidad para los tres componentes son los siguientes:

Fuente	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Manufactura	\$4.50	\$5.00	\$2.75
Compra	\$6.50	\$8.80	\$7.00

Los tiempos de manufactura en minutos por unidad para los tres departamentos de Benson son los siguientes:

Departamento	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Producción	2	3	4
Ensamblaje	1	1.5	3
Prueba y empaque	1.5	2	5

Por ejemplo, cada unidad del componente 1 que Benson fabrica requiere 2 minutos de tiempo de producción, 1 minuto de tiempo de ensamblaje y 1.5 minutos de tiempo de prueba y empaque. Para el periodo de producción siguiente, Benson tiene capacidades de 360 horas en el departamento de producción, 250 horas en el departamento de ensamblaje y 300 horas en el departamento de prueba y empaque.

- Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar cuántas unidades de cada componente fabricar y cuántas comprar. Suponga que las demandas que se deben satisfacer son 6000 unidades del componente 1, 4000 del componente 2 y 3500 del componente 3. El objetivo es minimizar los costos totales de manufactura y adquisición.
 - ¿Cuál es la solución óptima? ¿Cuántas unidades de cada componente deben fabricarse y cuántas deben comprarse?
 - ¿Cuáles departamentos limitan las cantidades de manufactura de Benson? Utilice el precio dual para determinar el valor de una *hora extra* en cada uno de estos departamentos.
 - Suponga que Benson tuvo que obtener una unidad adicional del componente 2. Comente qué indica el precio dual para la restricción del componente 2 respecto al costo de obtener la unidad adicional.
27. Golf Shafts, Inc. (GSI) produce mangos de grafito para varios fabricantes de palos de golf. Dos instalaciones de manufactura de GSI, una localizada en San Diego y la otra en Tampa, tienen capacidad para producir mangos con varios grados de dureza, que varían desde modelos regulares usados por los golfistas promedio hasta modelos extra duros usados principalmente por golfistas de *hándicap* bajo y profesionales. GSI acaba de ganar un contrato para fabricar 200,000 mangos regulares y 75,000 mangos duros. Dado que en la actualidad ambas plantas producen mangos para pedidos anteriores, ninguna planta tiene capacidad suficiente para surtir el nuevo pedido. La planta de San Diego puede producir hasta un total de 120,000 mangos y la planta de Tampa hasta un total de 180,000 mangos. Debido a las diferencias en el equipo de cada una de las plantas y a los distintos costos de mano de obra, los costos de producción por unidad varían como se muestra aquí:

	Costo de San Diego	Costo de Tampa
Mango regular	\$5.25	\$4.95
Mango duro	\$5.45	\$5.70

- Formule un modelo de programación lineal para determinar cómo debe programar GSI la producción del nuevo pedido, de modo que se minimice el costo total de producción.
- Resuelva el modelo que elaboró en el inciso a.

- c. Suponga que algunos de los pedidos anteriores de la planta de Tampa pueden reprogramarse para liberar capacidad adicional para el pedido nuevo. ¿Valdría la pena esta opción? Explique por qué.
 - d. Suponga que el costo de fabricar un mango en Tampa se había calculado incorrectamente y que el costo correcto es \$5.30 por mango. ¿Qué efecto, si es que alguno, tendría el costo correcto en la solución óptima desarrollada en el inciso b? ¿Qué efecto tendría en el costo de producción total?
28. La empresa Pfeiffer administra aproximadamente \$15 millones para sus clientes. Para cada cliente elige una mezcla de tres vehículos de inversión: un fondo de acciones de crecimiento, uno de ingresos y uno de mercado de dinero. Cada cliente tiene diferentes objetivos de inversión y distintas tolerancias al riesgo. Para reconciliar estas diferencias, Pfeiffer pone límites al porcentaje de cada portafolio que puede invertirse en los tres fondos y asigna un índice de riesgo al portafolio de cada cliente.
- Enseguida se muestra cómo funciona el sistema para Dennis Harlmann, uno de los clientes de Pfeiffer. Con base en una evaluación de la tolerancia al riesgo de Hartmann, la empresa ha asignado al portafolio de Hartmann un índice de riesgo de 0.05. Además, para mantener la diversidad, la fracción de dicho portafolio invertido en los fondos de crecimiento y de ingresos debe ser por lo menos 10% para cada uno, y como mínimo debe invertirse 20% en el fondo de mercado de dinero.
- Las calificaciones de riesgo para los fondos de crecimiento, de ingresos y de mercado de dinero son 0, 10, 0.05 y 0.01, respectivamente. El índice de riesgo del portafolio se calcula como un promedio ponderado de las calificaciones de riesgo para los tres fondos, donde los pesos son la fracción del portafolio invertido en cada uno de los fondos. Hartmann ha entregado a Pfeiffer \$300,000 para que los administre. Actualmente Pfeiffer pronostica un rendimiento de 20% en el fondo de crecimiento, 10% en el de ingresos y 6% en el de mercado de dinero.
- a. Elabore un modelo de programación lineal para seleccionar la mejor mezcla de inversiones para el portafolio de Hartmann.
 - b. Resuelva el modelo que elaboró en el inciso a.
 - c. ¿Cuánto varían los rendimientos de los tres fondos antes de que sea necesario que Pfeiffer modifique el portafolio de Hartmann?
 - d. Si Hartmann fuera más tolerante al riesgo, ¿qué incremento podría esperarse en el rendimiento? Por ejemplo, ¿qué pasaría si su índice de riesgo para el portafolio aumentara a 0.06?
 - e. Si Pfeiffer disminuyera la estimación del rendimiento para el fondo de crecimiento a 0.10, ¿cómo recomendaría modificar el portafolio de Hartmann?
 - f. ¿Qué información debe mantener Pfeiffer sobre cada cliente para utilizar este sistema con el propósito de administrar los portafolios de los clientes?
 - g. Pfeiffer revisa semanalmente las estimaciones del rendimiento para los tres fondos. Suponga que la empresa tiene 50 clientes. Describa cómo imagina que Pfeiffer modifica el portafolio de cada cliente por semana y asigna los recursos totales administrados entre los tres fondos de inversión.
29. La Jolla Beverage Products considera producir una bebida refrescante de vino preparada con una mezcla de vino blanco, vino rosado y jugo de fruta. Para cumplir con las especificaciones de sabor, la bebida debe contener por lo menos 50% de vino blanco, por lo menos 20% y no más de 30% de vino rosado, y exactamente 20% de jugo de fruta. La Jolla compra el vino a vinaterías locales y el jugo de fruta a una planta de procesamiento en San Francisco. Para el periodo de producción actual, puede comprar 10 000 galones de vino blanco y 8000 galones de vino rosado, y una cantidad ilimitada de jugo de fruta. El costo del vino es \$1.00 por galón de vino blanco, \$1.50 por galón de vino rosado, y \$0.50 el galón de jugo de fruta. La Jolla Beverage Products puede vender toda la bebida refrescante que produzca a \$2.50 por galón.
- a. En esta situación, ¿el costo del vino y del jugo de fruta es un costo hundido o un costo relevante? Explique por qué.
 - b. Formule un programa lineal para determinar la mezcla de los tres ingredientes que maximizará la contribución total a las utilidades. Resuelva el programa lineal para

- determinar el número de galones de cada ingrediente que La Jolla debe comprar y la contribución total a las utilidades que obtendrá con esta mezcla.
- c. Si La Jolla pudiera obtener cantidades adicionales de vino blanco, ¿debería hacerlo? Si es así, ¿cuánto debe estar dispuesta a pagar por cada galón adicional y cuántos galones adicionales debería comprar?
 - d. Si La Jolla Beverage Products pudiera obtener cantidades adicionales de vino rosado, ¿debería hacerlo? Si es así, ¿cuánto debería estar dispuesta a pagar por cada galón adicional, y cuántos galones adicionales debería comprar?
 - e. Interprete el precio dual para la restricción correspondiente al requerimiento de que la bebida refrescante debe contener por lo menos 50% de vino blanco. ¿Qué aconseja a la gerencia dado este precio dual?
 - f. Interprete el precio dual para la restricción correspondiente al requerimiento de que la bebida refrescante debe contener exactamente 20% de jugo de fruta. ¿Qué aconseja a la gerencia dado este precio dual?
30. A la gerente de programación del Canal 10 le gustaría determinar la mejor manera de asignar el tiempo para la transmisión del noticiero nocturno de 11:00 a 11:30 p.m. En específico, le gustaría determinar el número de minutos de tiempo de transmisión que debe asignar a las noticias locales, las noticias nacionales, el clima y los deportes. De los 30 minutos que dura la transmisión, se reservan 10 minutos para publicidad. La política de transmisión de la estación establece que por lo menos 15% del tiempo disponible debe dedicarse a la cobertura de noticias locales; el tiempo dedicado a las noticias locales o nacionales debe ser por lo menos 50% del tiempo de transmisión total; el tiempo dedicado al segmento del clima debe ser menor o igual que el tiempo dedicado al segmento deportivo y no debe exceder el tiempo total invertido en las noticias locales y nacionales, y por lo menos 20% del tiempo debe dedicarse al segmento del clima. Los costos de producción por minuto son \$300 para las noticias locales, \$200 para las noticias nacionales, \$100 para el clima y \$100 para los deportes.
- a. Formule y resuelva un programa lineal que determine cómo deben emplearse los 20 minutos disponibles para minimizar el costo total de producción del programa.
 - b. Interprete el precio dual para la restricción correspondiente al tiempo disponible. ¿Qué aconseja a la gerente de la estación dado este precio dual?
 - c. Interprete el precio dual para la restricción correspondiente al requerimiento de que por lo menos 15% del tiempo disponible debe dedicarse a la cobertura local. ¿Qué aconseja a la gerente de la estación dado este precio dual?
 - d. Interprete el precio dual para la restricción que corresponde al requerimiento de que el tiempo dedicado a las noticias locales y nacionales debe ser por lo menos 50% del tiempo total de transmisión. ¿Qué aconseja a la gerente de la estación dado este precio dual?
 - e. Interprete el precio dual para la restricción correspondiente al requerimiento de que el tiempo dedicado al segmento del clima debe ser al menos menor o igual que el tiempo dedicado al segmento deportivo. ¿Qué aconseja a la gerente de la estación dado este precio dual?
31. Gulf Coast Electronics está preparada para conceder contratos para imprimir su informe anual. Durante los años anteriores, Johnson Printing y Lakeside Litho imprimieron el informe anual a cuatro tintas. Una nueva empresa, Benson Printing, preguntó por la posibilidad de hacer una parte de la impresión. La calidad y el servicio proporcionados por Lakeside Litho han sido sumamente satisfactorios; de hecho, sólo 0.5% de sus informes han tenido que rechazarse debido a problemas de calidad. Johnson Printing también ha tenido históricamente un alto nivel de calidad, produciendo un promedio de sólo 1% de informes no aceptables. Como Gulf Coast Electronics no ha tenido experiencia con Benson Printing, estiman que su tasa de defectos es de 10%. A Gulf Coast le gustaría determinar cuántos informes debe imprimir cada empresa para obtener 75,000 informes de calidad aceptable. Para asegurar que Benson Printing reciba parte del contrato, la gerencia especificó que el número de informes otorgados a Benson Printing debe ser como mínimo 10% del volumen dado a Johnson Printing. Además, el volumen total asignado a Benson Printing, Johnson Printing y Lakeside Litho no debe exceder de 30,000, 50,000 y 50,000

ejemplares, respectivamente. Debido a la relación a largo plazo con Lakeside Litho, la gerencia también debe especificar que por lo menos 30,000 informes deben concederse a Lakeside Litho. El costo por ejemplar es de \$2.45 para Benson Printing, \$2.50 para Johnson Printing y \$2.75 para Lakeside Litho.

- a. Formule y resuelva un programa lineal para determinar cuántos ejemplares deben asignarse a cada imprenta con el fin de minimizar el costo total de obtener 75,000 informes de calidad aceptable.
 - b. Suponga que el nivel de calidad de Benson Printing es mucho mayor que el efecto estimado. ¿Qué efecto, si es que hay, tendría este nivel de calidad?
 - c. Imagine que la gerencia está dispuesta a reconsiderar su requerimiento de que se conceda a Lakeside Litho la impresión de por lo menos 30,000 ejemplares. ¿Qué efecto, si lo hay, tendría esta consideración?
32. PhotoTech, Inc., un fabricante de baterías recargables para cámaras digitales, firmó un contrato con una compañía de fotografía digital para producir tres paquetes de baterías de ión-litio diferentes para una nueva línea de cámaras digitales. El contrato exige lo siguiente:

Paquete de baterías	Cantidad de producción
PT-100	200,000
PT-200	100,000
PT-300	150,000

PhotoTech puede fabricar los paquetes de baterías en sus plantas de manufactura localizadas en Filipinas y México. El costo unitario de los paquetes de baterías difiere en las dos plantas debido a las diferencias en el equipo de producción y a las tasas salariales. Los costos unitarios para cada paquete de baterías son los siguientes:

Producto	Planta	
	Filipinas	México
PT-100	\$0.95	\$0.98
PT-200	\$0.98	\$1.06
PT-300	\$1.34	\$1.15

Los paquetes de baterías PT-100 y PT-200 se producen con equipo de producción parecido y disponible en ambas plantas. Sin embargo, cada planta tiene una capacidad limitada para el número total de paquetes de baterías PT-100 y PT-200 producidos. Las capacidades de producción de PT-100 y PT-200 combinadas son 175,000 unidades en la planta de Filipinas y 160,000 unidades en la de México. Las capacidades de producción del paquete PT-300 son 75,000 unidades en la planta de Filipinas y 100,000 unidades en la planta de México. El costo de envío desde la planta de Filipinas es \$0.18 por unidad y el de la planta de México \$0.10 por unidad.

- a. Elabore un programa lineal que le permita a PhotoTech determinar cuántas unidades de cada paquete de batería producir en cada planta con el fin de minimizar los costos totales de producción y de envío asociados con el nuevo contrato.
- b. Resuelva el programa lineal que elaboró en el inciso a para determinar el plan de producción óptimo.
- c. Utilice el análisis de sensibilidad para determinar cuánto tendría que cambiar el costo de producción o el costo de envío por unidad para producir unidades adicionales de la PT-200 en la planta de Filipinas.
- d. Utilice el análisis de sensibilidad para determinar cuánto tendría que cambiar el costo de producción o el de envío por unidad para producir unidades adicionales de la PT-100 en la planta de México.

Muchas de las ilustraciones presentadas en el capítulo son versiones reducidas de situaciones reales en las cuales se ha aplicado la programación lineal. En las aplicaciones reales, el problema tal vez no esté definido de manera tan concisa, los datos para el problema quizá no estén tan disponibles y lo más probable es que involucren muchas variables de decisión o restricciones. Sin embargo, un estudio minucioso de las aplicaciones de este capítulo es un buen lugar para empezar a aplicar la programación lineal a problemas reales.

Problemas

Nota: Los problemas siguientes se han diseñado para que comprenda y evalúe la amplia variedad de problemas que pueden formularse como programas lineales. Usted debería poder formular un modelo de programación lineal para cada uno de los problemas. Sin embargo, necesitará acceso a un software de programación lineal para obtener las soluciones y hacer las interpretaciones requeridas.

AUTOevaluación

1. La Cámara de Comercio de Westchester patrocina de forma periódica seminarios y programas de servicio público. En la actualidad, los planes promocionales para el programa de este año están en marcha. Las alternativas publicitarias incluyen televisión, radio y periódico. Las estimaciones de la audiencia, los costos y las limitaciones del uso máximo de los medios se muestran enseguida:

Restricción	Televisión	Radio	Periódico
Audiencia por anuncio	100,000	18,000	40,000
Costo por anuncio	\$2000	\$300	\$600
Uso máximo del medio	10	20	10

Para asegurar un uso equilibrado de los medios de publicidad, los anuncios de radio no deben exceder 50% del número total de anuncios permitido. Además, la televisión debe constituir por lo menos 10% del número total de anuncios autorizados.

- a. Si el presupuesto promocional está limitado a \$18,200, ¿cuántos mensajes comerciales deben manejarse en cada medio para maximizar el contacto total con la audiencia? ¿Cuál es la asignación del presupuesto entre los tres medios y cuál la audiencia total alcanzada?
 - b. ¿Cuánto aumentará el contacto de la audiencia si se asignaran \$100 adicionales al presupuesto promocional?
2. La gerencia de Hartman Company trata de determinar la cantidad de cada uno de dos productos a fabricar durante el próximo periodo de planeación. La información siguiente se refiere a la disponibilidad de la mano de obra, el uso de la misma y la rentabilidad del producto:

Departamento	Producto (horas/unidad)		Horas de mano de obra disponibles
	1	2	
A	1.00	0.35	100
B	0.30	0.20	36
C	0.20	0.50	50
Contribución a las utilidades/unidad	\$30.00	\$15.00	

- a. Elabore un modelo de programación lineal del problema de Hartman Company. Resuelva el modelo para determinar las cantidades de producción óptimas de los productos 1 y 2.

- b. Al calcular la contribución a las utilidades por unidad, la gerencia no dedujo los costos de mano de obra debido a que se consideran fijos para el periodo de planeación próximo. Sin embargo, suponga que se pueden añadir horas extra en algunos de los departamentos. ¿Cuáles departamentos recomendaría usted programar para horas extra? ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por hora extra en cada uno?
 - c. Suponga que pueden programarse 10, 6 y 8 horas de tiempo extra en los departamentos A, B y C, respectivamente. El costo por hora extra es \$18 en el departamento A, \$22.50 en el B y \$12 en el C. Formule un modelo de programación lineal que se pueda utilizar para determinar las cantidades de producción óptimas si se dispone de horas extra. ¿Cuáles son las cantidades de producción óptimas y la contribución total a las utilidades modificada? ¿Cuántas horas extra recomienda utilizar en cada departamento? ¿Cuál es el incremento en la contribución total a las utilidades si se utilizan horas extra?
3. La cooperativa de ahorro y crédito de los empleados de la universidad estatal planea asignar los fondos para el año próximo. La cooperativa hace cuatro tipos de préstamos a sus miembros. Además, la invierte en valores sin riesgo para estabilizar los ingresos. Las diversas inversiones que producen ingresos junto con sus tasas de rendimiento anuales son las siguientes:

Tipo de préstamo/Inversión	Tasa de rendimiento anual (%)
Préstamos para automóvil	8
Préstamos para mobiliario	10
Otros préstamos garantizados	11
Préstamo quirografario	12
Valores sin riesgo	9

La cooperativa de ahorro y crédito tendrá \$2 millones disponibles para la inversión durante el año próximo. Las leyes estatales y las políticas de la cooperativa imponen las siguientes restricciones a la composición de los préstamos e inversiones:

- Los valores libres de riesgo no pueden exceder 30% de los fondos totales disponibles para inversión.
- Los préstamos quirografarios no pueden exceder 10% de los fondos invertidos en todos los préstamos (para automóvil, muebles, otros préstamos asegurados y préstamos quirografarios).
- Los préstamos para mobiliario, además de otros préstamos asegurados no pueden exceder los que se otorgan para automóvil.
- Otros préstamos asegurados más los quirografarios no pueden exceder los fondos invertidos en los valores sin riesgo.

¿Cómo deben asignarse los \$2 millones a cada una de las alternativas para maximizar el rendimiento anual total? ¿Cuál es el rendimiento anual total proyectado?

4. Hilltop Coffee fabrica un producto al mezclar tres tipos de granos de café. El costo por libra y las libras disponibles de cada grano son los siguientes:

Grano	Costo por libra	Libras disponibles
1	\$0.50	500
2	\$0.70	600
3	\$0.45	400

Se usaron pruebas de consumo con productos de café para proporcionar calificaciones en una escala de 0-100; las calificaciones más altas indican una mayor calidad. Los estándares de calidad del producto para el café mezclado requieren que la calificación de los

consumidores para el aroma sea por lo menos 75 y que la calificación de los consumidores para el sabor sea por lo menos 80. Las calificaciones individuales del aroma y el sabor para el café hechos de 100% de cada grano son las siguientes:

Grano	Calificación de aroma	Calificación de sabor
1	75	86
2	85	88
3	60	75

Suponga que los atributos de aroma y sabor de la mezcla de café serán un promedio ponderado de los atributos de los granos usados en la mezcla.

- ¿Cuál es la mezcla de costo mínimo que cumplirá con los estándares de calidad y proporcionará 1000 libras de producto de café mezclado?
 - ¿Cuál es el costo por libra para la mezcla de café?
 - Determine las calificaciones de aroma y sabor para la mezcla de café.
 - Si se fuera a producir más café, ¿cuál sería el costo esperado por libra?
- Ajax Fuels, Inc. desarrolla un aditivo para los combustibles de avión, el cual es una mezcla de tres ingredientes: A, B y C. Para el desempeño apropiado, la cantidad total de aditivo (cantidad de A + cantidad de B + cantidad de C) debe ser por lo menos 10 onzas por galón. Sin embargo, por razones de seguridad, la cantidad de aditivo no debe exceder de 15 onzas por galón de combustible. La mezcla de los tres ingredientes es crítica. Por lo menos 1 onza del ingrediente A debe usarse para cada onza del ingrediente B. La cantidad de ingrediente B debe ser por lo menos la mitad de la cantidad del ingrediente A. Si los costos por onza para los ingredientes A, B y C son \$0.10, \$0.03 y \$0.09, respectivamente, encuentre la mezcla de costo mínimo de A, B y C para cada galón de combustible de avión.
 - G. Kunz and Sons, Inc. fabrica dos productos que se usan en la industria del equipo pesado. Los dos productos requieren operaciones de manufactura en dos departamentos. Las cifras siguientes son el tiempo de producción (en horas) y las utilidades a la contribución para los dos productos:

Producto	Utilidades por unidad	Horas de mano de obra	
		Dept. A	Dept. B
1	\$25	6	12
2	\$20	8	10

Para el periodo de producción siguiente, Kunz tiene disponibles un total de 900 horas de mano de obra que pueden asignarse a cualquiera de los dos departamentos. Encuentre el plan de producción y la asignación de mano de obra (horas asignadas en cada departamento) que maximizarán la contribución total a las utilidades.

- Como parte de la resolución de una demanda colectiva, Hoxworth Corporation debe proporcionar efectivo suficiente para hacer los pagos anuales siguientes (en miles de dólares):

Año	1	2	3	4	5	6
Pago	190	215	240	285	315	460

Los pagos anuales deben hacerse al principio de cada año. El juez aprobará una cantidad que, junto con ganancias sobre su inversión, cubrirán los pagos anuales. La inversión de los fondos estará limitada a ahorros (a 4% anualmente) y valores del gobierno, a los precios y tasas actualmente citados en *The Wall Street Journal*.

Hoxworth quiere elaborar un plan para hacer los pagos anuales al invertir los valores siguientes (valor nominal = \$1000). Los fondos no invertidos en estos valores se colocarán en ahorros.

Valor	Precio actual	Tasa (%)	Años para el vencimiento
1	\$1055	6.750	3
2	\$1000	5.125	4

Suponga que los intereses se pagan anualmente. El plan se presentará al juez y, en caso de que lo apruebe, Hoxworth deberá pagar un fideicomiso por el monto que se necesitará para financiar el plan.

- Utilice la programación lineal para determinar la resolución del efectivo mínimo necesario para financiar los pagos anuales.
 - Utilice el precio dual para determinar cuánto más debe estar dispuesto a pagar Hoxworth para reducir el pago del principio del año 6 a \$400,000.
 - Utilice el precio dual para determinar cuánto más debe estar dispuesto Hoxworth a pagar para reducir el pago del año 1 a \$150,000.
 - Suponga que los pagos anuales se harán al final de cada año. Vuelva a formular el modelo para tomar en cuenta este cambio. ¿Cuánto ahorraría Hoxworth si se pudiera negociar el cambio?
8. El Departamento del sheriff del condado Clark programa a los oficiales de policía para turnos de 8 horas. Las primeras horas para los turnos son las 8:00 A.M., el mediodía, las 4:00 P.M., las 8:00 P.M., la medianoche y las 4:00 A.M. Un oficial que empieza un turno a una de estas horas trabaja para las 8 horas siguientes. Durante las operaciones del fin de semana, el número de oficiales necesarios varía según la hora del día. Los lineamientos del personal del departamento requieren el siguiente número mínimo de oficiales en servicio:

Hora del día	Mínimo de oficiales en servicio
8:00 A.M. - Mediodía	5
Mediodía - 4:00 P.M.	6
4:00 P.M. - 8:00 P.M.	10
8:00 P.M. - Medianoche	7
Medianoche - 4:00 A.M.	4
4:00 A.M. - 8:00 A.M.	6

Determine el número de oficiales de policía que deben programarse para comenzar los turnos de 8 horas en cada uno de los seis horarios (8:00 A.M., mediodía, 4:00 P.M., 8:00 P.M., medianoche y 4:00 A.M.) y minimizarán el número total de oficiales requeridos. (Pista: Sea x_1 = número de oficiales que empiezan a trabajar a las 8:00 A.M., x_2 = número de oficiales que empiezan a trabajar al mediodía, etcétera).

AUTOevaluación

9. Reconsidere el problema de Welte Mutual Funds de la sección 9.2. Defina sus variables de decisión como la fracción de los fondos invertidos en cada valor. También modifique las restricciones que limitan las inversiones en las industrias del petróleo y del acero como sigue: No más de 50% de los fondos invertidos en acciones (petróleo y acero) pueden invertirse en la industria del petróleo, y no más de 50% de los fondos invertidos en acciones (petróleo y acero) pueden invertirse en la industria del acero.
- Resuelva el modelo de programación lineal modificado. ¿Qué fracción del portafolio debe invertirse en cada tipo de valor?
 - ¿Cuánto debe invertirse en cada tipo de valor?

- c. ¿Cuáles son las ganancias totales del portafolio?
 - d. ¿Cuál es la tasa de rendimiento marginal en el portafolio? Es decir, ¿cuánto más podría ganarse al invertir un dólar más en el portafolio?
10. Un asesor de inversiones en Shore Financial Services quiere desarrollar un modelo que se puede utilizar para asignar fondos de inversión entre cuatro alternativas: acciones, bonos, fondos mutualistas y efectivo. Para el periodo de inversión siguiente, la empresa elaboró estimaciones de la tasa de rendimiento anual y el riesgo asociado de cada alternativa. El riesgo se mide utilizando un índice entre 0 y 1, con valores de riesgo más altos que denotan más volatilidad, y por tanto más incertidumbre.

Inversión	Tasa de rendimiento anual (%)	Riesgo
Acciones	10	0.8
Bonos	3	0.2
Fondos de inversión	4	0.3
Efectivo	1	0.0

Debido a que el efectivo se tiene en un fondo de mercado de dinero, el rendimiento anual es menor, pero en esencia no conlleva ningún riesgo. El objetivo es determinar la porción de los fondos asignados a cada alternativa de inversión, con el fin de maximizar el rendimiento total anual para el portafolio al nivel de riesgo que el cliente está dispuesto a tolerar.

El riesgo total es la suma del riesgo para todas las alternativas de inversión. Por ejemplo, si 40% de los fondos de un cliente se invierte en acciones, 30% en bonos, 20% en fondos mutualistas y 10% en efectivo, el riesgo total para el portafolio sería $0.40(0.8) + 0.30(0.2) + 0.20(0.3) + 0.10(0.0) = 0.44$. Un asesor de inversiones se reunirá con cada cliente para discutir los objetivos de su inversión y determinar un valor de riesgo total máximo para él. Un valor de riesgo total máximo de menos de 0.3 se asignaría a un inversionista conservador; un valor de riesgo total máximo de entre 0.3 y 0.5 se asignaría a una tolerancia moderada al riesgo, y un valor de riesgo total máximo mayor que 0.5, se asignaría a un inversionista más agresivo.

Shore Financial Services especificó lineamientos adicionales que deben aplicarse a todos los clientes, los cuales son los siguientes:

- No más de 75% de la inversión total puede estar en acciones.
 - El monto invertido en fondos de inversión debe ser por lo menos igual que el monto invertido en bonos.
 - El monto de efectivo debe ser por lo menos 10%, pero no más de 30%, de los fondos de inversión totales.
- a. Suponga que un valor de riesgo máximo para un cliente en particular es 0.4. ¿Cuál es la asignación óptima de los fondos invertidos entre acciones, bonos, fondos de inversión y efectivo? ¿Cuál es la tasa de rendimiento anual y el riesgo total para el portafolio óptimo?
 - b. Suponga que el valor de riesgo máximo para un cliente más conservador es 0.18. ¿Cuál es la asignación óptima de los fondos invertidos para este cliente? ¿Cuáles son la tasa de rendimiento anual y el riesgo total para el portafolio óptimo?
 - c. Otro cliente más audaz tiene un valor de riesgo máximo de 0.7. ¿Cuál es la asignación óptima de los fondos invertidos para este cliente? ¿Cuáles son la tasa de rendimiento anual y el riesgo total para el portafolio óptimo?
 - d. Remítase a la solución para un cliente más audaz del inciso c). ¿Este cliente estaría interesado en solicitar al asesor de inversiones que aumente el porcentaje máximo permitido en acciones o que reduzca el requisito de que el monto de efectivo debe ser por lo menos 10% de los fondos invertidos? Explique por qué.
 - e. ¿Cuál es la ventaja de definir las variables de decisión como se hizo en este modelo en vez de establecer el monto a invertir y expresar las variables de decisión directamente en cantidades en dólares?

11. Edwards Manufacturing Company compra dos partes componentes a tres proveedores diferentes, quienes tienen capacidad limitada, y ninguno de ellos puede satisfacer todas las necesidades de la empresa. Además, los proveedores cobran diferentes precios por los componentes. Los datos sobre los precios de los componentes (en precio por unidad) son los siguientes:

Componente	Proveedor		
	1	2	3
1	\$12	\$13	\$14
2	\$10	\$11	\$10

Cada proveedor tiene una capacidad limitada en función del número total de componentes que puede suministrar. Sin embargo, siempre que Edwards proporcione suficientes pedidos por adelantado, cada proveedor puede dedicar su capacidad al componente 1, al componente 2 o a cualquier mezcla de los dos componentes, si el número total de unidades ordenado está dentro de su capacidad. Las capacidades del proveedor son las siguientes:

Proveedor	1	2	3
Capacidad	600	1000	800

Si el plan de producción de Edwards para el periodo siguiente incluye 1000 unidades del componente 1 y 800 del componente 2, ¿qué compras recomienda usted? Es decir, ¿cuántas unidades de cada componente deben ordenarse de cada proveedor? ¿Cuál es el costo de compra total de los componentes?

12. Atlantic Seafood Company (ASC) es un comprador y distribuidor de mariscos que vende a restaurantes y tiendas especializadas en todo el noreste de Estados Unidos. ASC tiene una instalación de almacenamiento congelado en Nueva York, la cual sirve como el punto de distribución principal de todos los productos. Uno de los productos de la empresa es un camarón tigre negro gigante congelado, que se mide de 16 a 20 piezas por libra. ASC puede comprar o vender cada sábado más camarón tigre al precio de mercado del almacén de Nueva York. Su meta es comprar camarón tigre a un precio bajo semanalmente y venderlo después a un precio más alto. ASC tiene actualmente 20,000 libras de camarón tigre almacenadas, hay espacio disponible para almacenar un máximo de 100,000 libras cada semana. Además, ASC desarrolló las estimaciones siguientes de los precios del camarón tigre para las siguientes cuatro semanas:

Semana	Precio/lb.
1	\$6.00
2	\$6.20
3	\$6.65
4	\$5.55

A esta empresa le gustaría determinar la estrategia de compra/almacenamiento/venta óptima para las siguientes cuatro semanas. El costo por almacenar una libra de camarón por semana es \$0.15, y para representar los cambios imprevistos en oferta y demanda, la gerencia también indicó que se deben almacenar 25 000 libras de camarón tigre al final de la semana 4. Determine la estrategia de compra/almacenamiento/venta óptima para ASC. ¿Cuáles son las utilidades proyectadas para las cuatro semanas?

13. Romans Food Market, localizado en Saratoga, Nueva York, vende una variedad de comida especializada de todo el mundo. Dos de los productos líderes de la tienda usan el

nombre de Romans Food Market: Romans Regular Coffee y Romans DeCaf Coffee. Estos cafés son mezclas de granos de café Brazilian Natural y Colombian Mild, los cuales se compran a un distribuidor localizado en la ciudad de Nueva York. Como Romans compra cantidades grandes, los granos de café pueden comprarse cuando se necesite a un precio 10% mayor que el precio de mercado que el distribuidor paga por los granos. El precio de mercado actual es \$0.47 por libra para Brazilian Natural y \$0.62 por libra para Colombian Mild. Las composiciones de cada mezcla de café son las siguientes:

Grano	Mezcla	
	Regular	DeCaf
Brazilian Natural	75%	40%
Colombian Mild	25%	60%

Romans vende por libra la mezcla Regular a \$3.60 y la mezcla DeCaf a \$4.40. A Romans le gustaría colocar un pedido para los granos de café brasileños y colombianos que permita la producción de 1000 libras de café Romans Regular y 500 de café Romans DeCaf. El costo de producción es \$0.80 por libra para la mezcla Regular. Debido a los pasos adicionales requeridos para producir DeCaf, el costo de producción para la mezcla DeCaf es \$1.05 por libra. Los costos de empaque para ambos productos son \$0.25 por libra. Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar las libras de Brazilian Natural y Colombian Mild que maximizarán la contribución total a las utilidades. ¿Cuál es la solución óptima y la contribución a las utilidades?

14. El gerente de producción de Classic Boat Corporation debe determinar cuántas unidades del modelo Classic 21 producir durante los siguientes cuatro trimestres. La empresa tiene un inventario inicial de 100 latas Classic 21 y la demanda para los cuatro trimestres es 2000 unidades en el trimestre 1, 4000 en el 2, 3000 en el 3 y 1500 en el 4. La empresa tiene una capacidad de producción limitada en cada trimestre. Es decir, hasta 4000 unidades pueden producirse en el trimestre 1, 3000 en el 2, 2000 en el 3, y 4000 en el 4. Cada lata guardada en inventario en los trimestres 1 y 2 incurre en un costo de mantenimiento en inventario de \$250 por unidad; el costo de mantenimiento para los trimestres 3 y 4 es \$300 por unidad. Los costos de producción para el primer trimestre son \$10,000 por unidad; se espera que este precio aumente 10% cada trimestre debido a los incrementos en los costos de mano de obra y del material. La gerencia especificó que el inventario final para el trimestre 4 debe ser por lo menos de 500 latas.
 - a. Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar el programa de producción que minimizará el costo total de cumplir con la demanda en cada trimestre sujeto a las capacidades de producción en cada trimestre y también al inventario final requerido en el trimestre 4.
 - b. Resuelva el programa lineal formulado en el inciso a). Luego elabore una tabla que muestre el número de unidades a fabricar para cada trimestre, el inventario final y los costos incurridos.
 - c. Interprete cada uno de los precios duales que corresponden a las restricciones elaboradas para satisfacer la demanda en cada trimestre. Con base en estos precios duales, ¿qué consejo le daría al gerente de producción?
 - d. Interprete cada uno de los precios duales que corresponden a la capacidad de producción en cada trimestre. Con base en estos precios duales, ¿qué consejo le daría al gerente de producción?
15. Seastrand Oil Company produce dos grados de gasolina: regular y alto octanaje. Las dos gasolinas se producen al mezclar dos tipos de petróleo crudo. Aunque ambos tipos de petróleo crudo contienen los dos ingredientes importantes requeridos para producir las dos gasolinas, el porcentaje de ingredientes importantes en cada tipo de petróleo crudo

difieren, al igual que el costo por galón. El porcentaje de ingredientes A y B en cada tipo de petróleo crudo y el costo por galón se muestran enseguida:

Petróleo crudo	Costo	Ingrediente A	Ingrediente B
1	\$0.10	20%	60%
2	\$0.15	50%	30%

Cada galón de gasolina regular debe contener por lo menos 40% del ingrediente A, mientras que cada galón de alto octanaje puede contener como máximo 50% del ingrediente B. La demanda diaria de la gasolina regular y de alto octanaje es 800,000 y 500,000 galones, respectivamente. ¿Cuántos galones de cada tipo de petróleo crudo deben usarse en las dos gasolinas para satisfacer la demanda diaria a un costo mínimo?

16. Ferguson Paper Company produce rollos de papel para usar en las máquinas sumadoras, las calculadoras de escritorio y las cajas registradoras. Los rollos, que miden 200 pies de largo, se producen en anchos de $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ y $3\frac{1}{2}$ pulgadas. El proceso de producción proporciona rollos de 200 pies sólo con un ancho de 10 pulgadas. La empresa debe, por consiguiente, cortar los rollos a los tamaños de producto final deseados. Las siete alternativas de corte y la cantidad de desperdicio generada por cada rollo son las siguientes:

Alternativa de corte	Número de rollo			Desperdicio (pulgadas)
	$1\frac{1}{2}$ in.	$2\frac{1}{2}$ in.	$3\frac{1}{2}$ in.	
1	6	0	0	1
2	0	4	0	0
3	2	0	2	0
4	0	1	2	$\frac{1}{2}$
5	1	3	0	1
6	1	2	1	0
7	4	0	1	$\frac{1}{2}$

Los requerimientos mínimos para los tres productos son:

Ancho de rollo (pulgadas)	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$
Unidades	1 000	2 000	4 000

- Si la empresa quiere minimizar el número de rollos de 10 pulgadas que deben fabricarse, ¿cuántos rollos de 10 pulgadas se procesarán en cada alternativa de corte? ¿Cuántos rollos se requieren y cuál es el desperdicio total (pulgadas)?
 - Si la empresa quiere minimizar el desperdicio generado, ¿cuántos rollos de 10 pulgadas se procesarán en cada alternativa de corte? ¿Cuántos rollos se requieren y cuál es el desperdicio total (pulgadas)?
 - ¿Cuáles son las diferencias en los incisos a y b para este problema? En este caso, ¿qué objetivo prefiere usted? Explique por qué. ¿Qué tipos de situaciones harían que el otro objetivo fuera preferible?
17. Frandec Company fabrica, ensambla y reconstruye equipo para manejo de material empleado en almacenes y centros de distribución. Un producto, llamado Liftmaster, se ensambla a partir de cuatro componentes: un armazón, un motor, dos soportes y un asa de metal. El programa de producción de la empresa exige que se fabriquen 5 000 Liftmasters

para el mes siguiente. Frandec compra los motores a un proveedor externo, pero la empresa puede, ya sea fabricar los armazones, los soportes y las asas, o comprarlos a un proveedor externo. Los costos de manufactura y compra por unidad se muestran en la tabla:

Componente	Costo de manufactura	Costo de compra
Armazón	\$38.00	\$51.00
Soporte	\$11.50	\$15.00
Asa	\$ 6.50	\$ 7.50

Hay tres departamentos involucrados en la producción de estos componentes. El tiempo (en minutos por unidad) requerido para procesar cada componente en cada departamento y la capacidad disponible (en horas) para los tres departamentos son los siguientes:

Componente	Departamento		
	Corte	Fresado	Moldeado
Armazón	3.5	2.2	3.1
Soporte	1.3	1.7	2.6
Asa	0.8	—	1.7
Capacidad (horas)	350	420	680

- Formule y resuelva un modelo de programación lineal para esta aplicación de hacer o comprar. ¿Cuántos de cada componente deben fabricarse y cuántos comprarse?
 - ¿Cuál es el costo total del plan de manufactura y compra?
 - ¿Cuántas horas de producción se usan en cada departamento?
 - ¿Cuánto está dispuesto a pagar Frandec por una hora adicional de tiempo en el departamento de moldeado?
 - Otro fabricante ha ofrecido vender armazones a Frandec por \$45 cada uno. ¿Podría mejorar Frandec su posición al aprovechar esta oportunidad? ¿Por qué?
18. Two-Rivers Oilnear cerca de Pittsburgh transporta gasolina a sus distribuidores en camión. La empresa recientemente contrató a distribuidores que le suministraran gasolina en el sur de Ohio y tiene \$600,000 disponibles para gastar en la expansión necesaria de su flota de camiones cisterna de gasolina, de los que hay tres modelos de estos camiones para gasolina disponibles.

Modelo de camión	Capacidad (galones)	Costo de compra	Costo de operación mensual, incluida la depreciación
SuperTanker	5 000	\$67,000	\$550
Línea regular	2 500	\$55,000	\$425
Econo-Tanker	1 000	\$46,000	\$350

La empresa estima que la demanda mensual para la región será 550,000 galones de gasolina. Debido a las diferencias en tamaño y rapidez de los camiones, el número de entregas o viajes redondos posibles por mes para cada modelo de camión variará. Las capacidades del transporte se estiman en 15 viajes al mes para el Super Tanker, 20 viajes al mes para la línea regular y 25 viajes al mes para el Econo-Tanker. Con base en el mantenimiento y la disponibilidad de los conductores, la empresa no quiere añadir más de 15 vehículos

nuevos a su flotilla. Además, la empresa ha decidido comprar por lo menos tres de los nuevos Econo-Tankers para usarlos en las rutas cortas de poca demanda. Como restricción final, la empresa no quiere que más de la mitad de los modelos nuevos sean Super Tankers.

- a. Si la empresa quiere satisfacer la demanda de gasolina con un gasto operativo mínimo, ¿cuántos modelos de cada camión debe comprar?
- b. Si la empresa no requiriera por lo menos tres Econo-Tankers y limitara el número de Super Tankers a la mitad de los modelos nuevos máximo, ¿cuántos modelos de cada uno deberían comprarse?

AUTOevaluación

19. Silver Star Bicycle fabricará modelos para hombre y mujer para sus bicicletas Easy-Pedal de 10 velocidades durante los dos meses siguientes. La gerencia quiere desarrollar un programa de producción que indique cuántas bicicletas de cada modelo debe fabricar cada mes. Los pronósticos de la demanda actual exigen envíos de 150 bicicletas para hombre y 125 para mujer durante el primer mes, y 200 modelos para hombre y 150 para mujer durante el segundo mes. Enseguida se muestran otros datos:

Modelo	Costos de producción	Requisitos de mano de obra (horas)		Inventario actual
		Manufactura	Ensamblaje	
Hombre	\$120	2.0	1.5	20
Mujer	\$ 90	1.6	1.0	30

El mes pasado la empresa usó un total de 1000 horas de mano de obra. La política de relaciones laborales de la empresa no permite que el total de horas de trabajo combinadas (manufactura más ensamblaje) aumente o disminuya más de 100 horas de un mes a otro. Además, Silver Star cobra mensualmente el inventario a la tasa de 2% del costo de producción con base en los niveles de inventario al final del mes. A la empresa le gustaría tener por lo menos 25 unidades de cada modelo al final de dos meses.

- a. Establezca un programa de producción que minimice los costos de producción y de inventario y satisfaga los requerimientos de suavización de la mano de obra, demanda e inventario. ¿Qué inventario se mantendrá y cuáles son los requerimientos mensuales de mano de obra?
 - b. Si la empresa cambiara las restricciones de modo que los incrementos y disminuciones mensuales de mano de obra no pudieran exceder 50 horas, ¿qué pasaría con el programa de producción? ¿Cuánto aumentaría el costo? ¿Qué recomendaría?
20. Filtron Corporation produce contenedores de filtración que se usan en los sistemas de tratamiento de agua. Aunque el negocio ha crecido, la demanda varía cada mes de forma considerable. Como resultado, la empresa utiliza una combinación de empleados de tiempo parcial y de tiempo completo para satisfacer las demandas de producción. Aunque este enfoque permite a Filtron gran flexibilidad, provocó un aumento en los costos y generó problemas morales entre los empleados. Por ejemplo, si Filtron necesita aumentar la producción de un mes al otro, se tienen que contratar y entrenar empleados de tiempo parcial, lo que aumenta los costos. Si Filtron tiene que reducir la producción, se debe reducir la planta laboral y la empresa incurriría en costos adicionales relacionados con las prestaciones por desempleo y la baja moral. Las mejores estimaciones son que aumentar la cantidad de unidades producidas de un mes al siguiente incrementará los costos de producción \$1.25 por unidad, y que disminuir el número de unidades producidas aumentará los costos de producción \$1.00 por unidad. Filtron produjo en febrero 10,000 contenedores de filtración, pero sólo vendió 7 500 unidades; 2 500 están actualmente en el inventario. Los pronósticos de ventas para marzo, abril y mayo son 12,000, 8 000 y 15,000 unidades, respectivamente. Además, Filtron tiene la capacidad de almacenar hasta 3 000 contenedores de filtración al final de cualquier mes. A la gerencia le gustaría determinar el número de unidades a producir en marzo, abril y mayo lo que minimizará el costo total de los aumentos y las disminuciones de la producción mensual.

21. Greenville Cabinets ganó un contrato para fabricar gabinetes para bocinas para un fabricante importante. El contrato exige la producción de 3 300 bocinas de estante y 4 100 bocinas de piso durante los dos meses siguientes, con este siguiente programa de entrega:

Modelo	Mes 1	Mes 2
Estante	2 100	1 200
Piso	1 500	2 600

Greenville estima que el tiempo de producción para cada modelo de librero es de 0.7 horas y para cada modelo de piso es de 1 hora. Los costos de las materias primas son \$10 para cada modelo de librero y \$12 para cada modelo de piso. Los costos de mano de obra son \$22 por hora usando el tiempo de producción regular y \$33 usando horas extra. Greenville tiene hasta 2 400 horas de tiempo de producción regular disponibles cada mes y hasta 1 000 horas adicionales de horas extra disponibles cada mes. Si la producción de cualquiera de los gabinetes excede la demanda en el mes 1, los muebles pueden almacenarse a un costo de \$5 por unidad. Para cada producto, determine el número de unidades que deben fabricarse cada mes en el tiempo regular y en las horas extra para minimizar los costos totales de producción y almacenaje.

22. TriCity Manufacturing (TCM) fabrica tazas, platos y recipientes para sándwiches y comida, de Styrofoam. El programa de la semana siguiente exige la producción de 80,000 recipientes para sándwich pequeños; 80,000 recipientes para sándwich grandes, y 65,000 recipientes para comida. Para fabricar estos contenedores, las hojas de Styrofoam se funden y forman en productos finales usando tres máquinas: M1, M2 y M3. La máquina M1 puede procesar hojas de Styrofoam con un ancho máximo de 12 pulgadas. La capacidad de ancho de la máquina M2 es 16 pulgadas y de la máquina M3 es 20 pulgadas. Los recipientes para sándwich pequeños requieren hojas de Styrofoam de 10 pulgadas de ancho; por tanto, estos recipientes pueden producirse en cada una de las tres máquinas. Los recipientes para sándwiches grandes requieren hojas de 12 pulgadas de ancho; por tanto, estos recipientes también pueden producirse en cada una de las tres máquinas. Sin embargo, los recipientes para comida necesitan hojas de Styrofoam de 16 pulgadas, de modo que no se pueden producir en la máquina M1. En la producción de los tres recipientes se genera desperdicio debido a que se pierde Styrofoam en el proceso de calentamiento y formación, así como en el recorte final del producto. La cantidad de desperdicio varía según el recipiente producido y la máquina usada. La tabla siguiente muestra el desperdicio en pulgadas cuadradas para cada máquina y combinación de producto. El material de desperdicio se recicla para usarlo en el futuro.

Máquina	Sándwich pequeño	Sándwich grande	Comida
M1	20	15	—
M2	24	28	18
M3	32	35	36

Las tasas de producción también dependen del contenedor producido y la máquina usada. La tabla siguiente muestra las tasas de producción en unidades por minuto para cada máquina y mezcla de producto. Las capacidades de las máquinas están limitadas para la semana siguiente. El tiempo disponible es 35 horas para la máquina M1, 35 para la M2 y 40 para la M3.

Máquina	Sándwich pequeño	Sándwich grande	Comida
M1	30	25	—
M2	45	40	30
M3	60	52	44

- a. Los costos asociados con el reprocesamiento del material de desperdicio se han incrementado. Por tanto, a TCM le gustaría minimizar la cantidad de desperdicio generado al cumplir con el programa de producción de la semana siguiente. Formule un modelo de programación lineal que se utilice para determinar el mejor programa de producción.
 - b. Resuelva el programa lineal formulado en el inciso a) para determinar el programa de producción. ¿Cuánto desperdicio se genera? ¿Cuáles máquinas, si hay alguna, tienen capacidad inactiva?
23. EZ-Windows, Inc. fabrica ventanas de remplazo para empresas que se dedican a la remodelación de casas. En enero, la empresa produjo 15,000 ventanas y terminó el mes con 9 000 en inventario. Al equipo directivo de EZ-Windows le gustaría desarrollar un programa de producción para los tres meses siguientes. Desde luego, un programa de producción suave es deseable debido a que mantiene a los empleados actuales y proporciona una operación similar cada mes. Sin embargo, dados los pronósticos de ventas, las capacidades de producción y de almacenamiento, el equipo directivo piensa que un programa de producción suave con la misma cantidad de producción no sea posible cada mes.

	Febrero	Marzo	Abril
Pronóstico de ventas	15,000	16,500	20,000
Capacidad de producción	14,000	14,000	18,000
Capacidad de almacenamiento	6,000	6,000	6,000

El departamento de contabilidad de costos de la empresa estima que el aumento en la producción por ventana de un mes a otro incrementará los costos totales \$1.00 por cada incremento unitario en el nivel de producción. Además, la disminución de la producción en una unidad de un mes al siguiente incrementará los costos totales \$0.65 por cada disminución unitaria en el nivel de producción. Ignorando los costos de producción y acarreo de inventario, formule y resuelva un modelo de programación lineal que minimice el costo de cambiar los niveles de producción al tiempo que se satisfacen los pronósticos mensuales de ventas.

24. Morton Financial debe decidir el porcentaje de fondos disponibles para comprometerse con cada una de dos inversiones, llamadas A y B, durante los cuatro periodos siguientes. La tabla siguiente muestra la cantidad de fondos nuevos disponibles para cada uno de los cuatro periodos, así como el gasto requerido para cada inversión (valores negativos) o los ingresos en efectivo de la inversión (valores positivos). Los datos mostrados (en miles de dólares) reflejan el monto del gasto o ingreso si se invierte 100% de los fondos disponibles en cualquier periodo, ya sea en A o en B. Por ejemplo, si Morton decide invertir 100% de los fondos disponibles en cualquier periodo en la inversión A, incurrirá en gastos de efectivo de \$1000 en el periodo 1, \$800 en el 2, \$200 en el 3, e ingresos de \$200 en el periodo 4. Observe, sin embargo, que si Morton toma la decisión de invertir 80% en la inversión A, los gastos o ingresos en efectivo serían 80% de los valores mostrados.

Periodo	Nuevos fondos disponible para invertir	Inversión	
		A	B
1	\$1500	-\$1000	-\$800
2	\$ 400	-\$ 800	-\$500
3	\$ 500	-\$ 200	-\$300
4	\$ 100	-\$ 200	-\$300

La cantidad de fondos disponibles en cualquier periodo es la suma de los nuevos fondos para invertir para el periodo, los nuevos fondos para préstamos, los ahorros del periodo anterior, el ingreso en efectivo para la inversión A y el ingreso en efectivo para la inversión

B. Los fondos disponibles en cualquier periodo se pueden usar para pagar el préstamo y el interés del periodo anterior, colocarse en ahorros, usarse para pagar los gastos en efectivo para la inversión A o para pagar los gastos en efectivo para la inversión B.

Suponga una tasa de interés de 10% para el periodo de ahorros y una de 18% para el periodo por los fondos prestados. Sea

$S(t)$ = los ahorros para el periodo t

$L(t)$ = los nuevos fondos para préstamos para el periodo t

Por tanto, en cualquier periodo t , el ingreso por ahorros del periodo anterior es $1.1S(t - 1)$ y el gasto por el préstamo y el interés del periodo anterior es $1.18L(t - 1)$.

Al final del periodo 4, se espera que la inversión A tenga un valor al contado de \$3 200 (suponiendo una inversión de 100% en A), y se confía que la inversión B tenga un valor al contado de \$2 500 (suponiendo una inversión de 100% en B). Los ingresos y gastos adicionales al final del periodo 4 serán los ingresos por los ahorros en este periodo menos el pago del préstamo del periodo 4 más intereses.

Suponga que las variables de decisión se definen como sigue

x_1 = la proporción de la inversión A hecha

x_2 = la proporción de la inversión B hecha

Por ejemplo, si $x_1 = 0.5$, se invertirían \$500 en la inversión A durante el primer periodo, y todos los flujos de efectivo restantes y los valores finales de la inversión A se multiplicarían por 0.5. Lo mismo es válido para la inversión B. El modelo debe incluir las restricciones $x_1 \leq 1$ y $x_2 \leq 1$ para asegurarse de que no se puede hacer más del 100% de las inversiones.

Si no se puede pedir prestado más de \$200 en ningún periodo, determine las proporciones de las inversiones A y B, y la cantidad de ahorros y préstamos en cada periodo que maximizará el valor al contado para la empresa al final de los cuatro periodos.

25. Western Family Steakhouse ofrece una variedad de comida de bajo costo y servicio rápido. Aparte de la gerencia, el restaurante especializado en carnes opera con dos empleados de tiempo completo que trabajan 8 horas al día. El resto de los empleados laboran tiempo parcial y están programados para turnos de 4 horas durante las horas pico de comida. El restaurante abre los sábados de 11:00 A.M. a 10:00 P.M. La gerencia quiere desarrollar un programa para empleados de tiempo parcial que minimizará los costos de mano de obra y aun así proporcionará un excelente servicio al cliente. La tasa salarial media para los empleados de tiempo parcial es \$7.60 por hora. El número total de empleados de tiempo completo y de tiempo parcial necesarios varía con la hora del día como se muestra.

Hora	Número total de empleados necesarios
11:00 A.M. – Medio día	9
Medio día – 1:00 P.M.	9
1:00 P.M. – 2:00 P.M.	9
2:00 P.M. – 3:00 P.M.	3
3:00 P.M. – 4:00 P.M.	3
4:00 P.M. – 5:00 P.M.	3
5:00 P.M. – 6:00 P.M.	6
6:00 P.M. – 7:00 P.M.	12
7:00 P.M. – 8:00 P.M.	12
8:00 P.M. – 9:00 P.M.	7
9:00 P.M. – 10:00 P.M.	7

Un empleado de tiempo completo entra a las 11:00 A.M., trabaja 4 horas, toma una hora de descanso y regresa a trabajar otras 4 horas. El otro empleado de tiempo completo llega a la 1:00 P.M., sigue el mismo patrón de 4 horas de trabajo, 1 hora de descanso y 4 horas de trabajo.

- Desarrolle un programa de costo mínimo para empleados de tiempo parcial.
- ¿Cuál es la nómina total para los empleados de tiempo parcial? ¿Cuántos turnos de tiempo parcial se necesitan? Utilice las variables de excedente para comentar la conveniencia de programar por lo menos algunos de los empleados de tiempo parcial para turnos de 3 horas.
- Suponga que se puede asignar a los empleados de tiempo parcial, ya sea un turno de 3 o uno de 4 horas. Elabore un programa de costo mínimo para los empleados de tiempo parcial. ¿Cuántos turnos de tiempo parcial se necesitan, y cuáles son los ahorros en el costo comparados con el programa anterior?

Caso a resolver 1 Planeación de una campaña publicitaria

Flamingo Grill es un restaurante exclusivo localizado en St. Petersburg, Florida. Para ayudar a planear una campaña publicitaria para la próxima temporada, el equipo gerencial de Flamingo contrató a la firma de publicidad Haskell & Johnson (HJ). El equipo directivo solicitó a HJ una recomendación respecto a cómo debe distribuirse el presupuesto de publicidad entre la televisión, la radio y los anuncios en periódico. El presupuesto se ha establecido en \$279 000.

En una reunión con el equipo directivo de Flamingo, los consultores de HJ proporcionaron la siguiente información respecto a la efectividad de la exposición de la industria clasificada por anuncio, su estimación del número de nuevos clientes potenciales alcanzados por anuncio y el costo de cada anuncio:

Medio de publicidad	Calificación de exposición por anuncio	Clientes nuevos por anuncio	Costo por anuncio
Televisión	90	4 000	\$10,000
Radio	25	2 000	\$ 3 000
Periódico	10	1 000	\$ 1 000

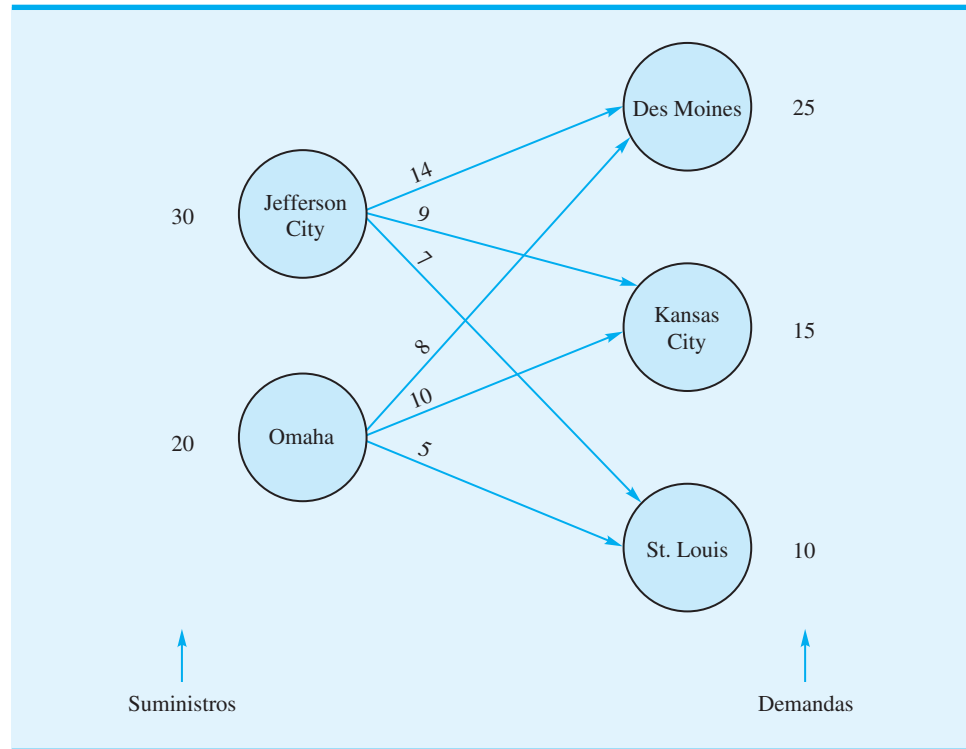
La calificación de exposición se considera una medida del valor del anuncio tanto a los clientes existentes como a los clientes potenciales. Esto en función de elementos, como imagen, recuerdo de mensajes, atractivo visual y de audio, etc. Como se esperaba, el anuncio por televisión más costoso tiene la mayor efectividad de exposición calificando junto con el mayor potencial para alcanzar a los nuevos clientes.

En este punto, los consultores de HJ señalaron que los datos concernientes al alcance de exposición sólo eran aplicables a los primeros pocos anuncios en cada medio. Para la televisión, la agencia estableció que la calificación de exposición de 90 y los 4 000 clientes nuevos alcanzados por anuncio eran confiables para los primeros 10 anuncios de televisión; después de estos anuncios, se esperaba que los beneficios declinaran. Para propósitos de planeación, HJ recomendó la reducción de la calificación de exposición a 55 y la estimación de los clientes potenciales llegó a 1500 para cualesquiera anuncios por televisión que rebasaran los 10. Para los anuncios de radio, los datos anteriores eran confiables hasta un máximo de 15 anuncios, después de los cuales, la calificación de exposición baja a 20 y el número de clientes nuevos alcanzados disminuye a 1200 por anuncio. De modo parecido, para los anuncios de periódico, los datos precedentes son confiables hasta un máximo de 20; la calificación de exposición disminuye a 5 y el número potencial de clientes nuevos alcanzados disminuye a 800 para anuncios adicionales.

El equipo gerencial de Flamingo aceptó la maximización de la calificación de exposición total a través de un medio como el objetivo de la campaña publicitaria. Debido a la

AUTO evaluación

2. Considere la siguiente representación de red de un problema de transporte:



Los suministros, las demandas y los costos de transporte por unidad se muestran en la red.

- Elabore un modelo de programación lineal para este problema; asegúrese de definir las variables de su modelo.
 - Resuelva el programa lineal para determinar la solución óptima.
3. Tri-County Utilities, Inc. abastece de gas natural a sus clientes en un área que abarca tres condados en Estados Unidos. La empresa compra el combustible a dos empresas: Southern Gas y Northwest Gas.

Los pronósticos de la demanda para la próxima temporada de invierno son el condado de Hamilton, 400 unidades; el condado de Butler, 200 unidades, y el condado de Clermont, 300 unidades. Se firmaron contratos con dos clientes para proporcionar las cantidades siguientes: Southern Gas, 500 unidades, y Northwest Gas, 400 unidades. Los costos de distribución varían por condado, dependiendo de la localización de los proveedores. Los costos de distribución por unidad (en miles de dólares) son los siguientes:

Desde	Hacia		
	Hamilton	Butler	Clermont
Southern Gas	10	20	15
Northwest Gas	12	15	18

- Elabore una representación de red para este problema.
- Elabore un modelo de programación lineal que sirva para determinar el plan que minimizará los costos totales de distribución.
- Describa el plan de distribución e indique el costo total de distribución.

- d. El reciente crecimiento residencial e industrial en el condado de Butler tiene el potencial para incrementar la demanda hasta 100 unidades. ¿Cuál proveedor debe contratar Tri-County para suministrar la capacidad adicional?
4. Arnoff Enterprises fabrica la unidad central de procesamiento (CPU) de una computadora personal. Las CPU se fabrican en Seattle, Columbus y Nueva York y se envían a almacenes en Pittsburgh, Mobile, Denver, Los Ángeles y Washington, D.C. para su distribución posterior. La tabla siguiente muestra la cantidad de CPU disponibles en cada planta, la cantidad requerida por cada almacén y los costos de envío (dólares por unidad):

Planta	Almacén					CPU disponibles
	Pittsburgh	Mobile	Denver	Los Ángeles	Washington	
Seattle	10	20	5	9	10	9000
Columbus	2	10	8	30	6	4000
Nueva York	1	20	7	10	4	8000
CPU requeridas	3000	5000	4000	6000	3000	21,000

- a. Elabore una representación de red para este problema.
- b. Determine la cantidad que debe enviarse desde cada planta a cada almacén para minimizar el costo total de envío.
- c. El almacén de Pittsburgh acaba de incrementar su pedido en 1000 unidades y Arnoff autorizó a su planta de Columbus aumentar su producción en la misma cantidad. ¿Este aumento en la producción conducirá a un incremento o a una disminución en los costos totales de envío? Calcule la nueva solución óptima.
5. Dos consultores, Avery y Baker, de Premier Consulting, pueden programarse para trabajar para los clientes hasta un máximo de 160 horas cada uno durante las cuatro semanas siguientes. Un tercer consultor, Campbell, tiene algunas asignaciones administrativas ya planeadas y está disponible para los clientes hasta un máximo de 140 horas durante las cuatro semanas siguientes. La empresa tiene cuatro clientes con proyectos en proceso. Los requerimientos por hora estimados para cada uno de los clientes durante el periodo de cuatro semanas son:

Cliente	Horas
A	180
B	75
C	100
D	85

Las tarifas por hora varían para la combinación consultor-cliente y se basan en varios factores, incluido el tipo de proyecto y la experiencia del consultor. Las tarifas (dólares por hora) para cada combinación de consultor-cliente son:

Consultor	Cliente			
	A	B	C	D
Avery	100	125	115	100
Baker	120	135	115	120
Campbell	155	150	140	130

AUTOevaluación

- a. Elabore una representación de red del problema.
 - b. Formule el problema como un programa lineal, con una solución óptima que proporcione las horas que debe asignarse cada consultor a cada cliente para maximizar la facturación de la firma de consultoría. ¿Cuál es el programa y cuál la facturación total?
 - c. Nueva información muestra que Avery no cuenta con la experiencia para trabajar para el cliente B. Si esta asignación de consultoría no se permite, ¿qué impacto tiene sobre la facturación total? ¿Cuál es el programa modificado?
6. Klein Chemicals, Inc. produce un material especial con una base de petróleo que actualmente está escaso. Cuatro de los clientes de Klein ya han colocado pedidos que en conjunto exceden la capacidad combinada de las dos plantas de Klein. La gerencia de la empresa enfrenta el problema de decidir cuántas unidades debe proveer a cada cliente. Debido a que los cuatro clientes pertenecen a diferentes sectores de la industria y existen varias estructuras de fijación de precios según la industria, se pueden fijar distintos precios. Sin embargo, los costos de producción ligeramente son diferentes en las dos plantas y los costos de transporte entre las plantas y los clientes varían, por lo que una estrategia de “vender al mejor postor” es inaceptable. Después de considerar el precio, los costos de producción, y de transporte, se establecieron las siguientes utilidades por unidad para cada alternativa de planta-cliente:

Planta	Cliente			
	D_1	D_2	D_3	D_4
Clifton Springs	\$32	\$34	\$32	\$40
Danville	\$34	\$30	\$28	\$38

Las capacidades de la planta y los pedidos de los clientes son los siguientes:

Planta	Capacidad (unidades)	Pedidos del distribuidor (unidades)
Clifton Springs	5000	D_1 2000 D_2 5000
Danville	3000	D_3 3000 D_4 2000

¿Cuántas unidades debe producir cada planta para cada cliente con el fin de maximizar las utilidades? ¿Cuáles demandas de los clientes no se cumplirán? Muestre su modelo de red y su formulación de programación lineal.

7. Forbelt Corporation tiene un contrato de un año para proveer motores para todos los refrigeradores producidos por Ice Age Corporation, la cual fabrica los refrigeradores en cuatro lugares en todo el país: Boston, Dallas, Los Ángeles y St. Paul. Los planes exigen que se fabrique la siguiente cantidad de refrigeradores (en miles) en cada lugar:

Boston	50
Dallas	70
Los Ángeles	60
St. Paul	80

Las tres plantas de Forbelt son capaces de fabricar los motores. Las plantas y capacidades del producto (en miles) son:

Denver	100
Atlanta	100
Chicago	150

Debido a que los costos de producción y transporte varían, las utilidades que Forbelt obtiene sobre cada lote de 1000 unidades dependen de cuál planta fabricó el lote y a cuál destino se envió. La tabla siguiente muestra las estimaciones de las utilidades por unidad que hizo el departamento de contabilidad (los envíos se harán en lotes de 1000 unidades):

Fabricado en	Enviado a			
	Boston	Dallas	Los Ángeles	St. Paul
Denver	7	11	8	13
Atlanta	20	17	12	10
Chicago	8	18	13	16

Con la maximización de utilidades como un criterio, la gerencia de Forbelt quiere determinar cuántos motores debe fabricar cada planta y cuántos motores deben enviarse desde cada planta a cada destino.

- Elabore una representación de red para este problema.
 - Encuentre la solución óptima.
8. Ace Manufacturing Company tiene pedidos para tres productos parecidos:

Producto	Pedidos (unidades)
A	2000
B	500
C	1200

Tres máquinas están disponibles para las operaciones de manufactura y pueden fabricar todos los productos a la misma tasa de producción. Sin embargo, debido a los porcentajes de defectos variables de cada producto en cada máquina, los costos unitarios de los productos varían dependiendo de la máquina empleada. Las capacidades de máquina para la semana siguiente y los costos unitarios se listan a continuación:

		Producto			
Máquina	Capacidad (unidades)	Máquina	A	B	C
1	1500	1	\$1.00	\$1.20	\$0.90
2	1500	2	\$1.30	\$1.40	\$1.20
3	1000	3	\$1.10	\$1.00	\$1.20

Utilice el modelo de transporte para elaborar el programa de producción de costo mínimo para los productos y máquinas. Muestre la formulación de programación lineal.

AUTOevaluación

9. Scott and Associates, Inc. es una firma de contabilidad que tiene tres clientes nuevos a los cuales asignará líderes de proyecto. Con base en la diferente formación y experiencia de los líderes, las diversas asignaciones líder-cliente difieren en función de los tiempos de terminación proyectados. Las asignaciones posibles y los tiempos de terminación estimados en días son los siguientes:

Líder de proyecto	Cliente		
	1	2	3
Jackson	10	16	32
Ellis	14	22	40
Smith	22	24	34

- a. Elabore una representación de red para este problema.
 - b. Formule el problema como un programa lineal y resuelva. ¿Cuál es el tiempo total requerido?
10. CarpetPlus vende e instala recubrimiento de piso para edificios comerciales. Brad Sweeney, un ejecutivo de cuenta de CarpetPlus, acaba de obtener un contrato para cinco trabajos. Brad debe asignar un grupo de personal de instalación de CarpetPlus a cada uno de los cinco trabajos. Dado que la comisión que Brad ganará depende de las utilidades que CarpetPlus obtenga, a Brad le gustaría determinar una asignación que minimice el costo total de instalación. Actualmente, cinco grupos de instalación están disponibles para asignación. Cada grupo se identifica por medio de un código de color, el cual ayuda a dar seguimiento al avance del trabajo en una pizarra blanca grande. La tabla siguiente muestra los costos (en cientos dólares) de que cada grupo complete cada uno de los cinco trabajos:

		Trabajo				
		1	2	3	4	5
Grupo	Rojo	30	44	38	47	31
	Blanco	25	32	45	44	25
	Azul	23	40	37	39	29
	Verde	26	38	37	45	28
	Café	26	34	44	43	28

- a. Elabore una representación de red para el problema.
 - b. Formule y resuelva un modelo de programación lineal para determinar la asignación de costo mínimo.
11. Un canal de televisión local planea transmitir cuatro programas los viernes por la tarde al final de la temporada. Steve Boluchis, el gerente del canal, elaboró una lista de seis programas de reemplazo posibles. Las estimaciones de los ingresos de publicidad (\$) que pueden esperarse para cada uno de los programas nuevos en los cuatro horarios disponibles son las siguientes. El señor Boluchis le pide que encuentre las asignaciones de los programas para los horarios de transmisión que maximicen los ingresos totales de publicidad.

	5:00– 5:30 P.M.	5:30– 6:00 P.M.	7:00– 7:30 P.M.	8:00– 8:30 P.M.
Home Improvement	5000	3000	6000	4000
World News	7500	8000	7000	5500
NASCAR Live	8500	5000	6500	8000
Wall Street Today	7000	6000	6500	5000
Hollywood Briefings	7000	8000	3000	6000
Ramundo & Son	6000	4000	4500	7000

12. U.S. Cable utiliza un sistema con cinco centros de distribución y ocho zonas de clientes, cada una de las cuales se asigna a un proveedor de origen y recibe todos sus productos de cable del mismo centro de distribución. En un esfuerzo por equilibrar la demanda y la carga de trabajo en los centros de distribución, el vicepresidente de logística de la empresa dio instrucciones de que dichos centros no se asignen a más de tres zonas de clientes. La tabla siguiente muestra los cinco centros de distribución y el costo de proveer a cada zona de clientes (en miles de dólares).

Costo de distribución	Zonas de clientes							
	Los Ángeles	Chicago	Columbus	Atlanta	Newark	Kansas City	Denver	Dallas
Plano	70	47	22	53	98	21	27	13
Nashville	75	38	19	58	90	34	40	26
Flagstaff	15	78	37	82	111	40	29	32
Springfield	60	23	8	39	82	36	32	45
Boulder	45	40	29	75	86	25	11	37

- Determine la asignación de las zonas de clientes a los centros de distribución que minimicen el costo.
 - ¿Cuáles centros de distribución, si los hay, no se utilizarán?
 - Suponga que cada centro de distribución está limitado a un máximo de dos zonas de clientes. ¿Cómo cambia esta restricción la asignación y el costo de abastecer a las zonas de clientes?
13. United Express Service (UES) utiliza grandes cantidades de materiales de empaque en sus cuatro centros de distribución. Después de examinar a los proveedores potenciales, la empresa identificó seis vendedores que pueden suministrar materiales que satisfagan sus estándares de calidad. UES pidió a cada uno de los seis vendedores que presentaran propuestas para satisfacer la demanda anual en cada uno de sus centros de distribución durante el año siguiente. Las propuestas recibidas (en miles de dólares) se listan en la tabla siguiente. UES quiere asegurar que un vendedor diferente atienda sólo uno de los centros de distribución. ¿Cuáles propuestas debe aceptar UES y cuáles vendedores debe seleccionar para abastecer cada centro de distribución?

Empresa	Centro de distribución			
	1	2	3	4
Martin Products	190	175	125	230
Schmidt Materials	150	235	155	220
Miller Containers	210	225	135	260
D&J Burns	170	185	190	280
Larbes Furnishings	220	190	140	240
Lawler Depot	270	200	130	260

14. El departamento principal de métodos cuantitativos de una universidad importante en uno de los estados centrales de Estados Unidos, programará cursos en la facultad para impartirlos durante el próximo periodo de otoño. Se necesitan cubrir cuatro cursos para los niveles universitario (UG), de maestría en administración (MBA), maestría en ciencias (MS) y doctorado (Ph.D.). Se asignará un profesor para cada curso. Se dispone de evaluaciones de estudiantes de periodos anteriores por parte de los profesores. Con base en una escala de calificación de 4 (excelente), 3 (muy bueno), 2 (promedio), 1 (pasable) y 0 (malo), las evaluaciones del estudiante promedio por cada profesor se muestran enseguida. El profesor D no tiene doctorado, por lo que no puede asignarse al curso de ese nivel. Si el departamento principal hace asignaciones del profesorado con base en la maximización de las calificaciones de evaluación de los estudiantes para los cuatro cursos, ¿qué asignaciones de profesores debe hacer?

Profesor	Curso			
	UG	MBA	MS	Ph.D.
A	2.8	2.2	3.3	3.0
B	3.2	3.0	3.6	3.6
C	3.3	3.2	3.5	3.5
D	3.2	2.8	2.5	—

15. Tres clientes de una firma de investigación de mercados solicitaron que la empresa realizara una encuesta sencilla. Hay cuatro expertos en estadística disponibles para asignarlos a estos tres proyectos; sin embargo, los cuatro están ocupados y por ende cada uno sólo puede manejar un cliente. Enseguida se muestra el número de horas que requiere cada experto para completar cada trabajo; las diferencias en tiempo se basan en la experiencia y capacidad de los expertos.

Experto en estadística	Cliente		
	A	B	C
1	150	210	270
2	170	230	220
3	180	230	225
4	160	240	230

- Formule y resuelva un modelo de programación lineal para este problema.
 - Suponga que el tiempo que necesita el experto 4 para completar el trabajo para el cliente A aumenta de 160 a 165 horas. ¿Qué efecto tendrá este cambio en la solución?
 - Suponga que el tiempo que necesita el experto 4 para completar el trabajo para el cliente A disminuye a 140 horas. ¿Qué efecto tendrá este cambio en la solución?
 - Suponga que el tiempo que el experto 3 necesita para completar el trabajo para el cliente B aumenta a 250 horas. ¿Qué efecto tendrá este cambio en la solución?
16. Hatcher Enterprises utiliza un producto químico llamado Rbase en las operaciones de producción de cinco divisiones. Sólo seis de sus proveedores cumplen con los estándares de control de calidad de Hatcher, y sólo estos proveedores pueden producir Rbase en cantidades suficientes para satisfacer a las necesidades de cada división. La cantidad de Rbase necesaria por cada división y el precio por galón que cobra cada proveedor son los siguientes:

División	Demanda (miles de galones)	Proveedor	Precio por galón (\$)
1	40	1	12.60
2	45	2	14.00
3	50	3	10.20
4	35	4	14.20
5	45	5	12.00
		6	13.00

El costo por galón (\$) para el envío desde cada proveedor hasta cada división se proporciona en la tabla siguiente:

División	Proveedor					
	1	2	3	4	5	6
1	2.75	2.50	3.15	2.80	2.75	2.75
2	0.80	0.20	5.40	1.20	3.40	1.00
3	4.70	2.60	5.30	2.80	6.00	5.60
4	2.60	1.80	4.40	2.40	5.00	2.80
5	3.40	0.40	5.00	1.20	2.60	3.60

Hatcher considera adecuado distribuir contratos entre sus proveedores, de modo que la empresa se vea menos afectada por los problemas de los proveedores (por ejemplo, las huelgas de trabajadores o la disponibilidad de recursos). La política de la empresa requiere que cada división tenga un proveedor separado.

AUTO evaluación

- a. Para cada combinación de proveedor-división, calcule el costo total de satisfacer la demanda de la división.
- b. Determine la asignación óptima de proveedores a las divisiones.
17. El sistema de distribución de Herman Company se compone de tres plantas, dos almacenes y cuatro clientes. Las capacidades de las plantas y los costos de envío por unidad (en \$) desde cada planta a cada almacén son los siguientes:

Planta	Almacén		Capacidad
	1	2	
1	4	7	450
2	8	5	600
3	5	6	380

La demanda de los clientes y los costos de envío por unidad (en \$) desde cada almacén a cada cliente son

Almacén	Cliente			
	1	2	3	4
1	6	4	8	4
2	3	6	7	7
Demanda	300	300	300	400

- a. Elabore una representación de red para este problema.
- b. Formule un modelo de programación lineal del problema.
- c. Resuelva el programa lineal para determinar el plan de envío óptimo.
18. Remítase al problema 17. Suponga que los envíos entre los dos almacenes se permiten a \$2 por unidad y que se pueden hacer envíos directos de la planta 3 al cliente 4 a un costo de \$7 por unidad.
- a. Elabore una representación de red para este problema.
- b. Formule un modelo de programación lineal de este problema.
- c. Resuelva el programa lineal para determinar el plan de envío óptimo.
19. Adirondack Paper Mills, Inc. opera fábricas de papel en Augusta, Maine y Tupper Lake, Nueva York. Las instalaciones de almacenes se localizan en Albany, Nueva York y Portsmouth, New Hampshire. Los distribuidores se localizan en Boston, Nueva York y Filadelfia. Las capacidades de la planta y las demandas de los distribuidores para el mes próximo son las siguientes:

Planta	Capacidad (unidades)
Augusta	300
Tupper Lake	100

Distribuidor	Demanda (unidades)
Boston	150
Nueva York	100
Filadelfia	150

Los costos unitarios de transporte (en \$) para los envíos desde las dos plantas a los dos almacenes, y desde éstos a los tres distribuidores son los siguientes:

Planta	Almacén	
	Albany	Portsmouth
Augusta	7	5
Tupper Lake	3	4