

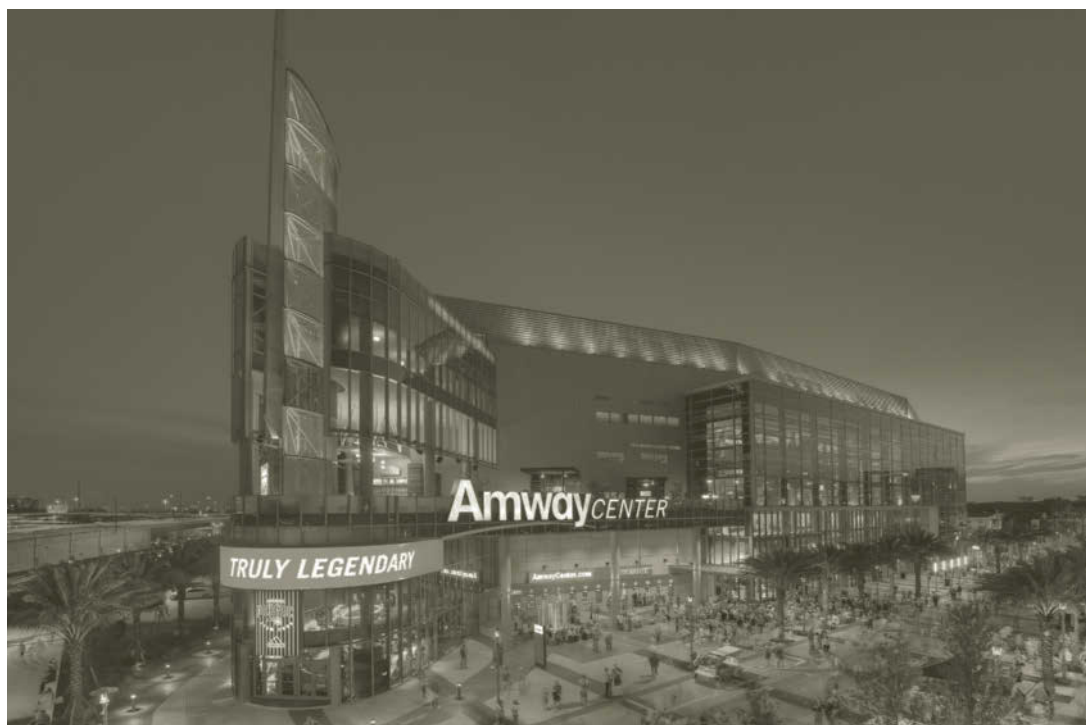
Estrategias de distribución de instalaciones

9 CAPÍTULO

ESQUEMA DEL CAPÍTULO

PERFIL GLOBAL DE UNA COMPAÑÍA: *McDonald's*

- * La importancia estratégica de las decisiones de distribución de instalaciones **358**
- * Tipos de distribución **358**
- * Distribución de oficinas **359**
- * Distribución de tiendas **361**
- * Distribuciones de almacenes y almacenamiento **363**
- * Distribución de posición fija **364**
- * Distribución orientada al proceso **365**
- * Células de trabajo **370**
- * Distribución repetitiva y orientada al producto **373**



10
DECISIONES
ESTRATÉGICAS DE
AO

- Diseño de bienes y servicios
- Administración de la calidad
- Estrategia del proceso
- Estrategias de localización
- *Estrategias de distribución de instalaciones*
- Recursos humanos
- Administración de la cadena de suministro
- Administración del inventario
- Programación
- Mantenimiento

**PERFIL GLOBAL
DE UNA COMPAÑÍA:**
McDonald's

McDonald's busca una ventaja competitiva a través de la distribución de sus instalaciones

En su más de medio siglo de existencia, McDonald's ha revolucionado la industria restaurantera al inventar el restaurante de comida rápida con menú limitado. También ha realizado siete innovaciones importantes: la primera, colocar *asientos en el interior* (década de 1950), fue un aspecto de distribución, como lo fue la segunda innovación, las *ventanillas para pedidos desde el automóvil* (década de 1970). La tercera, incluir *desayunos* en el menú (década de 1980), una estrategia de producto. La cuarta, agregar áreas de juego (finales de la década de 1980), de nuevo una decisión de distribución.

En la década de 1990, McDonald's completó su quinta innovación, un *nuevo rediseño radical de las cocinas* en sus 14 000 restaurantes de Norteamérica para facilitar un proceso de personalización masiva. En el sistema de cocina llamado "hecho por usted", las hamburguesas se preparaban sobre pedido mediante la distribución renovada.

En 2004, la cadena comenzó el desarrollo de su sexta innovación, una nueva distribución para ordenar la comida: el *quiosco de autoservicio*. Los quioscos de autoservicio se han estado infiltrando en el sector servicios desde la introducción de los cajeros automáticos en 1985 (los bancos estadounidenses tienen más de un millón y medio de cajeros automáticos). Alaska Airlines fue la primera línea aérea en proporcionar documentación con autoservicio en los aeropuertos, en 1996. La mayoría de los pasajeros de las aerolíneas grandes ahora se documenta por sí misma para abordar los vuelos. Los quioscos ocupan menos espacio que un empleado y reducen el tiempo de espera en la fila.

Ahora McDonald's trabaja en su séptima innovación, y no debe sorprendernos que también se trate de la distribución del restaurante. La compañía, en una escala sin precedentes, está rediseñando sus 30 000 establecimientos localizados alrededor del mundo para darles una *aparición del siglo XXI*. El área de comida estará separada en tres secciones con distintas personalidades:

McDonald's encuentra que los quioscos reducen requerimientos de espacio y tiempos de espera; la toma de órdenes es más rápida. Un beneficio adicional es que a los clientes les gustan. Asimismo, los quioscos son confiables; no se reportan enfermos. Y, más importante, las ventas se elevan entre un 10 y un 15% (un promedio de \$1) cuando un cliente ordena en un quiosco, el cual recomienda de manera consistente el tamaño más grande y otros productos extra.




Rick Wilking/Corbis



La cocina rediseñada de un McDonald's en Manhattan. La distribución más eficiente requiere menos mano de obra, reduce el desperdicio, y proporciona un servicio más rápido. En la figura 9.11 se muestra una gráfica de esta "línea de ensamble".

(1) la zona "de estar" se enfoca en los adultos jóvenes y ofrece muebles cómodos y conexiones Wi-Fi; (2) la zona de "tomar y llevar" cuenta con mesas altas, taburetes tipo bar y televisiones de plasma; y (3) la zona "flexible" tiene secciones familiares coloridas, asientos flexibles, y música para los niños. El costo por restaurante: una factura de \$300000 a \$400000 por la renovación.

Como lo descubrió McDonald's, la distribución de la instalación es ciertamente una fuente de ventaja competitiva. 



© ZUMA Press, Inc./Alamy

Zona flexible 

Esta área es apropiada para las familias y grupos grandes, con mesas y sillas móviles.



Zona de tomar y llevar 

Esta sección tiene mesas altas con taburetes tipo bar para clientes que comen solos. La televisión de plasma les brinda compañía.



Callie Lipkin Photography, Inc.

Zona de estar 

Lo sillones y sofás cómodos, más la conexiones Wi-Fi, hacen atractivas estas áreas para aquellos que quieren departir y socializar.

OA1	Analizar los aspectos importantes en la distribución de oficinas 360
OA2	Definir los objetivos de la distribución en tiendas 361
OA3	Analizar la administración moderna de almacenes y términos como ASRS, almacenamiento cruzado y almacenamiento aleatorio 363
OA4	Identificar cuándo son adecuadas las distribuciones de posición fija 364
OA5	Explicar cómo se logra una buena distribución en una instalación orientada al proceso 366
OA6	Definir célula de trabajo y sus requerimientos 370
OA7	Definir la distribución orientada al producto 373
OA8	Explicar cómo se balancea el flujo de producción en una instalación repetitiva u orientada al producto 374

La importancia estratégica de las decisiones de distribución de instalaciones

La distribución de instalaciones es una de las decisiones clave que determinan la eficacia de las operaciones a largo plazo; y tiene numerosas implicaciones estratégicas porque establece las prioridades competitivas de la organización en relación con la capacidad, los procesos, la flexibilidad y el costo, al igual que con la calidad de vida en el trabajo, el contacto con el cliente, y la imagen. Una distribución efectiva puede ayudar a una organización a lograr una estrategia que apoye la diferenciación, el bajo costo o la respuesta. Por ejemplo, Benneton sostiene una estrategia de *diferenciación* al invertir grandes montos en la distribución de sus almacenes, la cual contribuye a una clasificación rápida y entrega precisa a sus 5000 tiendas. Las distribuciones de las tiendas Walmart apoyan su estrategia de *bajo costo*. La distribución de las oficinas de Hallmark, donde muchos profesionales operan con comunicación abierta en células de trabajo, apoya el *desarrollo rápido* de las tarjetas de felicitación. *El objetivo de la estrategia de distribución es desarrollar una distribución efectiva y eficiente que cumpla con los requerimientos competitivos de la empresa.* Estas empresas lo han logrado.

En todos los casos, el diseño de la distribución debe **considerar la manera de lograr lo siguiente:**

- ▶ Mayor aprovechamiento de espacio, equipo y personas.
- ▶ Mejor flujo de información, materiales y personas.
- ▶ Mejor ánimo de los empleados y condiciones de trabajo más seguras.
- ▶ Mejor interacción con el cliente.
- ▶ **Flexibilidad** (cualquiera que sea la distribución actual, deberá cambiar).

En el mundo actual de productos con un ciclo de vida cada vez más corto, y creciente personalización masiva, los diseños de distribución deben ser **dinámicos**. Esto significa considerar equipos pequeños, móviles y flexibles. Los exhibidores de las tiendas deben ser móviles, los escritorios de oficina y las divisiones, modulares, y los anaqueles de almacén, prefabricados. **Para hacer cambios rápidos y sencillos en los modelos de producto y en las tasas de producción, los administradores de operaciones deben diseñar flexibilidad en la distribución.** Y para ello, los administradores capacitan en forma cruzada a sus trabajadores, dan servicio al equipo, mantienen las inversiones bajas, colocan las estaciones de trabajo juntas, y utilizan equipo pequeño y móvil. En algunos casos, los equipos sobre ruedas resultan apropiados, anticipándose al siguiente cambio.

Tipos de distribución

Las decisiones de distribución incluyen la mejor colocación de máquinas, oficinas y escritorios, o centros de servicio. Una distribución efectiva facilita el flujo de materiales, personas e información entre las áreas. Para lograr estos objetivos, se han desarrollado varios métodos. En este capítulo se analizarán siete de ellos:

1. **Distribución de oficina:** posiciona a los trabajadores, su equipo, y sus espacios y oficinas para proporcionar el movimiento de información.
2. **Distribución de tienda:** asigna espacio de anaqueles y responde al comportamiento del cliente.
3. **Distribución de almacén:** aborda los intercambios que se dan entre el espacio y el manejo de materiales.
4. **Distribución de posición fija:** estudia los requerimientos de distribución de los proyectos grandes y voluminosos, como barcos y edificios.

TABLA 9.1 Estrategias de distribución

	OBJETIVOS	EJEMPLOS
Oficina	Ubicar cerca a los trabajadores que requieren estar en contacto frecuente	Allstate Insurance, Microsoft Corp.
Tienda	Exponer al cliente a artículos de alta utilidad	Supermercado de Kroger, Walgreen's, Bloomingdale's
Almacén (almacenamiento)	Balancear el almacenamiento de bajo costo con el manejo de material de bajo costo	Almacén de Federal-Mogul, Centro de distribución de Gap
Proyecto (posición fija)	Llevar los materiales a áreas de almacenamiento delimitadas alrededor del sitio	Ingall Ship Building Corp., Trump Plaza, Aeropuerto de Pittsburgh
Taller de trabajo (orientado al proceso)	Manejar flujos variados de material para cada producto	Hospital Arnold Palmer, Hard Rock Cafe, Olive Garden
Célula de trabajo (familias de producto)	Identificar una familia de productos, formar equipos, capacitar en forma cruzada a los miembros de equipo	Tarjetas Hallmark, Wheeled Coach Ambulances
Repetitivo y continuo (orientado al producto)	Igualar el tiempo de las tareas realizadas en cada estación de trabajo	Línea de ensamble de televisores Sony, Toyota Scion

5. *Distribución orientada al proceso:* Trata la producción de bajo volumen y alta variedad (también llamada “taller de trabajo” o producción intermitente).
6. *Distribución de una célula de trabajo:* acomoda la maquinaria y el equipo para enfocarse en la producción de un solo producto o de un grupo de productos relacionados.
7. *Distribución orientada al producto:* busca la mejor utilización del personal y la maquinaria en la producción repetitiva o continua.

En la tabla 9.1 se mencionan ejemplos para cada uno de estos tipos de distribución.

Como sólo algunas de estas siete clases se pueden modelar matemáticamente, la distribución y el diseño de instalaciones físicas son todavía un arte. Sin embargo, lo que sí se sabe es que una buena distribución debe determinar lo siguiente:

- ▶ *Equipo para el manejo de materiales:* los administradores deben decidir qué equipo se va a usar, incluyendo bandas, grúas, sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados, y carritos automáticos para entrega y almacenamiento de material.
- ▶ *Requerimientos de capacidad y espacio:* una vez que se conocen las necesidades de personal, maquinaria y equipo, los administradores pueden proceder con la distribución y proporcionar espacio para cada componente. En el caso del trabajo de oficina deben considerar los requerimientos de espacio para cada empleado. También deben considerar holguras para los requerimientos de seguridad, el ruido, el polvo, el humo, la temperatura y el espacio alrededor del equipo y las máquinas.
- ▶ *Entorno y estética:* con frecuencia la distribución requiere tomar decisiones acerca de las ventanas, las plantas y la altura de las divisiones para facilitar el flujo de aire, reducir el ruido y brindar privacidad.
- ▶ *Flujos de información:* la comunicación es importante para cualquier organización y la distribución debe facilitarla. Este aspecto puede requerir decisiones sobre la proximidad, así como decidir entre los espacios abiertos, las divisiones a media altura o las oficinas privadas.
- ▶ *Costo de desplazarse entre las diferentes áreas de trabajo:* puede haber consideraciones únicas relacionadas con el movimiento de materiales o con la importancia de que ciertas áreas estén cerca de otras. Por ejemplo, es más difícil transportar acero fundido que acero frío.

Distribución de oficinas

La distribución de oficinas requiere el agrupamiento de trabajadores, equipos y espacios para proporcionar comodidad, seguridad y movimiento de la información. La distinción principal de las distribuciones de una oficina es la importancia que se le da al flujo de información. Estas distribuciones están en movimiento constante a medida que el cambio tecnológico altera la manera en la que funcionan las oficinas.

Aunque el movimiento de la información es cada vez más electrónico, el análisis de la distribución de oficinas todavía requiere un enfoque basado en las tareas. Por lo tanto, los administradores examinan los patrones de comunicación electrónica y convencional, las necesidades de separación, y otras condiciones que afectan la efectividad de los empleados. Una herramienta útil para este tipo

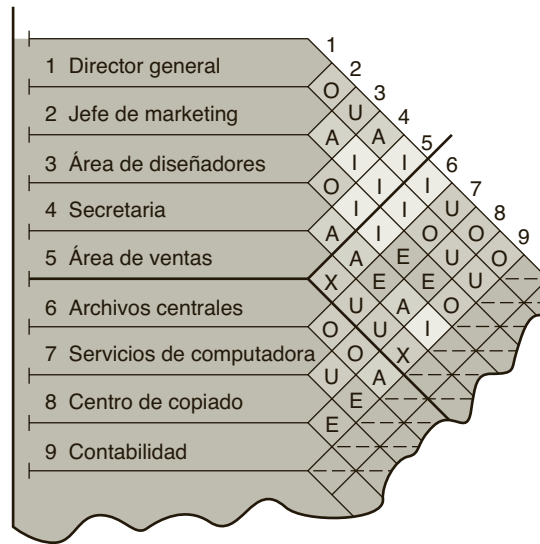
Distribución de oficinas

El agrupamiento de trabajadores, equipos y espacios de oficina para proporcionar comodidad, seguridad y movimiento de información.

Figura 9.1

Gráfica de relaciones en la oficina

Fuente: Adaptado de Richard Muther, *Simplified Systematic Layout Planning*, 3a. ed. (Kansas City, Mgt. & Ind'l Research Publications). Usado con autorización del editor.



Valor	CERCANÍA
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria, OK
U	Poco importante
X	No conveniente

OA1 *Analizar los aspectos importantes en la distribución de oficinas*

de análisis es la **gráfica de relaciones** que se muestra en la figura 9.1. Esta gráfica, **preparada para una oficina de diseñadores de producto**, indica que el jefe de marketing debe estar (1) cerca del área de los diseñadores, (2) menos cerca de las áreas secretarial y de archivo central, y (3) lejos del centro de fotocopiado o el departamento de contabilidad.

Por otra parte, algunas consideraciones sobre la distribución son universales (muchas de las cuales se aplican tanto a fábricas como a oficinas). Estas consideraciones se refieren a las condiciones de trabajo, al trabajo en equipo, a la autoridad y al estatus. ¿Las oficinas deben ser privadas o cubículos abiertos?, ¿debe haber gabinetes bajos para estimular la comunicación informal o gabinetes altos para reducir el ruido y contribuir a la privacidad? (Vea el recuadro de *AO en acción* “Distribución y reducción de oficinas”).

El espacio de trabajo puede inspirar encuentros informales y productivos si se equilibran tres aspectos físicos y sociales¹:

- ▶ **Proximidad:** los espacios deben agrupar a las personas de manera natural.
- ▶ **Privacidad:** las personas deben tener la capacidad de ser discretas con sus conversaciones.
- ▶ **Autorización:** la cultura debe señalar que se incentivan las interacciones no relacionadas con el trabajo.

Como comentario final sobre la distribución de oficinas, se señalan dos tendencias importantes. Primera, la tecnología, como teléfonos celulares, iPods, aparatos de fax, internet, computadoras

AO en acción **Distribución y reducción de oficinas**

Su futura oficina puede ser mucho más pequeña de lo que usted había planeado. Pero eso no es del todo malo. Dado que los empleados tienen más movilidad y están menos atados a sus escritorios, el espacio de trabajo por empleado a nivel nacional (en todas las industrias) se ha reducido de 400 pies cuadrados en 1985 a 250 pies cuadrados en la actualidad. Y continúa hacia unos 150 pies cuadrados dentro de 10 años.

“Hay muchas ideas sobre la oficina que han cambiado”, dice el presidente de Steelcase, líder fabricante de muebles de oficina. “El lugar de trabajo era un reflejo de tu estatus. Ahora, el trabajo se centra más en la colaboración que en el individuo mismo”.

Por ejemplo, Intel se conoce desde hace décadas por sus interminables hileras de cubículos grises, techos bajos, e iluminación fluorescente. Nunca como una de esas empresas de alta tecnología que ofrecen sillas reclinables, mesas de diseñador o máquinas de pinball, Intel acaba de terminar un importante rediseño de más de 1 millón de pies cuadrados en el espacio de sus oficinas. Las paredes grises son ahora de color amarillo, púrpura y blanco; las paredes de los cubículos son suficientemente bajas para ver a otros empleados, y los salones están equipados con TV de pantalla plana,

sillas cómodas y cocinas elegantes. La idea general es lograr que las personas trabajen más en grupos que aisladas en sus escritorios.

Esto también ahorra dinero. Con menos espacio necesario por persona, un piso rediseñado en Intel aloja a 1000 empleados, frente a los 600 anteriores. En algunos departamentos donde los empleados deben estar mucho tiempo fuera de la oficina, es posible asignar dos personas a un solo escritorio. Incluso las empresas vinculadas a la tradición de la contabilidad y la banca están adoptando diseños de piso abiertos. La idea es que la reducción de los espacios haga que las personas interactúen más y sean más productivas.

Fuentes: *The New York Times* (19 de enero de 2011); y *The Wall Street Journal* (4 de enero de 2012).



© nyul

¹Fayurd, A. L. y J. Weeks. “Who moved My Cube?” *Harvard Business Review* (julio-agosto de 2011): 102.

portátiles y tabletas, hacen posible una creciente flexibilidad en la distribución mediante el movimiento electrónico de la información. Segunda, las compañías modernas crean necesidades dinámicas para el espacio y los servicios.

A continuación se presentan dos ejemplos:²

- ▶ Cuando Deloitte & Touche encontró que entre el 30 y el 40% de sus escritorios estaban desocupados en un momento dado, la compañía desarrolló sus “programas de hospedaje”. Los consultores perdieron sus oficinas permanentes; cualquiera que planea estar en el edificio (en vez de estar fuera con los clientes) solicita una oficina a través de un “conserje”, quien cuelga el nombre del consultor en la puerta durante el día y llena el espacio con los materiales solicitados.
- ▶ Cisco Systems redujo en un 37% sus costos por renta y servicios del sitio de trabajo y obtuvo beneficios por 2400 millones de dólares al reducir el área, reconfigurar el espacio, crear oficinas móviles con todo sobre ruedas, y diseñar áreas de innovación del tipo “deshazte de todo”.

Distribución de tiendas

La distribución de tiendas al menudeo se basa en la idea de que las ventas y la rentabilidad varían directamente con la exposición del cliente a los productos. Así, en las tiendas, la mayoría de los administradores de operaciones tratan de exponer a los clientes al mayor número de productos posible. Ciertos estudios muestran que entre mayor sea la tasa de exposición, mayores serán las ventas y más alto será el rendimiento sobre la inversión. El administrador de operaciones puede alterar ambos factores mediante un arreglo global de la tienda y la asignación de espacio a diferentes productos dentro de ese arreglo.

Existen cinco ideas útiles para determinar el arreglo global de muchas tiendas:

1. Ubicar los artículos con ventas altas en la periferia de la tienda. Así, se encuentran los productos lácteos en un lado del supermercado, y el pan y los pasteles en otro. Un ejemplo de esta táctica se muestra en la figura 9.2.
2. Usar ubicaciones prominentes para los artículos de alto impulso y alto margen. Best Buy pone los artículos digitales de rápido crecimiento y alto margen (como cámaras e impresoras) al frente y centro de sus tiendas.
3. Distribuir lo que se conoce en el comercio como “artículos poderosos” (artículos que pueden dominar cuando se va de compras) en ambos lados del pasillo y dispersarlos para aumentar la atención hacia otros artículos.
4. Usar los finales de pasillo porque tienen un índice alto de exposición.
5. Comunicar la misión de la tienda seleccionando cuidadosamente la posición del departamento más importante. Por ejemplo, si los alimentos preparados son parte de la misión de un supermercado, la panadería y la salchichonería deben estar al frente para agradar a los clientes orientados a las compras de conveniencia. El impulso de Walmart para incrementar las ventas de ropa significó colocar los departamentos de prendas de vestir con una amplia visibilidad desde toda la tienda.

Distribución de tiendas

Un enfoque que estudia el flujo, asigna espacios y responde al comportamiento del cliente.

★ TIP PARA EL ESTUDIANTE

La meta en la distribución de una tienda es incrementar al máximo la rentabilidad por pie cuadrado de espacio de almacenamiento.

OA2 Definir los objetivos de la distribución en tiendas

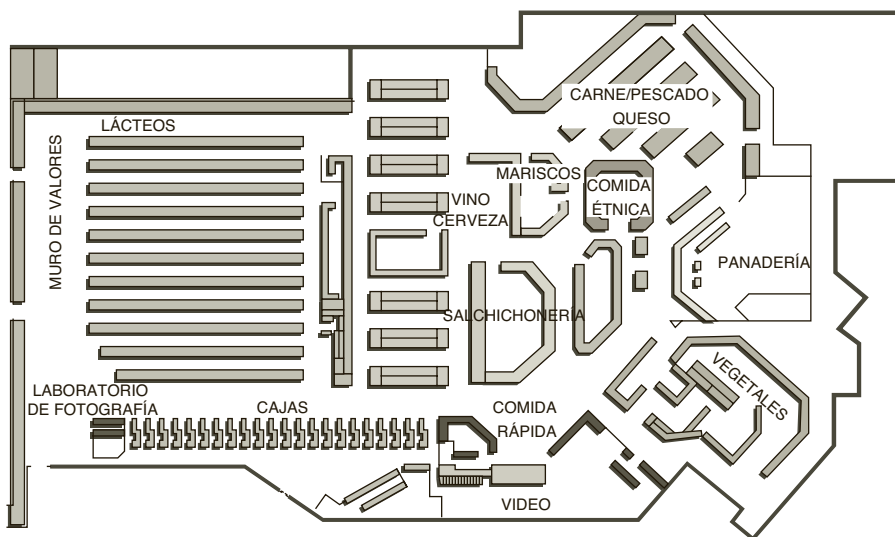


Figura 9.2

Distribución de una tienda con lácteos y panadería, artículos de gran venta, ubicados en diferentes áreas de la tienda

²“Square Feet. Oh, How Square” *Business Week* (3 de julio de 2006): 100-101.

Una vez que se ha decidido la distribución general de la tienda, los productos deben acomodarse para su venta. En este acomodo se involucran muchas consideraciones. Sin embargo, **el objetivo principal de la distribución de tiendas es incrementar al máximo la rentabilidad por pie cuadrado del espacio en piso** (o, en algunas tiendas, en pies lineales de espacio en anaquel). **Los artículos caros pueden producir ventas grandes en cuanto al monto de dinero, pero la utilidad por pie cuadrado llega a ser menor.** Existen programas de cómputo para ayudar a los administradores a evaluar la rentabilidad de distintos planes de comercialización para cientos de categorías: esta técnica se conoce como administración de la categoría.

Un aspecto adicional, y algo controvertido, en la distribución de tiendas es la llamada inserción. **Las tarifas de inserción son las cuotas que pagan los fabricantes para que sus productos se exhiban en los anaqueles de una cadena de supermercados.** Como resultado de la introducción masiva de nuevos productos, los comerciantes ahora pueden pedir hasta \$25 000 por colocar un producto en su cadena. Durante la última década, la economía de mercado, las consolidaciones y la tecnología han proporcionado a los comerciantes este apalancamiento. La competencia por el espacio de anaquel ha avanzado con los sistemas de punto de venta y la tecnología del escáner, los cuales mejoran la administración de la cadena de suministro y el control de inventarios. Muchas empresas pequeñas cuestionan la legalidad y la ética de las tarifas de inserción, argumentando que éstas ahogan los nuevos productos, limitan su capacidad de expandirse y cuestan dinero al consumidor. Walmart es una de las pocas grandes cadenas de tiendas que no exigen tarifas de inserción, con lo que elimina una barrera a la introducción de productos (Vea el *Dilema ético* presentado al final de este capítulo).

Tarifas de inserción

Cuotas que pagan los fabricantes por obtener espacio de anaquel para sus productos.

Entorno del servicio

Aunque el objetivo principal de la distribución de tiendas es incrementar al máximo las utilidades, existen otros aspectos de servicio que los administradores deben considerar. El término **entorno del servicio describe el entorno físico en el cual se entrega el servicio y la forma en la que ese entorno afecta al ser humano como cliente o empleado.** Para proporcionar una buena distribución del servicio, una empresa debe considerar tres elementos:

1. **Condiciones ambientales**, que son características de fondo, como iluminación, sonido, olor, temperatura. Todas afectan a los trabajadores y a los clientes, e influyen en cuánto gasta y cuánto tiempo permanece una persona en la instalación.
2. **Distribución espacial y funcionalidad**, que implica planear la trayectoria de circulación de los clientes, las características de los pasillos (como ancho, dirección, ángulo y espacio entre anaqueles), y la agrupación de productos.
3. **Letreros, símbolos y artefactos**, que son características del diseño del establecimiento con un significado social (como las áreas alfombradas en una tienda departamental que incitan a los compradores a detenerse y observar).

Algunos ejemplos de cada uno de estos tres elementos de los entornos del servicio son:

- ▶ **Condiciones ambientales:** restaurantes de lujo con manteles de lino y una atmósfera a la luz de las velas; el olor de la panadería de Mrs. Field's Cookie inunda todo el centro comercial; asientos de piel en Starbucks.
- ▶ **Distribución y funcionalidad:** pasillos largos y anaqueles altos en Kroger; el amplio pasillo central de Best Buy.
- ▶ **Letreros, símbolos y artefactos:** la bienvenida en la puerta de Walmart; la pared con guitarras en Hard Rock Café. La entrada de Disneylandia aparentando un pueblo encantado.

Un elemento crítico que contribuye al objetivo de Hard Rock es la distribución del espacio de ventas en cada café. El espacio de ventas, que oscila entre 600 y 1300 pies cuadrados, se diseña en conjunto con el área del restaurante para crear un flujo de tráfico máximo antes y después de comer. Los beneficios para los cafés como éste localizado en Londres son enormes. Casi la mitad de las ventas anuales de un café se genera en estas pequeñas tiendas, las cuales tienen una tasa muy alta de ventas por pie cuadrado.



Distribuciones de almacenes y almacenamiento

El objetivo de la distribución de almacenes es encontrar el intercambio óptimo entre los costos del manejo y los costos asociados con el espacio de almacén. En consecuencia, la tarea de la administración es incrementar al máximo la utilización del “cubo” total del almacén, es decir, usar todo su volumen mientras mantiene bajos los costos por manejo de materiales. El costo por manejo de materiales se define como todos los costos relacionados con la transacción. Comprenden el transporte de entrada, almacenamiento, y transporte de salida de los materiales que se almacenarán. Estos costos incluyen equipo, personal, material, supervisión, seguros y depreciación. Por supuesto, una distribución de almacén efectiva también disminuye al mínimo los daños y desperdicios de material dentro del almacén.

La administración disminuye al mínimo la suma de los recursos que se gastan en encontrar y trasladar el material más el deterioro y daño del mismo. La variedad de los artículos almacenados y el número de artículos “recogidos” tienen una influencia directa en la distribución óptima. Un almacén que guarda pocos artículos permite mayor densidad que uno que almacena toda una variedad. La administración de almacenes moderna es, en muchos casos, un procedimiento que utiliza los sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados (ASRS).

La cadena de tiendas Stop & Shop, con 350 supermercados en Nueva Inglaterra, ha completado recientemente el ASRS más grande en el mundo. El centro de distribución de 1.3 millones de pies cuadrados ubicado en Freetown, Massachusetts, emplea 77 máquinas giratorias de almacenamiento y recuperación. Estas 77 grúas llenan cada una 11 500 espacios en 90 pasillos, un total de 64 000 artículos alimenticios. La foto del estacionamiento de Wolfsburg, Alemania (abajo), indica que un ASRS puede tomar muchas formas.

Un componente importante de la distribución de un almacén es la relación que hay entre el área de recepción y descarga, y el área de embarque y carga. El diseño de la instalación depende del tipo de artículos que se descargan, de dónde se descargan (camiones, vagones, montacargas, etcétera), y del sitio al que se descargan. En algunas compañías, las instalaciones para recepción y embarque, o muelles, como también se les llama, son incluso la misma área; algunas veces son muelles de recepción por la mañana y por la tarde muelles de embarque.

Almacenamiento cruzado

El almacenamiento cruzado significa evitar la colocación de materiales o suministros en el almacén al procesarlos conforme se reciben. En una instalación de manufactura, el producto se recibe directamente en la línea de ensamble. En un centro de distribución, las cargas etiquetadas y seleccionadas llegan al muelle de recepción e inmediatamente se redirigen. Lo que evita la recepción formal, el almacenamiento y registro, y las actividades de pedido-selección. Como estas actividades no agregan valor al producto, su eliminación significa ahorrar un 100% en costos. Walmart, defensora inicial del almacenamiento cruzado, usa esta técnica como un componente importante de su estrategia

Distribución de almacenes

Un diseño que intenta disminuir al mínimo el costo total mediante un intercambio óptimo entre el espacio y el manejo de materiales.

★ TIP PARA EL ESTUDIANTE

En la distribución de almacenes queremos incrementar al máximo el uso de todo el edificio: desde el piso hasta el techo.

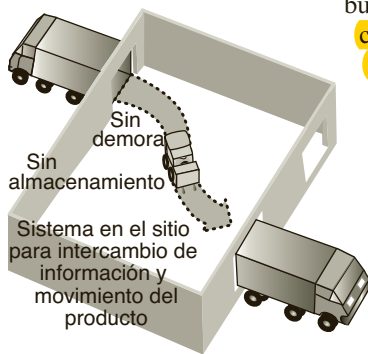
OA3 Analizar la administración moderna de almacenes y términos como ASRS, almacenamiento cruzado y almacenamiento aleatorio

Almacenamiento cruzado

Sistema para evitar que los materiales o suministros se coloquen en almacén al procesarlos conforme son recibidos para su embarque.



Los sistemas de almacenamiento y recuperación automatizada no se encuentran sólo en los almacenes tradicionales. Este estacionamiento ubicado en Wolfsburg, Alemania, ocupa sólo el 20% del espacio de un garaje diseñado en forma tradicional. El ASRS “recupera” automóviles en menos tiempo, sin la posibilidad de que sean dañados por algún conductor.

EMBARQUE ENTRANTE**EMBARQUE SALIENTE****Almacenamiento aleatorio**

Se usa en los almacenes para colocar los artículos donde haya una ubicación abierta.

Personalización

Uso del almacenamiento para agregar valor al producto mediante la modificación, reparación, etiquetado y empaque de componentes.

Distribución de posición fija

Un sistema que aborda los requerimientos de distribución para proyectos estacionarios.

OA4 Identificar cuándo son adecuadas las distribuciones de posición fija

continúa de bajo costo. Mediante el almacenamiento cruzado, Walmart reduce los costos de distribución y acelera el resurtido de las tiendas, con lo que mejora el servicio al cliente. Aunque el almacenamiento cruzado reduce el manejo de productos, el inventario y los costos de las instalaciones, requiere (1) una programación estricta y (2) una identificación precisa de los productos entrantes.

Almacenamiento aleatorio

Los sistemas de identificación automatizada (AIS), casi siempre en la forma de código de barras, permiten la identificación rápida y precisa de los artículos. Cuando los sistemas de identificación automatizada se combinan con los sistemas efectivos de información administrativa, los administradores de operaciones conocen la cantidad y la ubicación de cada unidad. Esta información se utiliza con operadores humanos o con sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados a fin de cargar unidades en cualquier parte del almacén, en forma aleatoria. Las cantidades y ubicaciones precisas de los inventarios significan la utilización potencial de toda la instalación debido a que el espacio no necesita reservarse para ciertas unidades de conservación en almacén (SKU) o para familias de partes. Los sistemas computarizados de almacenamiento aleatorio a menudo incluyen las siguientes tareas:

1. Mantener una lista de lugares "vacíos".
2. Mantener registros precisos del inventario existente y de su ubicación.
3. Poner en secuencia los artículos de los pedidos para disminuir al mínimo el tiempo de traslado requerido para "recoger" pedidos.
4. Combinar los pedidos para reducir los tiempos de recolección.
5. Asignar ciertos artículos o clases de artículos, como los de alto uso, a áreas particulares del almacén para disminuir al mínimo la distancia total recorrida.

Los sistemas de almacenamiento aleatorio pueden incrementar la utilización de las instalaciones y disminuyen el costo por mano de obra, pero requieren registros precisos.

Personalización

Aunque esperamos que los almacenes guarden el menor número de unidades posible durante el menor tiempo posible, ahora se pide al almacén que personalice los productos. Los almacenes son lugares donde puede agregarse valor al producto a través de la personalización. La personalización hecha en los almacenes es una forma muy útil de generar una ventaja competitiva en mercados donde los productos cambian con rapidez. Por ejemplo, puede instalarse un almacén donde se ensamblen componentes de computadora, se cargue software, y se realicen reparaciones. Los almacenes también pueden proporcionar a los comerciantes etiquetado y empaque personalizado para que los artículos lleguen listos para su exhibición.

Cada vez más, este tipo de trabajo se realiza en almacenes anexos a los aeropuertos más importantes, en instalaciones como la terminal de FedEx en Memphis. Al agregar valor en un almacén adyacente a los aeropuertos principales se facilita la entrega durante la noche. Por ejemplo, si su terminal de cómputo falla, este tipo de almacén puede enviarle un reemplazo y usted podrá recibirlo a la mañana siguiente. Cuando su máquina vieja llega al almacén, se repara y envía a otra persona. Estas actividades con valor agregado en "cuasi-almacenes" contribuyen a mejorar las estrategias de personalización, costo bajo y respuesta rápida.

Distribución de posición fija

En la distribución de posición fija, el proyecto permanece en un lugar y los trabajadores y el equipo llegan a esa área de trabajo. Ejemplos de este tipo de proyecto son un barco, una carretera, un puente, una casa y una mesa de operaciones en un quirófano.

Las técnicas para enfrentar los problemas de distribución de posición fija no están bien desarrolladas y se complican por tres factores. Primero, existe un espacio limitado en casi todos los sitios. Segundo, en las diferentes etapas de un proyecto se necesitan distintos materiales; por lo tanto, artículos distintos se vuelven fundamentales a medida que el proyecto avanza. Tercero, el volumen de los materiales necesarios es dinámico. Por ejemplo, la tasa de uso de los paneles de acero para construir el casco de un barco cambia al avanzar el proyecto.

Debido a que es difícil encontrar una buena solución a los problemas de distribución de posición fija en el sitio, una estrategia alternativa consiste en completar una parte sustancial del proyecto fuera del lugar. Este enfoque se usa en la industria de la construcción de barcos cuando se ensamblan unidades estándar (digamos las ménsulas para soporte de la tubería) en una línea de ensamble

A continuación se presentan tres versiones de la distribución de posición fija.

Craig Ruttle/AP World Wide Photos



Una casa construida mediante la distribución de posición fija tradicional se haría en el sitio, trasladando ahí al equipo, los materiales y a los trabajadores para “satisfacer los pedidos” asignando espacio para diferentes periodos. Sin embargo, la casa de la fotografía puede construirse a un costo mucho menor. Esta casa se construye en dos módulos móviles en una fábrica. La colocación de andamios y montacargas hace el trabajo más fácil, rápido y barato, y el entorno de trabajo en interiores también ayuda a la productividad de la mano de obra.

Un ejemplo de distribución de posición fija en los servicios es una sala de operaciones; el paciente permanece estático sobre la mesa y el personal médico y el equipo se trasladan al sitio.



Dick Blume/The Image Works

Corbis Images



En la construcción de barcos, hay un espacio limitado adyacente a la distribución de posición fija. Los astilleros llaman plataformas a estas áreas de carga, y se asignan en diferentes periodos a cada contratista.

cercana (instalación orientada al producto). En un intento por volver más eficiente la construcción de barcos, Ingall Ship Building Corporation ha decidido realizar una producción orientada al producto cuando las secciones de un barco (módulos) son similares, o cuando tiene un contrato para construir la misma sección para varios barcos semejantes. Asimismo, como lo muestra la foto superior en esta página, muchos constructores de casas están cambiando de la estrategia de distribución de posición fija a una más orientada al producto. En Estados Unidos, cerca de un tercio de las casas nuevas se construyen de esta manera. Además, muchas casas que se construyen en el sitio (posición fija) obtienen la mayoría de los componentes como puertas, ventanas, accesorios, armaduras, escaleras y muros construidos como módulos mediante procesos externos más eficientes.

Distribución orientada al proceso

Una distribución orientada al proceso puede manejar en forma simultánea una amplia variedad de productos o servicios. Es la forma tradicional de apoyar una estrategia de diferenciación del producto. Resulta más eficiente cuando se elaboran productos con distintos requerimientos o cuando se manejan clientes, pacientes o consumidores con distintas necesidades. Por lo general, una distribución

Distribución orientada al proceso

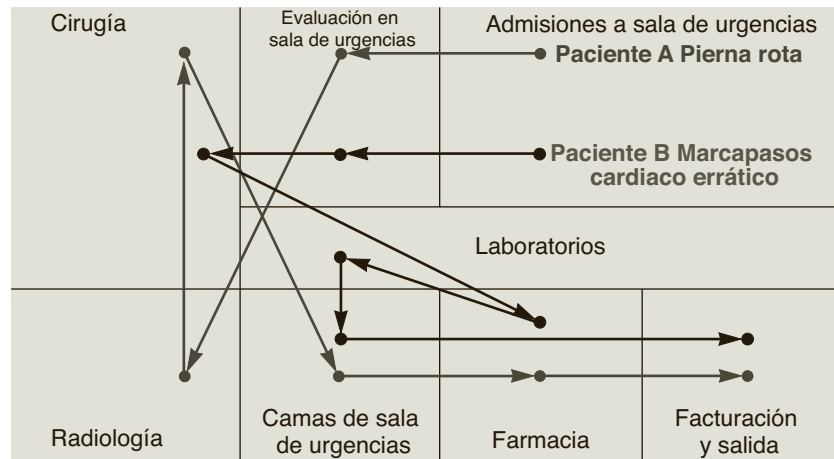
Una distribución que trata con la producción de bajo volumen y alta variedad, donde se agrupan máquinas y equipos similares.

Figura 9.3

Distribución del proceso en una sala de urgencias que muestra la ruta de dos pacientes

TIP PARA EL ESTUDIANTE ☆

El paciente A (pierna rota) pasa (flechas en gris) de la evaluación en la sala de urgencias a radiología, cirugía, una cama, farmacia y a facturación. El paciente B (problema con el marcapasos) va (flechas en negro) de la evaluación en la sala de urgencias a cirugía, farmacia, laboratorio, una cama y a facturación.



orientada al proceso es la estrategia de bajo volumen y alta variedad analizada en el capítulo 7. En este entorno de taller de trabajo, cada producto o cada pequeño grupo de productos pasa una secuencia de operaciones distinta. Un producto o pedido pequeño se fabrica llevándolo de un departamento a otro en la secuencia requerida para ese producto. Un buen ejemplo de la distribución orientada al proceso es un hospital o una clínica. En la figura 9.3 se ilustra el proceso requerido para dos pacientes, A y B, en una clínica de urgencias de Chicago. Un flujo de entrada de pacientes, cada uno con sus propias necesidades, requiere crear rutas a través de admisiones, laboratorios, salas de operaciones, radiología, farmacia, camas, etcétera. El equipo, las habilidades y la supervisión se organizan alrededor de estos procesos.

VIDEO 9.1

Distribución de la nueva instalación del Hospital Arnold Palmer

Una gran ventaja de la distribución orientada al proceso es su flexibilidad para la asignación de equipo y mano de obra. Por ejemplo, la descompostura de una máquina no necesariamente detiene todo un proceso; el trabajo puede transferirse a otras máquinas del mismo departamento. La distribución orientada al proceso es en especial conveniente para manejar la manufactura de partes en lotes pequeños, o lotes de trabajo, así como para la producción de una amplia variedad de partes en diferentes tamaños o formas.

Las desventajas de la distribución orientada al proceso provienen del uso de propósito general del equipo. Los pedidos toman más tiempo para moverse a través del sistema debido a su difícil programación, las cambiantes preparaciones y el manejo único de materiales. Además, el equipo de propósito general requiere mano de obra calificada y grandes inventarios de trabajo en proceso debido a la falta de balanceo en el proceso de producción. La mano de obra calificada también aumenta el nivel de capacitación y experiencia requerido, además los altos niveles de inventario de trabajo en proceso incrementan la inversión de capital.

Cuando se diseña la distribución de un proceso, la táctica más común es arreglar los departamentos o centros de trabajo de tal forma que se disminuya al mínimo el costo por manejo de materiales. En otras palabras, los departamentos con grandes flujos de partes o personas deben colocarse cerca uno del otro. Bajo este enfoque, el costo por manejo de materiales depende de (1) el número de cargas (o personas) que deben desplazarse entre dos departamentos durante cierto periodo, y (2) los costos relacionados con la distancia que se trasladan las cargas (o personas) entre departamentos. Se supone que el costo es una función de la distancia que hay entre los departamentos. El objetivo se puede expresar como sigue:

$$\text{Disminuir al mínimo el costo} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} \tag{9-1}$$

donde n = número total de centros de trabajo o departamentos

i, j = departamentos individuales

X_{ij} = número de cargas transportadas del departamento i al departamento j

C_{ij} = costo de llevar una carga del departamento i al departamento j

Las instalaciones orientadas al proceso (y también las distribuciones de posición fija) tratan de disminuir al mínimo los costos de cargas o viajes y el tiempo relacionado con la distancia. El término C_{ij} combina distancia y otros costos en un factor. Por lo tanto, no sólo se asume que la dificultad de movimiento es igual, sino también que los costos de recoger y dejar son constantes. Aunque tales costos no siempre son constantes, por simplicidad se resumen estos datos (es decir, distancia, dificultad y costos de recoger y dejar) en esta variable única, el costo. La mejor forma de entender los pasos involucrados en el diseño de la distribución de un proceso es ver un ejemplo.

Lotés de trabajo

Grupos o lotes de partes que se procesan juntos.

OA5 Explicar cómo se logra una buena distribución en una instalación orientada al proceso

Ejemplo 1

DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE UN PROCESO

La administración de Walters Company quiere determinar un arreglo de los seis departamentos de su fábrica de forma que se disminuyan al mínimo los costos por manejo de materiales entre departamentos. Se adopta un supuesto inicial (para simplificar el problema) de que cada departamento mide 20×20 pies y que el edificio tiene 60 pies de largo y 40 de ancho.

MÉTODO Y SOLUCIÓN ► El procedimiento seguido para la distribución del proceso consta de seis pasos:

Paso 1: Construir una “matriz desde-hasta” donde se muestre el flujo de partes o materiales de un departamento a otro (vea la figura 9.4).

Figura 9.4

Flujo de partes entre departamentos

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Los grandes flujos entre 1 y 3 y entre 3 y 6 son evidentes de inmediato. Por lo tanto, los departamentos 1, 3 y 6 deben estar cerca uno del otro.

Departamento	Número de cargas por semana					
	Ensamble (1)	Pintura (2)	Taller de máquinas (3)	Recepción (4)	Embarque (5)	Pruebas (6)
Ensamble (1)	—	50	100	0	0	20
Pintura (2)		—	30	50	10	0
Taller de máquinas (3)			—	20	0	100
Recepción (4)				—	50	0
Embarque (5)					—	0
Pruebas (6)						—

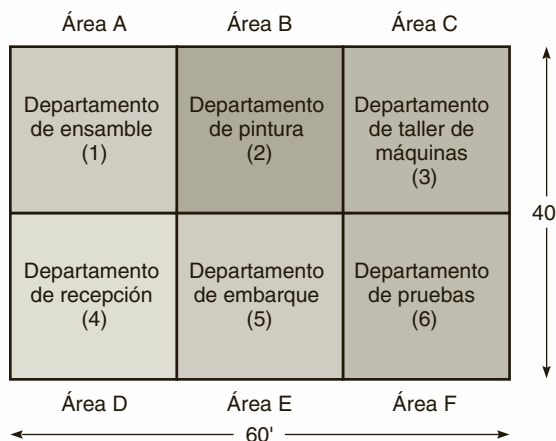
Paso 2: Determinar los requerimientos de espacio para cada departamento. (La figura 9.5 muestra el espacio disponible en la planta).

Figura 9.5

Dimensiones de construcción y una posible distribución de los departamentos

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Piense en esto como una distribución inicial propuesta. El objetivo es mejorarla, en la medida de lo posible



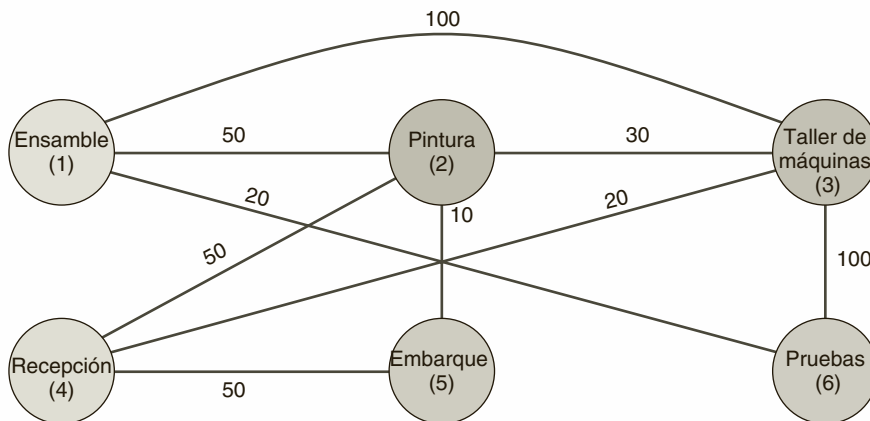
Paso 3: Desarrollo de un diagrama esquemático inicial que muestre la secuencia de departamentos a través de los cuales se deben trasladar las partes. Tratar de colocar los departamentos con un flujo pesado de materiales o partes enseguida uno del otro. (Vea la figura 9.6).

Figura 9.6

Gráfica de flujo entre departamentos que muestra el número de cargas semanales

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Esto muestra que también se trasladan 100 cargas a la semana entre el Ensamble y el Taller de Máquinas. Es posible que se desee acercar estos dos departamentos entre sí para disminuir al mínimo el flujo de partes a través de la fábrica.



Paso 4: Determinar el costo de esta distribución usando la ecuación del costo por manejo de materiales:

$$\text{Costo} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij}$$

Para este problema, Walters Company supone que un montacargas lleva todas las cargas entre departamentos. El costo de mover una carga entre departamentos adyacentes se ha estimado en \$1. Mover una carga entre departamentos no adyacentes cuesta \$2. En las figuras 9.4 y 9.5 se observa que el costo por manejo de materiales entre los departamentos 1 y 2 es de \$50 (\$1 × 50 cargas), de \$200 entre los departamentos 1 y 3 (\$2 × 100 cargas), de \$40 entre los departamentos 1 y 6 (\$2 × 20 cargas), y así sucesivamente. Las áreas que están en diagonal entre sí, como 2 y 4, se tratan como adyacentes. El costo total para la distribución mostrada en la figura 9.6 es:

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \$50 + \$200 + \$40 + \$30 + \$50 \\ &\quad (1 \text{ y } 2) \quad (1 \text{ y } 3) \quad (1 \text{ y } 6) \quad (2 \text{ y } 3) \quad (2 \text{ y } 4) \\ &\quad + \$10 + \$40 + \$100 + \$50 \\ &\quad (2 \text{ y } 5) \quad (3 \text{ y } 4) \quad (3 \text{ y } 6) \quad (4 \text{ y } 5) \\ &= \$570 \end{aligned}$$

Paso 5: Por prueba y error (o mediante un programa de cómputo más sofisticado que se analizará en breve), se trata de mejorar la distribución presentada en la figura 9.5 para establecer un mejor arreglo de departamentos.

Al observar la gráfica de flujo (figura 9.6) y los cálculos del costo, parece conveniente colocar juntos los departamentos 1 y 3. En la actualidad no son adyacentes y el alto volumen de flujo entre ellos genera un gasto grande por el manejo. Observando de nuevo la situación, se debe revisar el efecto de cambiar los departamentos y tal vez elevar en vez de reducir los costos globales.

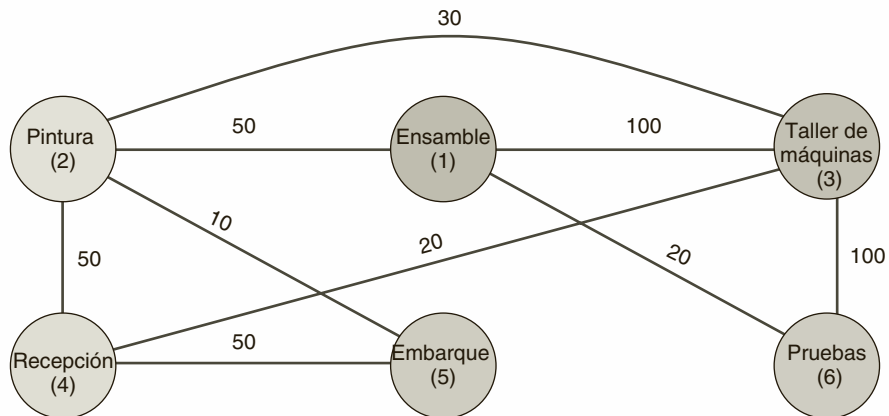
Una posibilidad es intercambiar los departamentos 1 y 2. Este intercambio produce un segundo diagrama de flujo (figura 9.7), el cual muestra una reducción de costo a \$480, un ahorro en manejo de materiales de \$90:

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \$50 + \$100 + \$20 + \$60 + \$50 \\ &\quad (1 \text{ y } 2) \quad (1 \text{ y } 3) \quad (1 \text{ y } 6) \quad (2 \text{ y } 3) \quad (2 \text{ y } 4) \\ &\quad + \$10 + \$40 + \$100 + \$50 \\ &\quad (2 \text{ y } 5) \quad (3 \text{ y } 4) \quad (3 \text{ y } 6) \quad (4 \text{ y } 5) \\ &= \$480 \end{aligned}$$

Figura 9.7
Segunda gráfica de flujo entre departamentos

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Observe que ahora el Ensamble y el Taller de máquinas son adyacentes. Además el departamento de Pruebas permanece cerrado al Taller de máquinas.



Suponga que Walters Company está satisfecha con la cifra de costo de \$480 y la gráfica de flujo de la figura 9.7. El problema podría no estar resuelto aún. Con frecuencia es necesario un sexto paso:

Paso 6: Preparar un plan detallado arreglando los departamentos de manera que se ajusten a la forma del edificio y sus áreas no móviles (como el muelle de carga y descarga, baños y escaleras). Con frecuencia este paso implica asegurar que el plan final se adapte al sistema eléctrico, a las cargas de piso, a la estética, y a otros factores.

En el caso de Walters Company, los requerimientos de espacio son un problema sencillo (vea la figura 9.8).

Figura 9.8

Una distribución factible para Walters Company

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Aquí se ven los departamentos trasladados a las áreas A a F para tratar de mejorar el flujo.

Área A	Área B	Área C
Departamento de pintura (2)	Departamento de ensamble (1)	Departamento de taller de máquinas (3)
Departamento de recepción (4)	Departamento de embarque (5)	Departamento de pruebas (6)
Área D	Área E	Área F

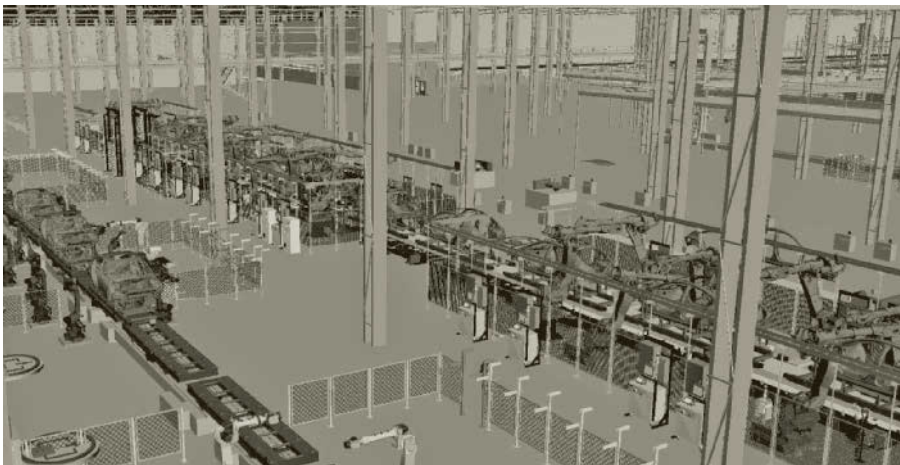
RAZONAMIENTO ► Este cambio de departamentos es sólo uno del gran número de posibles cambios. De hecho, para un problema de seis departamentos, los arreglos potenciales son 720 (o $6! = 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$). En los problemas de distribución es posible que se encuentre la solución óptima y se obtenga una solución “razonable”.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿Puede mejorar la distribución de las figuras 9.7 y 9.8? Respuesta: Sí, el costo se puede reducir a \$430 al colocar Embarque en el área A, Pintura en el área B, Ensamble en el área C, Recepción en el área D (sin cambio), Taller de máquinas en el área E, y pruebas en el área F (sin cambio).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9.

Programas de cómputo para distribuciones orientadas al proceso

El enfoque gráfico del ejemplo 1 está bien para resolver problemas pequeños; sin embargo, no es suficiente para problemas más grandes. Cuando un problema de distribución de planta involucra 20 departamentos, es posible implementar más de 600 *billones* de configuraciones diferentes. Por fortuna, se han escrito programas de cómputo para manejar grandes distribuciones. Estos programas (vea la gráfica del Proplanner en la página siguiente) a menudo añaden sofisticación con diagramas de flujo, capacidad de varios niveles, almacenamiento y colocación de contenedores, volúmenes de materiales, análisis de tiempo y comparaciones de costos. Estos programas tienden a ser interactivos, es decir, requieren la participación del usuario. Y la mayoría sólo pretende ofrecer soluciones “buenas,” no “óptimas”.

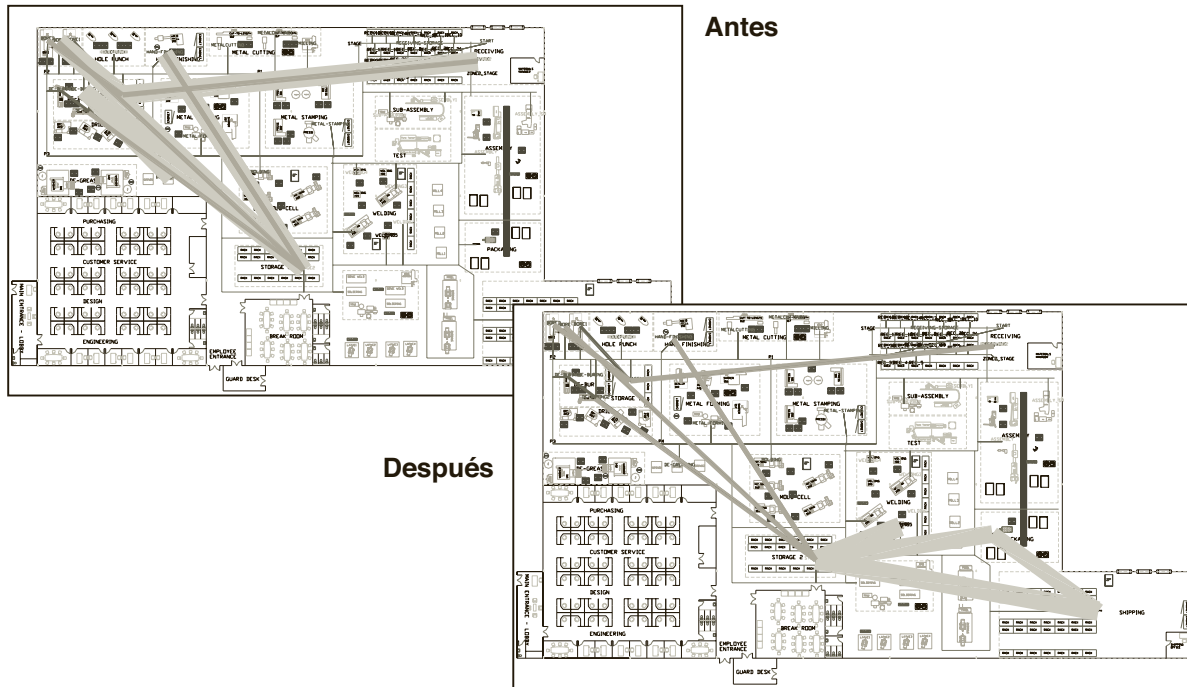


UGS/Siemens

El software de Siemens Corp. como éste permite a los administradores de operaciones colocar y conectar rápidamente símbolos para el equipamiento de la fábrica en una vista tridimensional completa de la distribución. Estas presentaciones permiten añadir un entendimiento de los temas de distribución de instalaciones en términos del proceso, el manejo de materiales, la eficiencia y la seguridad. (Imágenes creadas con el software Tecnomatix Plant Simulation, cortesía de Siemens PLM Software).

Software Proplanner para distribuciones orientadas al proceso

Con el clic de un ratón, los diagramas de flujo de materiales, como éste de Proplanner, pueden manipular distribuciones para mostrar el ahorro en costos de un diseño mejorado. En este ejemplo, los cascos de bomba se reciben y almacenan más cerca del punto de uso, con lo que la distancia total recorrida en la planta se reduce de más de 3.5 millones de pies a 2.2 millones de pies, un ahorro del 38%. Vea demostraciones en video de ésta y otras herramientas relacionadas en www.proplanner.com.



Células de trabajo

Célula de trabajo

Un arreglo de máquinas y personas que se enfocan en la fabricación de un solo producto o de una familia de productos relacionados.

Una célula de trabajo reorganiza personas y máquinas, que en general estarían dispersas en diferentes departamentos, en un grupo de manera que se puedan enfocar en la fabricación de un solo producto o de un grupo de productos relacionados (figura 9.9). Los arreglos en células de trabajo se usan cuando el volumen justifica un arreglo especial de maquinaria y equipo. Estas células de trabajo se reconfiguran a medida que cambia el diseño del producto o fluctúa el volumen. Las ventajas de las células de trabajo son:

1. Reducción del inventario de trabajo en proceso porque la célula de trabajo se establece para proporcionar un flujo de una pieza de máquina a máquina.
2. Menos espacio de piso en la planta porque se necesita menos espacio entre las máquinas para acomodar el inventario de trabajo en proceso.
3. Reducción de inventarios de materia prima y productos terminados porque con menos trabajo en proceso se agiliza el movimiento de los materiales a través de la célula de trabajo.
4. Reducción del costo por mano de obra directa debido a una mejor comunicación entre los empleados, a un mejor flujo de materiales, y a una programación mejorada.
5. Aumento del sentido de participación del empleado en la organización y el producto, puesto que los empleados aceptan la responsabilidad adicional de la calidad del producto que se asocia en forma directa con ellos y su célula de trabajo.
6. Mayor utilización de equipo y maquinaria debido a una mejor programación y al más rápido flujo de materiales.
7. Reducción de la inversión en maquinaria y equipo ya que una buena utilización de las instalaciones disminuye el número de máquinas necesarias y la cantidad de equipo y herramientas.

OA6 Definir célula de trabajo y sus requerimientos

Requerimientos de las células de trabajo

Los requerimientos de la producción celular incluyen:

- Identificación de familias de productos, con frecuencia mediante el uso de códigos de tecnología de grupos o equivalentes.

Observe tanto en (a) como en (b) que la célula de trabajo en forma de U puede reducir el movimiento de materiales y personal. La forma de U también puede disminuir los requerimientos de espacio, mejorar la comunicación, reducir el número de trabajadores, y facilitar la inspección.

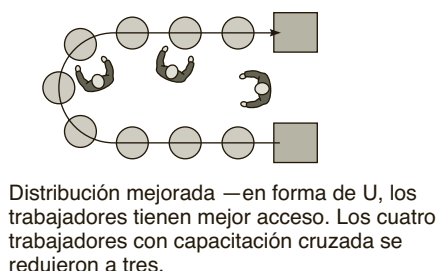
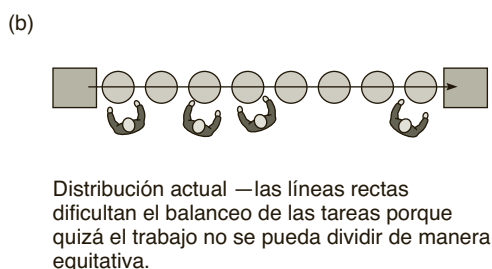
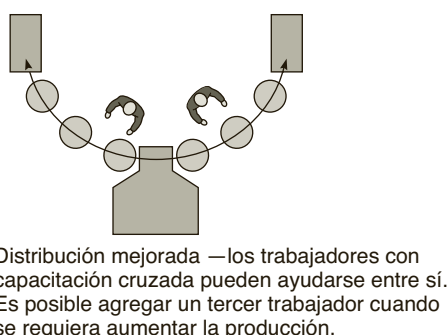
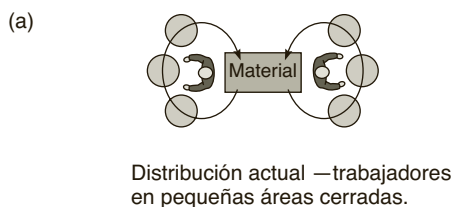


Figura 9.9

Mejora de las distribuciones físicas mediante el cambio al concepto de células de trabajo

- ▶ Un alto nivel de capacitación, flexibilidad y delegación de autoridad en los empleados.
- ▶ Personal comprometido con su propio equipo y sus productos.
- ▶ Pruebas (poka-yoke) en cada estación de la célula.

Las células de trabajo tienen al menos cinco ventajas sobre las líneas de ensamble y las instalaciones de proceso: (1) como las tareas están agrupadas, con frecuencia la inspección es inmediata; (2) se necesitan menos trabajadores; (3) los trabajadores pueden abarcar más área de trabajo; (4) el área de trabajo puede balancearse en forma más eficiente; y (5) mejora en la comunicación. Algunas veces las células de trabajo se organizan en forma de U, como se muestra en el lado derecho de la figura 9.9.

Como se indica en el siguiente recuadro de *AO en acción*, Canon es una de las muchas organizaciones que han tenido éxito con las células de trabajo.

★ **TIP PARA EL ESTUDIANTE**

El uso de células de trabajo es un gran paso hacia la manufactura eficiente. Pueden hacer que los trabajos sean más interesantes, ahorrar espacio y reducir el inventario.

Asignación de personal y balanceo de células de trabajo

Una vez que la célula de trabajo tiene el equipo apropiado en la secuencia adecuada, la tarea siguiente es asignar personal y balancear la célula. En una célula de trabajo, la producción eficiente requiere una asignación apropiada de personal.

AO en acción

Las células de trabajo aumentan la productividad en Canon

Observe con rapidez la fábrica de Canon, cerca de Tokio, y podría pensar que ha retrocedido unas cuantas décadas. En lugar de las líneas de ensamble en rápido movimiento que podría esperar ver en una gran empresa productora de cámaras digitales y fotocopiadoras sofisticadas y de alto costo, verá trabajadores reunidos en pequeños grupos o células de trabajo. Cada célula es responsable de un producto o una pequeña familia de productos. El enfoque en el producto anima a los empleados a intercambiar ideas sobre cómo mejorar el proceso de ensamble. También aceptan más responsabilidad por su trabajo.

Las células de trabajo en Canon han aumentado la productividad en un 30%. Pero, ¿cómo?

En primer lugar, las cintas transportadoras y sus repuestos ocupan espacio, un bien costoso en Japón. El cambio a un sistema celular ha liberado 12 millas de espacio que antes era ocupado por cintas transportadoras en 54 plantas y permitió a Canon cerrar 29 almacenes de piezas, un ahorro de 280 millones de dólares en costos inmobiliarios.

Los empleados son motivados a trabajar en células cada vez más estrechas, con premios otorgados a aquellos que liberen más espacio.

En segundo lugar, las células permiten a Canon cambiar la mezcla de productos con mayor rapidez a las demandas del mercado de productos innovadores (una gran ventaja, puesto que los ciclos de vida de los productos se hacen cada vez más cortos). En tercer lugar, la moral del personal ha aumentado porque en lugar de realizar una única tarea una y otra vez, los empleados están capacitados para armar máquinas enteras. Algunos de los trabajadores más rápidos de Canon son tan admirados que se han convertido en celebridades televisivas.

Las células de trabajo mejoran tanto la moral como la productividad; una acción “ganar-ganar” para Canon.

Fuentes: *Super Factory* (julio de 2008); y *Financial Times* (23 de septiembre de 2003): 14.

Tiempo takt

Paso de la producción necesario para satisfacer las demandas del cliente.

Lo anterior implica dos pasos. Primero, determinar el tiempo takt,³ que es el paso (frecuencia) de unidades de producción necesario para satisfacer los pedidos del cliente:

$$\text{Tiempo takt} = \text{Tiempo de trabajo disponible total} / \text{Unidades requeridas} \quad (9-2)$$

Segundo, determinar el número de operadores requeridos. Esto implica dividir el tiempo de operación total necesario en la célula de trabajo entre el tiempo takt:

$$\text{Trabajadores requeridos} = \text{Tiempo de operación total requerido} / \text{Tiempo takt} \quad (9-3)$$

El ejemplo 2 considera estos dos pasos cuando se asigna personal a las células de trabajo.

Ejemplo 2**ASIGNACIÓN DE PERSONAL A CÉLULAS DE TRABAJO**

La compañía de Stephen Hall, en Dayton, fabrica espejos para automóvil. Su cliente más importante es la planta cercana de Honda, que espera la entrega de 600 espejos diarios, y la célula de trabajo que produce los espejos está programada para 8 horas. Hall quiere determinar el tiempo takt y el número de trabajadores requeridos.

MÉTODO ► Hall utiliza las ecuaciones (9-2) y (9-3) y desarrolla una gráfica de balance del trabajo para ayudar a determinar el tiempo de cada operación realizada en la célula de trabajo, así como el tiempo total.

SOLUCIÓN ►

$$\text{Tiempo takt} = (8 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos}) / 600 \text{ unidades} = 480 / 600 = 0.8 \text{ minutos} = 48 \text{ segundos}$$

Por lo tanto, el requerimiento del cliente es de un espejo cada 48 segundos.

La *gráfica de balance del trabajo* de la figura 9.10 muestra que se necesitan 5 operaciones, para totalizar un tiempo de operación de 140 segundos:

$$\begin{aligned} \text{Trabajadores requeridos} &= \text{Tiempo de operación total requerido} / \text{Tiempo takt} \\ &= (50 + 45 + 10 + 20 + 15) / 48 \\ &= 140 / 48 = 2.92 \end{aligned}$$

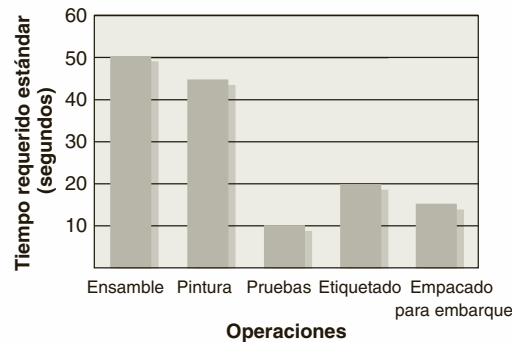


Figura 9.10

Gráfica de balance del trabajo para la producción de espejos

RAZONAMIENTO ► Para producir una unidad cada 48 segundos se requerirá de 2.92 personas. Con tres operadores esta célula de trabajo estará produciendo una unidad cada 46.67 segundos ($140 \text{ segundos} / 3 \text{ empleados} = 46.67$) y 617 unidades por día ($480 \text{ minutos disponibles} \times 60 \text{ segundos} / 46.67 \text{ segundos por cada unidad} = 617$).

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si el tiempo de pruebas se amplía a 20 segundos, ¿cuál es el requerimiento de personal? (Respuesta: 3.125 empleados).

PROBLEMA RELACIONADO ► 9.10.

Una *gráfica de balance del trabajo* (como la del ejemplo 2) también es valiosa para evaluar los tiempos de operación en células de trabajo. Se debe dar cierta consideración para determinar la operación cuello de botella. Las operaciones cuello de botella pueden restringir el flujo a través de la célula. El desequilibrio en una célula de trabajo casi nunca es un problema si la operación se realiza manualmente, ya que los miembros de las células son, por definición, parte de un equipo con capacitación cruzada. En consecuencia, las muchas ventajas de las células de trabajo suelen superar los modestos problemas de desequilibrio que se presentan dentro de una célula. Sin embargo, si el desequilibrio representa una restricción a la maquinaria, entonces puede ser necesario efectuar un

³Takt es “tiempo”, “medida” o “ritmo” en alemán, y se usa en este contexto como la velocidad a la que deben producirse las unidades terminadas para satisfacer la demanda del cliente.

ajuste en la maquinaria, el proceso o las operaciones. En tales situaciones, puede ser útil el análisis tradicional para el balanceo de líneas de ensamble, que es el tema central de la próxima sección.

El éxito de las células de trabajo no se limita a la manufactura. Hallmark de Kansas City, que cuenta con más de la mitad del mercado de las tarjetas de felicitación en Estados Unidos, y que produce unas 40 000 tarjetas diferentes, ha modificado sus oficinas dentro de un diseño celular. En el pasado, sus 700 profesionales creativos se tomarían hasta 2 años para desarrollar una nueva tarjeta. La decisión de Hallmark de crear células de trabajo compuestas por artistas, escritores, litógrafos, mercadólogos y contadores, todos ubicados en la misma área, ha dado como resultado la preparación de tarjetas en una fracción del tiempo que se requería con la distribución antigua. Las células de trabajo también han generado un desempeño más alto y un mejor servicio en el proceso de donación de sangre de la Cruz Roja de Estados Unidos.⁴

Centro de trabajo enfocado y la fábrica enfocada

Cuando una empresa ha *identificado una familia grande de productos similares que tienen una demanda grande y estable*, puede organizar un centro de trabajo enfocado. **Un centro de trabajo enfocado (también llamado “planta dentro de una planta”) convierte la producción de una instalación de propósito general orientada al proceso en una gran célula de trabajo que sigue siendo parte de la planta existente.** Por ejemplo, los parachoques y tableros en la planta de Toyota en Texas se producen en un centro de trabajo enfocado, y el departamento de Levi’s en JCPenney se administra y opera en una modalidad de boutique independiente.

Si el centro de trabajo enfocado se encuentra en una instalación separada, a menudo se le llama fábrica enfocada. Por ejemplo, las plantas independientes que producen cinturones de seguridad, tanques de combustible y sistemas de escape para Toyota, son fábricas enfocadas. Un restaurante de comida rápida es una fábrica enfocada (la mayor parte se reconfigura con facilidad para ajustarse a la mezcla de productos y al volumen). Burger King cambia el número de empleados y las tareas en vez de mover máquinas y equipos. **De esta manera balancea la línea de ensamble para satisfacer las cambiantes demandas de producción.** En efecto, la “distribución” cambia varias veces al día.

El término *fábricas enfocadas* también puede referirse a instalaciones que se enfocan en formas diferentes a la línea o distribución del producto. Por ejemplo, pueden enfocarse en su competencia central, como el bajo costo, la calidad, la introducción de nuevos productos o la flexibilidad.

Las instalaciones enfocadas en la manufactura y los servicios parecen estar más fácilmente en sintonía con sus clientes, elaborar productos de calidad, y operar con márgenes más altos. Lo anterior es cierto ya sea que se trate de fabricantes de automóviles como Toyota; de restaurantes como McDonald’s y Burger King; o de un hospital como el Arnold Palmer.

Distribución repetitiva y orientada al producto

Las distribuciones orientadas al producto se organizan alrededor de productos o familias de producto similares de alto volumen y baja variedad. La producción repetitiva y la producción continua, analizadas en el capítulo 7, usan distribuciones orientadas al producto. Los supuestos son que:

1. El volumen es adecuado para la utilización exhaustiva del equipo.
2. La demanda del producto es lo suficientemente estable como para justificar una gran inversión en equipo especializado.
3. El producto es estandarizado o se acerca a una fase de su ciclo de vida que justifica la inversión en equipo especializado.
4. El suministro de materias primas y componentes es adecuado y de calidad uniforme (apropiadamente estandarizado) para asegurar que funcionará con el equipo especializado.

Los dos tipos de distribución orientada al producto son las líneas de fabricación y de ensamble. **En la línea de fabricación se construyen componentes,** como neumáticos de automóvil o partes metálicas para refrigeradores. **En la línea de ensamble se colocan las partes fabricadas juntas en una serie de estaciones de trabajo.** Ambos son procesos repetitivos y en los dos la línea debe estar “balanceada”; es decir, **el tiempo que lleva realizar una tarea en una máquina debe ser igual o “estar balanceado” con el de la siguiente máquina en la línea de fabricación,** de igual modo que el tiempo que requiere un empleado en una estación de trabajo de la línea de ensamble debe estar “balanceado” con el que requiere el empleado que le sigue en la próxima estación de trabajo. Los mismos aspectos surgen cuando se diseñan las “líneas de desensamble” para los recicladores de automóviles.

⁴Mark Pagell y Steven A. Melnyk, “Assessing the Impact of Alternative Manufacturing Layouts in a Service Setting”, *Journal of Operations Management* 22 (2004): 413-429.

Centro de trabajo enfocado

Un arreglo permanente o semipermanente de máquinas y personal orientado al producto.

Fábrica enfocada

Una instalación diseñada para fabricar productos o componentes similares.

OA7 Definir la distribución orientada al producto

Línea de fabricación

Una instalación orientada al producto, al paso de las máquinas, para la construcción de componentes.

Línea de ensamble

Un enfoque donde se colocan las partes fabricadas juntas en una serie de estaciones de trabajo; se usa en los procesos repetitivos.

Balaceo de la línea de ensamble

Obtención de una salida (o producción) en cada estación de trabajo de la línea de producción de manera que se disminuyan al mínimo las demoras.

VIDEO 9.2

Distribución de las instalaciones en Wheeled Coach Ambulances

Una línea de ensamble bien balanceada tiene la ventaja de poseer una alta utilización del personal y de las instalaciones, así como equidad en la carga del trabajo asignado a los empleados. Algunos contratos con los sindicatos establecen que las cargas de trabajo para operarios de una misma línea de ensamble sean casi iguales. El término más común para describir este proceso es **balanceo de la línea de ensamble**. De hecho, *el objetivo de la distribución orientada al producto es disminuir al mínimo el desbalance en la línea de fabricación o de ensamble*.

Las ventajas principales de la distribución orientada al producto son:

1. El bajo costo variable por unidad usualmente asociado con los productos estandarizados de alto volumen.
2. Bajos costos por manejo de materiales.
3. La reducción de inventarios de trabajo en proceso.
4. Facilidad de capacitación y supervisión.
5. Volumen de producción rápida.

Las desventajas de la distribución orientada al producto son:

1. Se requiere un alto volumen debido a la gran inversión necesaria para establecer el proceso.
2. Cuando se detiene el proceso en cualquier parte se detiene toda la operación.
3. Falta de flexibilidad cuando se maneja una variedad de productos o tasas de producción.

Debido a que los problemas de las líneas de fabricación y las líneas de ensamble son semejantes, es necesario enfocarse en el análisis de las líneas de ensamble. En una línea de ensamble, el producto casi siempre se mueve por medios automatizados, como una banda transportadora, a través de una serie de estaciones de trabajo hasta completarse. De esta forma se hacen hamburguesas en restaurantes de comida rápida (vea la figura 9.11), se ensamblan automóviles y algunos aviones (vea la fotografía del Boeing 737 en la siguiente página), se producen televisores y hornos. Las distribuciones orientadas al producto usan más equipo automatizado y de diseño especial que las distribuciones orientadas al proceso.

Balaceo de la línea de ensamble

OAB Explicar cómo se balancea el flujo de producción en una instalación repetitiva u orientada al producto

El balanceo de líneas se realiza por lo regular para disminuir al mínimo el desequilibrio entre las máquinas y el personal al mismo tiempo que se cumple con la producción requerida de la línea. Con el fin de producir a una tasa especificada, la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajo empleados. Después debe determinar los requerimientos de tiempo para cada tarea de ensamble (por ejemplo, taladrar un agujero, apretar una tuerca o pintar con aerosol una parte). La administración también debe conocer la *relación de precedencia* entre las actividades; es decir, la secuencia en la que deben realizarse las diferentes tareas. En el ejemplo 3 se muestra cómo convertir estos datos de las tareas en un diagrama de precedencia.

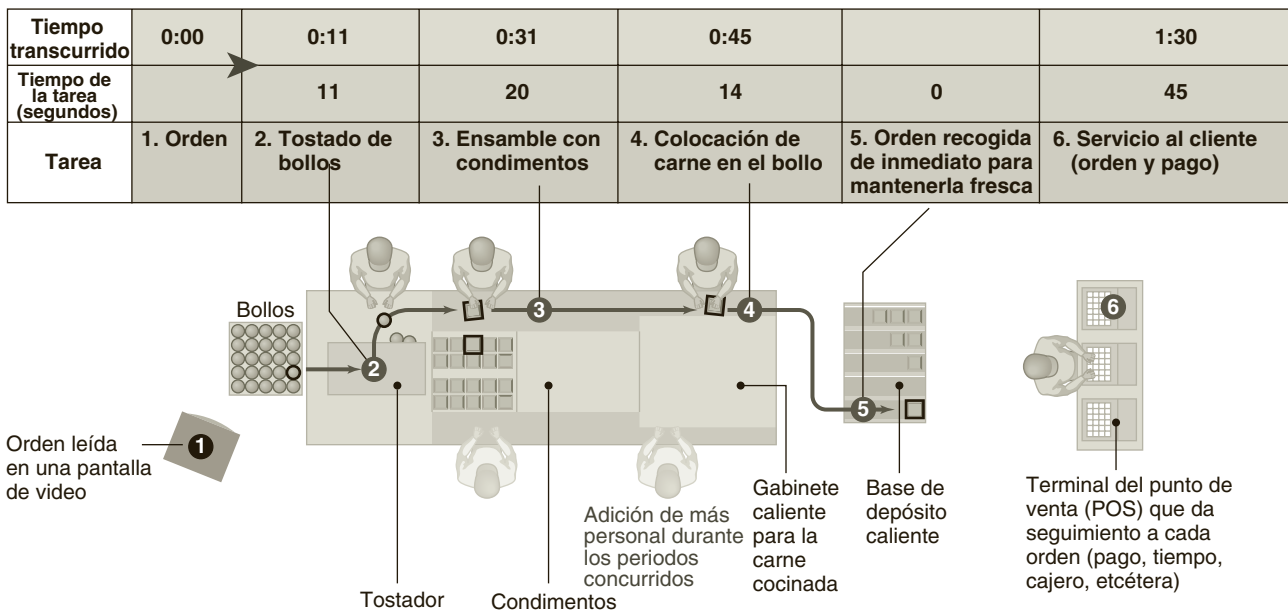


Figura 9.11

Línea de ensamble de hamburguesas en McDonald's

Copyright Boeing



El Boeing 737, el avión comercial más popular del mundo, se produce en una línea de producción móvil, trasladándose a 2 pulgadas por minuto a través del proceso de ensamble final. La línea móvil, una de las diversas innovaciones de manufactura esbelta implementadas en la instalación de Renton, Washington, ha mejorado la calidad, reducido el tiempo de flujo, disminuido los niveles de inventario y disminuido al mínimo los requerimientos de espacio. El ensamble final dura sólo 11 días (un ahorro del 50% en tiempo) y el inventario se ha reducido en más del 55%.

Ejemplo 3

DESARROLLO DE UN DIAGRAMA DE PRECEDENCIA PARA UNA LÍNEA DE ENSAMBLE

Boeing desea desarrollar un diagrama de precedencia para un componente del ala electrostática que requiere un tiempo de ensamble total de 65 minutos.

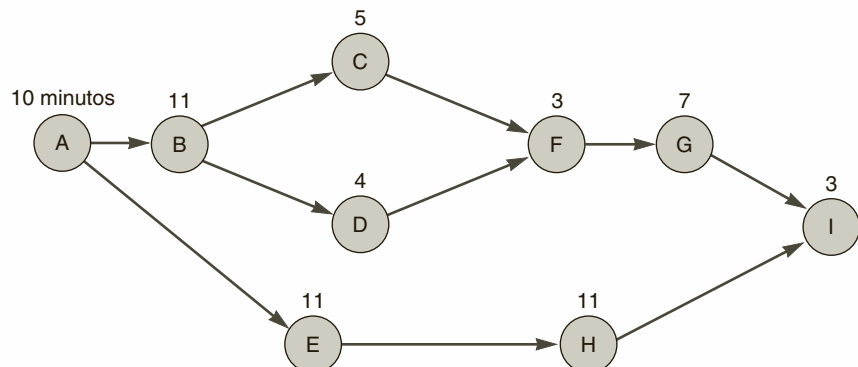
MÉTODO ► El personal resume las tareas, los tiempos de ensamble y los requerimientos de secuencia para el componente en la tabla 9.2.

TABLA 9.2 Datos de precedencia para un componente de ala

TAREA	TIEMPO DE ENSAMBLE (MINUTOS)	TAREA QUE DEBEN SEGUIR LAS TAREAS ENLISTADAS ABAJO	
A	10	—	Esto significa que las tareas B y E no pueden realizarse sino hasta que se termine la tarea A.
B	11	A	
C	5	B	
D	4	B	
E	11	A	
F	3	C, D	
G	7	F	
H	11	E	
I	3	G, H	
Tiempo total 65			

SOLUCIÓN ► En la figura 9.12 se muestra el diagrama de precedencia.

Figura 9.12
Diagrama de precedencia



RAZONAMIENTO ► El diagrama ayuda a estructurar una línea de ensamble y las estaciones de trabajo, y facilita la visualización de la secuencia de tareas.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si la tarea D tiene una segunda tarea precedente (C), ¿cómo cambiaría la figura 9.12? (Respuesta: También habría una flecha apuntando de C a D).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 9.12a, 9.14a, 9.15a, 9.16a, 9.19a.

Una vez construida la gráfica de precedencia que resume las secuencias y los tiempos de ejecución, sigue la etapa de agrupar las tareas en estaciones de trabajo para lograr la tasa de producción especificada. Este proceso implica tres pasos:

1. Tomar las unidades requeridas (demanda o tasa de producción) por día y dividir entre el tiempo productivo disponible por día (en minutos o segundos). Esta operación nos proporciona lo que se denomina tiempo del ciclo,⁵ a saber, el tiempo máximo permitido en cada estación de trabajo si debe lograrse la tasa de producción:

$$\text{Tiempo del ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Unidades requeridas por día}} \quad (9-4)$$

2. Calcular el número mínimo teórico de estaciones de trabajo. Éste es el tiempo total de duración de las tareas (el tiempo que lleva hacer el producto) dividido entre el tiempo del ciclo. Las fracciones se redondean hacia arriba al siguiente número entero:

$$\text{Número mínimo de estaciones de trabajo} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Tiempo para la tarea } i}{\text{Tiempo del ciclo}} \quad (9-5)$$

donde n es el número de tareas de ensamble.

3. Balancear la línea asignando tareas de ensamble específicas a cada estación de trabajo. Un balanceo eficiente permite completar el ensamble requerido, seguir la secuencia especificada, y mantener al mínimo el tiempo de ocio en cada estación de trabajo. Un procedimiento formal para hacer esto es el siguiente:
 - a. Identificar una lista maestra de tareas.
 - b. Eliminar las tareas que se han asignado.
 - c. Eliminar las tareas cuya relación de precedencia no ha sido satisfecha.
 - d. Eliminar las tareas para las que el tiempo disponible en la estación de trabajo es inadecuado.
 - e. Usar una de las técnicas “heurísticas” de balanceo de líneas descritas en la tabla 9.4. Las cinco posibilidades son (1) tiempo más largo para una tarea, (2) más tareas subsecuentes,

TABLA 9.3

Distribución heurística que puede usarse para asignar tareas a las estaciones de trabajo en el balanceo de líneas

1. Tiempo más largo para una tarea (operación)	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el tiempo más grande (más largo).
2. Más tareas subsecuentes	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el mayor número de tareas subsecuentes.
3. Ponderación de la posición	De las tareas disponibles, elegir la tarea cuya suma de tiempos para las tareas subsecuentes sea la mayor. (En el ejemplo 4 se observa que la ponderación de la posición de la tarea C = 5(C) + 3(F) + 7(G) + 3(I) = 18, mientras que la ponderación de la posición de la tarea D = 4(D) + 3(F) + 7(G) + 3(I) = 17; por lo tanto, C debe elegirse primero).
4. Tiempo más corto para una tarea (operaciones)	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el tiempo más corto.
5. Menor número de tareas subsecuentes	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el menor número de tareas subsecuentes.

⁵El tiempo del ciclo es el tiempo real que se invierte para completar un paso de la tarea o del proceso. Algunos pasos del proceso pueden ser necesarios para completar el producto. El tiempo takt, que se analizó con anterioridad, está determinado por el cliente y es la velocidad a la cual deben producirse las unidades terminadas para satisfacer la demanda del cliente.

Tiempo del ciclo

Tiempo máximo permitido para que un producto esté en cada estación de trabajo.

(3) ponderación de la posición, (4) tiempo más corto para una tarea, y (5) menor número de tareas subsecuentes. Quizá el lector desee probar algunas de estas técnicas heurísticas para ver cuál genera la “mejor” solución; es decir, el menor número de estaciones de trabajo y la mayor eficiencia. Sin embargo, recuerde que aunque las técnicas heurísticas proporcionan soluciones, no garantizan una solución óptima.

Heurística

Resolución de problemas usando procedimientos y reglas en vez de una optimización matemática.

El ejemplo 4 ilustra un procedimiento sencillo para efectuar el balanceo de líneas.

Ejemplo 4

BALANCEO DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE

Con base en el diagrama de precedencia y en los tiempos de las actividades dados en el ejemplo 3, Boeing determina que se dispone de 480 minutos productivos por día. Incluso, el programa de producción requiere de 40 unidades diarias del componente de ala como producción de la línea de ensamble. La empresa ahora quiere agrupar las tareas en estaciones de trabajo.

MÉTODO ▶ Siguiendo los tres pasos descritos con anterioridad para asignar tareas a las estaciones de trabajo, se calcula el tiempo del ciclo usando la ecuación (9-4) y el número mínimo de estaciones de trabajo empleando la ecuación (9-5), y se asignan tareas a las estaciones de trabajo: en este caso usando la técnica heurística de más tareas subsecuentes.

SOLUCIÓN ▶

$$\begin{aligned} \text{Tiempo del ciclo (en minutos)} &= \frac{480 \text{ minutos}}{40 \text{ unidades}} \\ &= 12 \text{ minutos / por unidad} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Número mínimo de estaciones de trabajo} &= \frac{\text{Tiempo total de las tareas}}{\text{Tiempo del ciclo}} = \frac{65}{12} \\ &= 5.42 \text{ o } 6 \text{ estaciones.} \end{aligned}$$

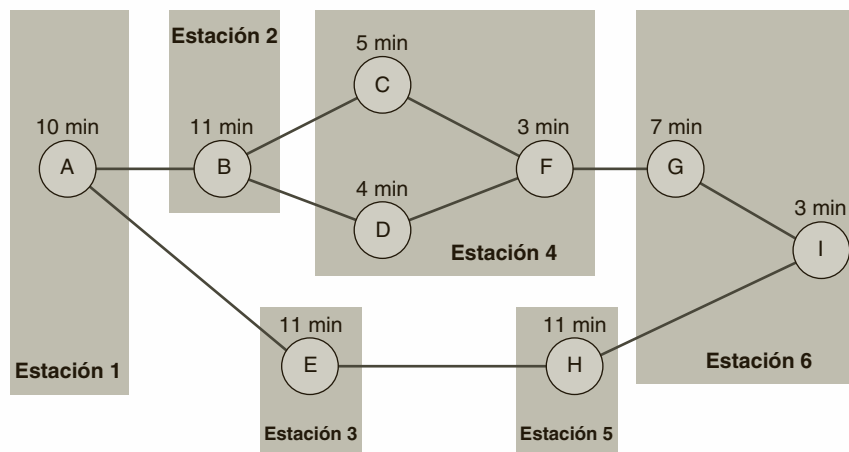
En la figura 9.13 se muestra una solución que no viola los requisitos de secuencia y que agrupa las tareas en seis estaciones. Para obtener esta solución, las actividades con el mayor número de tareas subsecuentes se trasladan a estaciones de trabajo de manera que se use lo más posible el tiempo del ciclo disponible de 12 minutos. La primera estación de trabajo consume 10 minutos y tiene un tiempo de ocio de 2 minutos.

Figura 9.13

Una solución con seis estaciones para el problema de balanceo de línea

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Las tareas C, D y F pueden agruparse en una estación de trabajo, siempre que las instalaciones físicas y los niveles de habilidad satisfagan los requisitos del trabajo.



RAZONAMIENTO ▶ Ésta es una línea de ensamble muy bien balanceada. La segunda y tercera estaciones de trabajo usan 11 minutos. La cuarta estación de trabajo agrupa tres pequeñas tareas y se balancea perfectamente en 12 minutos. La quinta estación tiene 1 minuto de tiempo de ocio y la sexta (consistente en las tareas G e I) tiene 2 minutos de tiempo de ocio por ciclo. El tiempo de ocio total en esta solución es de 7 minutos por ciclo.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si la tarea 1 requiriera de 6 minutos (en vez de 3 minutos), ¿cómo cambiaría esto la solución? Respuesta: el tiempo del ciclo no cambiaría, y el número teórico mínimo de estaciones de trabajo seguiría siendo 6 (redondeando hacia arriba a partir de 5.67), pero se necesitarían 7 estaciones para balancear la línea.

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 9.11, 9.12, 9.13, 9.14, 9.15, 9.16, 9.17, 9.18, 9.19, 9.20, 9.21, 9.22, 9.23.

Se puede calcular la eficiencia del balanceo de una línea dividiendo el tiempo total de las tareas entre el producto del número de estaciones de trabajo requeridas por el tiempo del ciclo asignado (real) de la estación de trabajo *más larga*:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{Tiempos de las tareas}}{(\text{Número real de estaciones de trabajo}) \times (\text{Tiempo de ciclo más grande asignado})} \quad (9-6)$$

Los administradores de operaciones comparan los diferentes niveles de eficiencia para un distinto número de estaciones de trabajo. De esta forma, una empresa puede determinar la sensibilidad de la línea a los cambios en la tasa de producción y en las asignaciones a las estaciones de trabajo.

Ejemplo 5

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA LÍNEA

Boeing debe calcular la eficiencia del balanceo para el ejemplo 4.

MÉTODO ► Se aplica la ecuación (9-6).

SOLUCIÓN ►
$$\text{Eficiencia} = \frac{65 \text{ minutos}}{(6 \text{ estaciones}) \times (12 \text{ minutos})} = \frac{65}{72} = 90.3\%$$

Observe que la apertura de una séptima estación de trabajo, por cualquier razón, reduciría la eficiencia del balanceo al 77.4% (suponiendo que al menos una de las estaciones de trabajo todavía requiere de 12 minutos):

$$\text{Eficiencia} = \frac{65 \text{ minutos}}{(7 \text{ estaciones}) \times (12 \text{ minutos})} = 77.4\%$$

RAZONAMIENTO ► El incremento de la eficiencia puede requerir que algunas tareas se dividan en elementos más pequeños y se reasignen a otras tareas. Lo anterior facilita un mejor balance entre las estaciones de trabajo e implica una eficiencia más alta. Observe que también se puede calcular la eficiencia como $1 - (\% \text{ de tiempo de ocio})$, es decir $[1 - (\text{tiempo de ocio})/(\text{tiempo total en las estaciones de trabajo})]$, donde:

$$\text{Tiempo de ocio} = (\text{Número real de estaciones de trabajo} \times \text{tiempo de ciclo más grande asignado}) - \sum \text{Tiempos de tarea}$$

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿Cuál es la eficiencia si se abre una octava estación de trabajo? (Respuesta: eficiencia = 67.7%).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 9.12f, 9.13c, 9.14f, 9.16c, 9.17b, 9.18b, 9.19e, g.

Los problemas de balanceo de líneas a gran escala, como los grandes problemas de distribución del proceso, se resuelven frecuentemente con computadoras. Existen varios programas de cómputo, como Assembly Line Pro, Proplanner, Timer Pro, Flexible Line Balancing y Promodel, para manejar la asignación de estaciones de trabajo en líneas de ensamble con numerosas actividades. Este software se usa para evaluar los miles, o incluso millones, de combinaciones de estaciones de trabajo posibles con mucha mayor eficiencia de lo que podría lograrse haciéndolo a mano.

Resumen

Las distribuciones establecen una diferencia sustancial en la eficiencia de la operación. Las siete situaciones de distribución analizadas en este capítulo son (1) en oficinas, (2) en tiendas, (3) en almacenes, (4) de posición fija, (5) orientada al proceso, (6) células de trabajo, y (7) orientada al producto. Se ha desarrollado toda una variedad de técnicas para resolver estos problemas de distribución. A menudo, las distribuciones de oficina buscan incrementar al máximo el flujo de información, las tiendas se enfocan en la exposición del producto, y los almacenes intentan optimizar el intercambio entre el espacio de almacenamiento y los costos por manejo de materiales.

El problema de distribución de posición fija intenta disminuir al mínimo los costos por manejo de materiales con la restricción de un espacio limitado en el sitio. Las distribucio-

nes de proceso disminuyen al mínimo las distancias recorridas multiplicadas por el número de viajes. Las distribuciones de producto se enfocan en reducir el desperdicio y el desequilibrio en una línea de ensamble. Las células de trabajo son el resultado de identificar una familia de productos que justifique una configuración especial de maquinaria y equipo para reducir el recorrido del material y ajustar los desequilibrios con personal capacitado en forma cruzada.

A menudo, las características de un problema de distribución física son tan variadas que no es posible encontrar una solución óptima. Por esta razón, aunque las decisiones de distribución han merecido un esfuerzo sustancial en investigación, siguen siendo un tipo de arte.

Términos clave

Almacenamiento aleatorio (p. 364)
Almacenamiento cruzado (p. 363)
Balanceo de la línea de ensamble (p. 374)
Célula de trabajo (p. 370)
Centro de trabajo enfocado (p. 373)
Distribución de almacenes (p. 363)
Distribución de oficinas (p. 359)

Distribución de posición fija (p. 364)
Distribución de tiendas (p. 361)
Distribución orientada al proceso (p. 365)
Entorno de servicio (p. 362)
Fábrica enfocada (p. 373)
Heurística (p. 377)
Línea de ensamble (p. 373)

Línea de fabricación (p. 373)
Lotes de trabajo (p. 366)
Personalización (p. 364)
Tarifas de inserción (p. 362)
Tiempo del ciclo (p. 376)
Tiempo takt (p. 372)

Dilema ético

Aunque sepultadas por la personalización masiva y la proliferación de nuevos productos de numerosos tamaños y variaciones, las cadenas de tiendas de abarrotes siguen buscando incrementar al máximo los beneficios de su distribución. Sus distribuciones incluyen un activo comerciable (el espacio de anaquel) y cobran por él. Este cobro se conoce como tarifa de inserción. Recientemente se ha estimado que los fabricantes de alimentos gastan alrededor del 13% de sus ventas en promociones comerciales, el cual se paga a las tiendas para que realicen las promociones y descuentos de los productos del fabricante. Una parte de estas tarifas es por inserción; pero las tarifas de inserción se incorporan al costo del fabricante. Implican también una desventaja para las compañías pequeñas con productos nuevos, porque estas empresas con recursos limitados pueden ser expulsadas del sitio de mercado. Las cuotas de inserción también pueden significar que los clientes no puedan encontrar nunca más una marca local especial. ¿Qué tan éticas son las tarifas de inserción?



© Image Source/Alamy

Preguntas para análisis

1. ¿Cuáles son las siete estrategias de distribución presentadas en este capítulo?
2. ¿Cuáles son los tres factores que complican la distribución de posición fija?
3. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la distribución del proceso?
4. ¿De qué forma podría un analista obtener datos y determinar el número de viajes en:
 - (a) un hospital?
 - (b) un taller de maquinado?
 - (c) un taller de reparación de automóviles?
5. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la distribución orientada al producto?
6. ¿Cuáles son los cuatro supuestos (o condiciones previas) para establecer la distribución orientada a productos de alto volumen y baja variedad?
7. ¿Cuáles son las formas alternativas de células de trabajo que se analizan en este libro?
8. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las células de trabajo?
9. ¿Cuáles son los requerimientos para que un centro de trabajo enfocado o una fábrica enfocada resulten adecuados?
10. ¿Cuáles son las dos tendencias principales que influyen en la distribución de oficinas?
11. ¿Cuáles son las variables de distribución que usted consideraría muy importantes en la distribución de una oficina donde se escriben programas de cómputo?

12. ¿Qué innovaciones ha notado recientemente en la distribución de las tiendas?
13. ¿Cuáles son las variables que un administrador puede manipular en la distribución de una tienda?
14. Visite un supermercado local y bosqueje su distribución. ¿Cuáles son sus observaciones con respecto a los departamentos y sus ubicaciones?

15. ¿Qué significa almacenamiento aleatorio?
16. ¿Qué información es necesaria para que funcione el almacenamiento aleatorio?
17. Explique el concepto de almacenamiento cruzado.
18. ¿Qué es una técnica heurística? Mencione algunas técnicas heurísticas que puedan usarse en el balanceo de las líneas de ensamble.

Uso de software para resolver problemas de distribución

Además de los muchos paquetes de software comercial que existen para abordar los problemas de distribución, Excel OM y POM para Windows, que acompañan este libro, contienen módulos para resolver los problemas del proceso y del balanceo de las líneas de ensamble.

X USO DE EXCEL OM

Excel OM puede ayudar en la evaluación de una serie de asignaciones de áreas de trabajo a departamentos, como se vio en el caso de Walters Company en el ejemplo 1. El módulo de distribución puede generar una solución óptima por enumeración, o bien, calcular el costo del “movimiento total” para cada distribución analizada. Asimismo, proporciona una calculadora rápida para cada par de flujo-distancia.

En el programa 9.1 se ilustran los datos de entrada en las dos tablas superiores. Primero se introdujeron los flujos de los departamentos, después se proporcionaron las distancias entre las áreas de trabajo. Al introducir las asignaciones de área por ensayo y error en la parte superior izquierda de la tabla superior, los cálculos de los movimientos se generan en la parte inferior de la pantalla. El movimiento total se vuelve a calcular cada vez que se prueba una nueva asignación de áreas. El resultado es que la asignación mostrada es óptima con un movimiento de 430 pies.

P USO DE POM PARA WINDOWS

El módulo de distribución de instalaciones de POM para Windows puede usarse para ubicar hasta 10 departamentos en 10 salas y disminuir al mínimo la distancia total recorrida como una función de las distancias entre las salas y el flujo entre los departamentos. El programa intercambia departamentos hasta que ningún intercambio reduzca la cantidad total de movimiento, lo cual significa que se ha encontrado una solución óptima.

Los módulos de balanceo de líneas de POM para Windows y Excel OM pueden manejar una línea de hasta 99 tareas, cada una con un máximo de seis predecesores inmediatos. En este programa, el tiempo del ciclo se puede introducir como (1) *dado*, si ya se conoce, o (2) ingresando la tasa de *demanda* con el tiempo disponible, como se muestra. Se usan las cinco “reglas heurísticas”: (1) tiempo más largo de operación (tarea), (2) más tareas subsiguientes, (3) ponderación de la posición, (4) tiempo más corto de operación (tarea), y (5) menor número de tareas subsiguientes. Ninguna de las reglas puede garantizar una solución óptima, pero POM para Windows despliega el número de estaciones necesarias para cada regla.

En el apéndice IV, POM para Windows se analiza con más detalle.

Programa 9.1

Uso del módulo de distribución del proceso de Excel OM para resolver el problema de Walters Company presentado en el ejemplo 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Walters Company										
2											
3	Enter the load data and the cost data in the shaded areas. Then either enter the area names into which you want to place each department in the column labeled 'Assigned Work Area' or use the SOLVE button to find the optimal layout.										
4	Layout										
5	Solve										
6	Data										
7	Assigned Work Area	Load Table	Assembly	Painting	Machine	Receiving	Shipping	Testing			
8	Area A	Assembly			50	100				20	
9	Area B	Painting				30	50	10			
10	Area E	Machine					20			100	
11	Area C	Receiving						50			
12	Area F	Shipping									
13	Area D	Testing									
14											
15	Assigned Department	Cost Table	Area A	Area B	Area C	Area D	Area E	Area F			
16	Assembly	Area A		1	2	1	1	1	2		
17	Painting	Area B	1		1	1	1	1	1		
18	Receiving	Area C	2	1		2	1	1	1		
19	Testing	Area D	1	1	2		1	2	2		
20	Machine	Area E	1	1	1	1		1	1		
21	Shipping	Area F	2	1	1	1	1	1	1		
22											
23	Total Cost										430
24											
25	Cost/Movement computations										
26	First Department	Second Department	Loads	First Area	Second Area	Cost	Loads x Cost				
27	Assembly	Assembly	0	Area A	Area A		0	0			
28	Assembly	Painting	50	Area A	Area B	1	50	← = C28*F28			
29	Assembly	Machine	100	Area A	Area E	1	100				
30	Assembly	Receiving	0	Area A	Area C	2	0				

Las columnas A y B juntas contienen todas las combinaciones posibles de 6 por 6 = 36 combinaciones de pares de áreas.

Obtenga las cargas de la tabla de cargas anterior usando = INDEX(\$D\$8:\$I\$13, A28, B28).

Busque el costo como = INDEX(\$D\$16:\$I\$21, D28, E28).

Los cálculos continúan abajo del renglón 30.

Problemas resueltos

PROBLEMA RESUELTO 9.1

Aero Maintenance es una instalación pequeña dedicada al mantenimiento de motores para avión localizada en Wichita, Kansas. Su nueva administradora, Ann Daniel, decidió mejorar el flujo de material en la instalación usando el método de distribución orientada al proceso que estudió en la Universidad Estatal de Wichita. La distribución actual de los ocho departamentos de Aero Maintenance se muestra en la figura 9.14.

La única restricción física que percibió Daniel fue la necesidad de mantener la entrada en su ubicación actual. Todos los demás departamentos pueden trasladarse a un área de trabajo diferente (cada una de 10 pies cuadrados) si el análisis de la distribución indica que algún movimiento pudiera ser benéfico.

Primero, Daniel analiza los registros para determinar el número de movimientos de material entre los departamentos en un mes promedio. Estos datos se muestran en la figura 9.15. Daniel decide

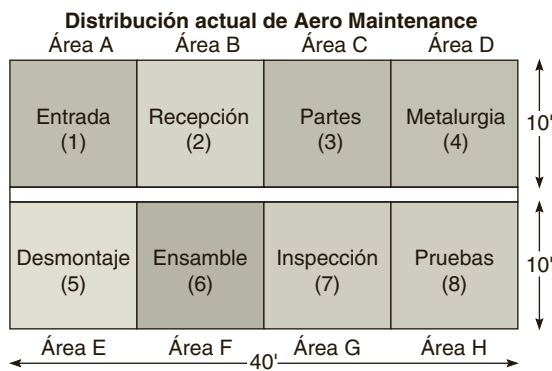


Figura 9.14
Distribución de Aero Maintenance

que su objetivo es distribuir los departamentos de tal forma que se disminuya al mínimo el movimiento total (la distancia recorrida) de material en la instalación. La administradora escribe su objetivo como:

$$\text{Disminuir al mínimo el movimiento de material} = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 X_{ij} C_{ij}$$

donde X_{ij} = número de movimientos de material por mes (cargas o viajes) que van del departamento i al departamento j
 C_{ij} = distancia en pies entre los departamentos i y j (que en este caso es el equivalente al costo de mover la carga entre departamentos).

Observe que ésta es sólo una pequeña modificación de la ecuación objetivo del costo que se mostró antes en este capítulo.

Daniel supone que los departamentos adyacentes, como la entrada (ahora en el área de trabajo A) y la recepción (ahora en el área de trabajo B), tienen una distancia aproximada de 10 pies. También los departamentos ubicados en diagonal se consideran adyacentes y se les asigna una distancia de 10 pies. Los departamentos no adyacentes, como la entrada y partes (ahora en el área C) o la entrada y la inspección (área G), están separados por 20 pies de distancia, y las áreas no adyacentes, como entrada y metalurgia (área D), tienen una separación de 30 pies. (Por lo tanto, 10 pies se consideran 10 unidades de costo, 20 pies son 20 unidades de costo, y 30 pies son 30 unidades de costo).

Con esta información, rediseñe la distribución de Aero Maintenance para mejorar la eficiencia de su flujo de material.

Figura 9.15
Número de movimientos de material (cargas) entre departamentos en un mes

	Entrada (1)	Recepción (2)	Partes (3)	Metalurgia (4)	Desmontaje (5)	Ensamble (6)	Inspección (7)	Pruebas (8)	Departamento
Entrada(1)		100	100	0	0	0	0	0	Entrada(1)
Recepción (2)			0	50	20	0	0	0	Recepción (2)
Partes (3)				30	30	0	0	0	Partes (3)
Metalurgia (4)					20	0	0	20	Metalurgia (4)
Desmontaje (5)						20	0	10	Desmontaje (5)
Ensamble (6)							30	0	Ensamble (6)
Inspección (7)								0	Inspección (7)
Pruebas (8)									Pruebas (8)

(continúa)

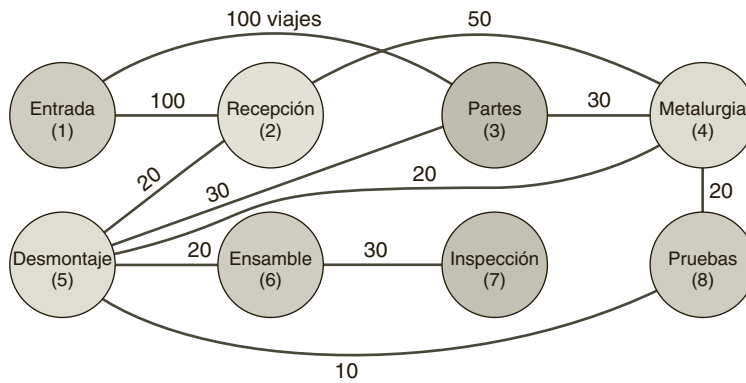
SOLUCIÓN

Primero, establezca la distribución actual de Aero Maintenance, como se muestra en la figura 9.16. Después, analizando la distribución actual, calcule el movimiento de material.

$$\begin{aligned}
 \text{Movimiento total} &= (100 \times 10') + (100 \times 10') + (50 \times 10') + (20 \times 10') \\
 &\quad 1 \text{ a } 2 \quad 1 \text{ a } 3 \quad 2 \text{ a } 4 \quad 2 \text{ a } 5 \\
 &+ (30 \times 10') + (30 \times 20') + (20 \times 10') + (20 \times 20') \\
 &\quad 3 \text{ a } 4 \quad 3 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 8 \\
 &+ (20 \times 10') + (10 \times 10') + (30 \times 10') \\
 &\quad 5 \text{ a } 6 \quad 5 \text{ a } 8 \quad 6 \text{ a } 7 \\
 &= 1000 + 1000 + 500 + 200 + 300 + 600 + 200 \\
 &\quad + 400 + 200 + 100 + 300 \\
 &= 4800 \text{ pies}
 \end{aligned}$$

Figura 9.16

Flujo de material actual



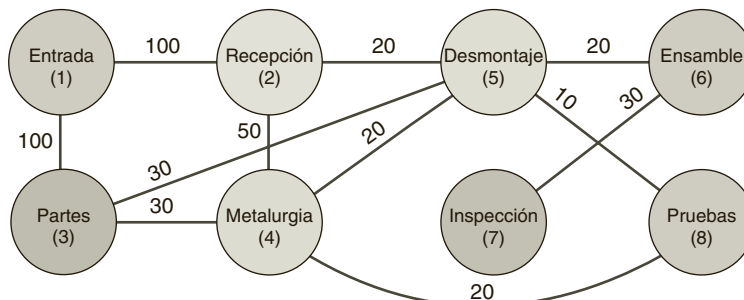
Proponga una nueva distribución que reduzca la cifra de 6700 pies. Dos modificaciones útiles son, por ejemplo, cambiar el departamento 3 por el 5 e intercambiar los departamentos 4 y 6. Este cambio daría como resultado el esquema que se muestra en la figura 9.17.

$$\begin{aligned}
 \text{Movimiento total} &= (100 \times 10') + (100 \times 10') + (50 \times 10') + (20 \times 10') \\
 &\quad 1 \text{ a } 2 \quad 1 \text{ a } 3 \quad 2 \text{ a } 4 \quad 2 \text{ a } 5 \\
 &+ (30 \times 10') + (30 \times 20') + (20 \times 10') + (20 \times 20') \\
 &\quad 3 \text{ a } 4 \quad 3 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 8 \\
 &+ (20 \times 10') + (10 \times 10') + (30 \times 10') \\
 &\quad 5 \text{ a } 6 \quad 5 \text{ a } 8 \quad 6 \text{ a } 7 \\
 &= 1000 + 1000 + 500 + 200 + 300 + 600 + 200 \\
 &\quad + 400 + 200 + 100 + 300 \\
 &= 4800 \text{ pies}
 \end{aligned}$$

¿Podría realizarse alguna mejora adicional?

Figura 9.17

Distribución mejorada



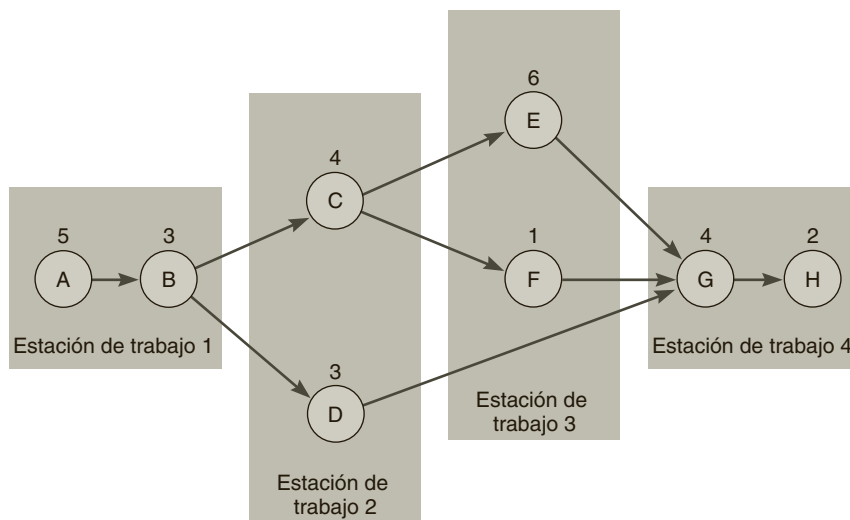
PROBLEMA RESUELTO 9.2

La línea de ensamble cuyas actividades se muestran en la figura 9.18 tiene un tiempo del ciclo de 8 minutos. Dibuje la gráfica de precedencia y encuentre el menor número posible de estaciones de trabajo. Después arregle las actividades en las estaciones de trabajo a fin de balancear la línea. ¿Cuál es la eficiencia de su balanceo de línea?

TAREA	TIEMPO DE EJECUCIÓN (MINUTOS)	TAREA QUE DEBE SEGUIR A ESTA TAREA
A	5	—
B	3	A
C	4	B
D	3	B
E	6	C
F	1	C
G	4	D, E, F
H	2	G
	28	

Figura 9.18

Solución con cuatro estaciones para el problema de balanceo de línea



SOLUCIÓN

El número teórico mínimo de estaciones de trabajo es

$$\frac{\sum t_i}{\text{Tiempo del ciclo}} = \frac{28 \text{ minutos}}{8 \text{ minutos}} = 3.5 \text{ o } 4 \text{ estaciones.}$$

En la figura 9.18 se muestran la gráfica de precedencia y una buena distribución:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo total de la tarea}}{(\text{Número real de estaciones de trabajo}) \times (\text{Tiempo del ciclo más grande asignado})} = \frac{28}{(4)(8)} = 87.5\%$$

Problemas

Nota: **Px** significa que el problema puede resolverse con POM para Windows y/o Excel OM.

•• **9.1** El taller de trabajo de Gordon Miller tiene cuatro áreas de trabajo, A, B, C y D. Las distancias en pies entre los centros de las áreas de trabajo son:

	A	B	C	D
A	—	4	9	7
B	—	—	6	8
C	—	—	—	10
D	—	—	—	—

Las piezas de trabajo movidas, en cantidades de cientos por semana, entre los distintos pares de áreas de trabajo son:

	A	B	C	D
A	—	8	7	4
B	—	—	3	2
C	—	—	—	6
D	—	—	—	—

A Gordon le cuesta \$1 mover 1 pieza de trabajo 1 pie. ¿Cuál es el costo semanal de la distribución por manejo de material? **Px**

•• **9.2** Un taller de trabajo de Missouri tiene cuatro departamentos: maquinado (M), inmersión en un baño químico (I), acabado (A) y revestido (R), asignados a cuatro áreas de trabajo. La administradora de operaciones, Mary Marrs, ha recopilado los siguientes datos acerca de cómo está distribuido este taller de trabajo en la actualidad (Plan A).

**Cientos de piezas de trabajo movidas entre las áreas de trabajo cada año
Plan A**

	M	I	A	R
M	—	6	18	2
I	—	—	4	2
A	—	—	—	18
R	—	—	—	—

Distancia en pies entre las áreas de trabajo (departamentos)

	M	I	A	R
M	—	20	12	8
I	—	—	6	10
A	—	—	—	4
R	—	—	—	—

Mover 1 pieza de trabajo 1 pie en el taller de trabajo cuesta \$0.50. La meta de Marrs es encontrar una distribución que tenga el menor costo por manejo de material.

- Determine el costo de la distribución actual, Plan A, a partir de los datos anteriores.
- Una alternativa consiste en intercambiar los departamentos que tienen cargas altas, es decir, acabado (A) y revestido (R), lo cual altera la distancia entre ellos y maquinado (M) e inmersión (I) de la manera siguiente:

**Distancia en pies entre las áreas de trabajo (departamentos)
Plan B**

	M	I	A	R
M	—	20	8	12
I	—	—	10	6
A	—	—	—	4
R	—	—	—	—

¿Cuál es el costo de esta distribución?

- Marrs ahora quiere que usted evalúe el siguiente plan llamado C, el cual también intercambia a maquinado (M) y perforado (P).

**Distancia en pies entre las áreas de trabajo (departamentos)
Plan C**

	M	I	A	R
M	—	20	10	6
I	—	—	8	12
A	—	—	—	4
R	—	—	—	—

¿Cuál es el costo de esta distribución?

- ¿Cuál distribución es la mejor desde una perspectiva de costo? **Px**

• **9.3** Tres departamentos: esmerilado (E), perforado (P) y aseado (A), se asignan a tres áreas de trabajo en el taller de maquinado de Victor Berardis en Vent, Ohio. El número de piezas de trabajo

movidas al día y la distancia en pies entre los centros de las áreas de trabajo se muestran a continuación.

Piezas movidas entre las áreas de trabajo cada día

	E	P	A
E	—	23	32
P	—	—	20
A	—	—	—

Distancia en pies entre los centros de las áreas de trabajo (departamentos)

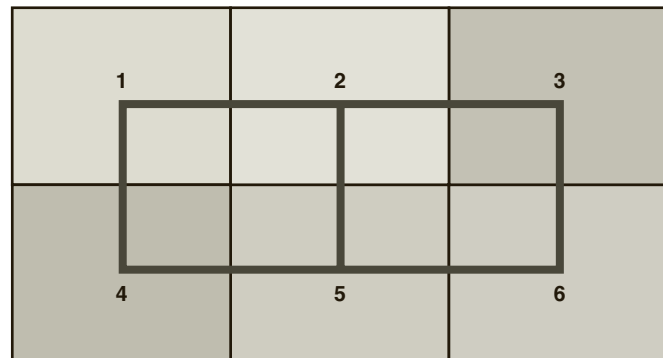
	E	P	A
E	—	10	5
P	—	—	8
A	—	—	—

Mover 1 pieza de trabajo 1 pie cuesta \$2.

¿Cuál es el costo? **Px**

•• **9.4** Roy Creasey Enterprises, un taller de maquinado, planea cambiarse a un lugar nuevo, más grande. El nuevo edificio tendrá 60 pies de largo y 40 de ancho. Creasey visualiza que el edificio tendrá seis áreas de producción distintas, aproximadamente del mismo tamaño. Asume que la seguridad es muy importante y quiere tener señalados las rutas en todo el edificio para facilitar el movimiento de personas y materiales. Vea el siguiente esquema del edificio

Esquema del edificio (con áreas de trabajo 1 a 6)



Su supervisor ha concluido un estudio sobre el número de cargas de material que se han movido de un proceso a otro en el edificio actual durante un mes. Esta información está contenida en la matriz de flujo que se presenta a continuación.

Matriz de flujo entre los procesos de producción

DESDE HASTA	MATERIALES	SOLDA- DURA	TALA- DROS	TORNOS	ESME- RILES	DOBLA- DORAS
Materiales	0	100	50	0	0	50
Soldadura	25	0	0	50	0	0
Taladros	25	0	0	0	50	0
Tornos	0	25	0	0	20	0
Esmeriles	50	0	100	0	0	0
Dobladoras	10	0	20	0	0	0

Por último, Creasey ha desarrollado la siguiente matriz para indicar las distancias entre las áreas de trabajo mostradas en el esquema del edificio.

Distancia entre las áreas de trabajo						
	1	2	3	4	5	6
1		20	40	20	40	60
2			20	40	20	40
3				60	40	20
4					20	40
5						20
6						

Número de viajes entre los centros de trabajo:

Desde:	Hasta:				
	Refrigerador	Mesa	Fregadero	Alacena	Estufa
Refrigerador	1	0	8	13	0
Mesa	2	5	0	3	3
Fregadero	3	3	12	0	4
Alacena	4	3	0	0	0
Estufa	5	0	8	4	10

Figura 9.20(a)

Alternativas de distribución

¿Cuál es la distribución apropiada para el nuevo edificio? **Px**

•• 9.5 Munson Manufacturing, en Gainesville, Florida, quiere disponer sus cuatro centros de trabajo de modo que se disminuyan al mínimo los costos por el manejo de piezas entre sus departamentos. Los flujos y la distribución de instalaciones existente se muestran en la figura 9.19.

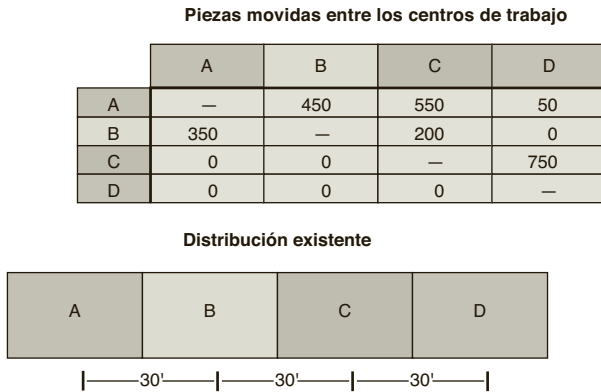


Figura 9.19

Munson Manufacturing

- a) ¿Cuál es la “carga × distancia” o el “costo de movimiento” de la distribución mostrada?
- b) Proporcione una distribución mejorada y calcule su costo de movimiento. **Px**

••• 9.6 Acaba de ser contratado como director de operaciones de Reid Chocolates, un proveedor de dulces muy finos. Reid Chocolates está considerando dos distribuciones de cocina para su departamento de creación de recetas y pruebas. La estrategia es proporcionar la mejor distribución de cocina posible con el propósito de que los ingenieros en alimentos puedan dedicar su tiempo y energía a mejorar los productos, sin desperdiciar su esfuerzo en la cocina. Le han pedido que evalúe las dos distribuciones de cocina siguientes y prepare una recomendación para su jefe, el señor Reid, para que él pueda autorizar el contrato de construcción de las cocinas. [Vea las figuras 9.20(a) y 9.20(b)]. **Px**

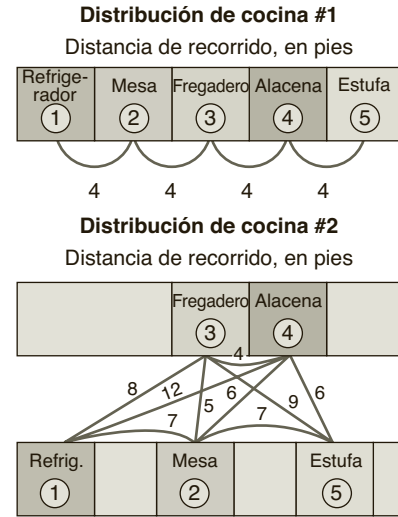
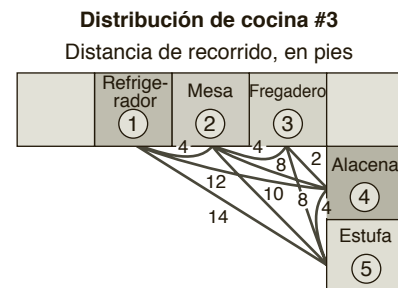


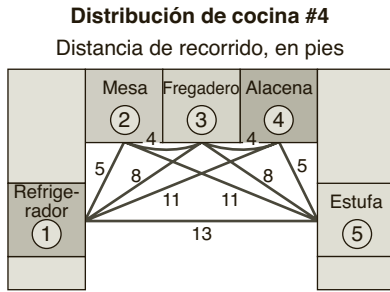
Figura 9.20(b)

••• 9.7 Reid Chocolates (vea el problema 9.6) está considerando una tercera distribución, como se muestra enseguida. Evalúe su efectividad de acuerdo con la distancia recorrida en pies. **Px**

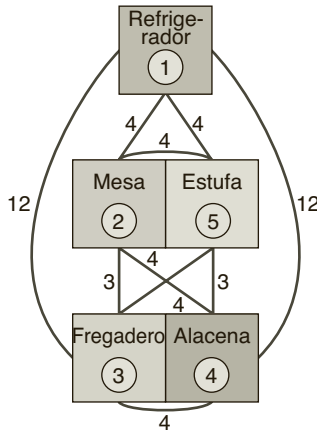


••• 9.8 Reid Chocolates (vea los problemas 9.6 y 9.7) tiene dos distribuciones más por considerar.

- a) La distribución 4 que se muestra a continuación. ¿Cuál es la distancia total del recorrido?
- b) La distribución 5, que también se presenta enseguida, ¿qué distancia total del recorrido tiene?



Distribución de cocina #5
Distancia de recorrido, en pies



•• 9.9 Seis procesos deben ubicarse en seis áreas localizadas a lo largo de un corredor en Rita Gibson Accounting Services en Daytona Beach. La distancia entre los centros de trabajo adyacentes es de 40 pies. El número de viajes entre los centros de trabajo se da en la tabla siguiente:

DESDE	VIAJES ENTRE PROCESOS					
	HACIA					
	A	B	C	D	E	F
A		18	25	73	12	54
B			96	23	31	45
C				41	22	20
D					19	57
E						48
F						

- a) Asigne los procesos a las áreas de trabajo, de manera que se disminuya al mínimo el flujo total, mediante un método que coloque las áreas con mayor flujo como adyacentes entre sí.
- b) ¿Qué asignación disminuye al mínimo el flujo de tráfico total? **Px**

•• 9.10 Después de realizar un extenso análisis de producto usando la tecnología de grupos, Leon Bazil ha identificado un producto que considera debe sacarse de su instalación de proceso y manejarse en una célula de trabajo. Leon ha identificado las siguientes operaciones necesarias para la célula de trabajo. El cliente espera la entrega de 250 unidades al día, y la jornada de trabajo es de 420 minutos.

- a) ¿Cuál es el tiempo takt?
- b) ¿Cuántos empleados deben capacitarse en forma cruzada para integrar la célula?
- c) ¿Cuáles operaciones pueden requerir una consideración especial?

OPERACIÓN	TIEMPO ESTÁNDAR (min)
Corte	1.1
Doblado	1.1
Soldadura	1.7
Limpieza	3.1
Pintura	1.0

•• 9.11 Stanford Rosenberg Electronics quiere establecer una línea de ensamble para producir un nuevo artículo, el Asistente Personal Digital (PDA). Las tareas, los tiempos de las tareas y los predecesores inmediatos para las tareas se muestran en la tabla siguiente:

TAREA	TIEMPO (seg)	PREDECESORES INMEDIATOS
A	12	—
B	15	A
C	8	A
D	5	B, C
E	20	D

La meta de Rosenberg es producir 180 PDA por hora.

- a) ¿Cuál es el tiempo del ciclo?
- b) ¿Cuál es el mínimo teórico para el número de estaciones de trabajo que Rosenberg puede lograr en esta línea de ensamble?
- c) ¿En realidad puede alcanzarse el mínimo teórico cuando se asignan estaciones de trabajo? **Px**

••• 9.12 Illinois Furniture, Inc., produce todo tipo de muebles para oficina. La “secretarial ejecutiva” es una silla diseñada usando ergonomía que ofrece comodidad durante largas horas de trabajo. La silla se vende en \$130. Hay 480 minutos disponibles durante el día y la demanda diaria promedio ha sido de 50 sillas. Existen ocho tareas:

TAREA	TIEMPO DE EJECUCIÓN (min)	TAREA QUE DEBE SEGUIR A LA TAREA ENLISTADA ABAJO
A	4	—
B	7	—
C	6	A, B
D	5	C
E	6	D
F	7	E
G	8	E
H	6	F, G

- a) Dibuje un diagrama de precedencia para esta operación.
- b) ¿Cuál es el tiempo del ciclo para esta operación?
- c) ¿Cuál es el número mínimo *teórico* de estaciones de trabajo?
- d) Asigne las tareas a las estaciones de trabajo.
- e) ¿Cuál es el tiempo de ocio por ciclo?
- f) ¿Cuánto tiempo de ocio total está presente en un turno de 8 horas?
- g) ¿Cuál es la eficiencia de la línea de ensamble, dada su respuesta en (d)? **Px**

•• **9.13** Sue Helms Appliances quiere establecer una línea de ensamble para producir su nuevo producto, el horno de microondas Micro Popcorn Popper. La meta es producir cinco Poppers por hora. Las tareas, los tiempos de las tareas y los predecesores inmediatos para la producción de un Micro Popcorn Popper se muestran en la tabla siguiente:

TAREA	TIEMPO (min)	PREDECESORES INMEDIATOS
A	10	—
B	12	A
C	8	A, B
D	6	B, C
E	6	C
F	6	D, E

- a) ¿Cuál es el mínimo *teórico* para el número más pequeño de estaciones de trabajo que Helms puede lograr en esta línea de ensamble?
- b) Grafique la línea de ensamble y asigne trabajadores a las estaciones de trabajo. ¿Puede asignarlos con el mínimo teórico?
- c) ¿Cuál es la eficiencia de su asignación? **Px**

•• **9.14** The Action Toy Company decidió fabricar un nuevo juego de tren cuya producción se divide en seis pasos. La demanda para el tren es de 4800 unidades por semana de trabajo de 40 horas:

TAREA	TIEMPO DE EJECUCIÓN (seg)	PREDECESORES
A	20	Ninguno
B	30	A
C	15	A
D	15	A
E	10	B, C
F	30	D, E

- a) Dibuje un diagrama de precedencia para esta operación.
- b) Dada la demanda, ¿cuál es el tiempo del ciclo para esta operación?
- c) ¿Cuál es el número mínimo *teórico* de estaciones de trabajo?
- d) Asigne las tareas a las estaciones de trabajo.
- e) ¿Cuánto tiempo de ocio total hay en cada ciclo?
- f) ¿Cuál es la eficiencia global de la línea de ensamble con cinco estaciones?, ¿y con seis estaciones? **Px**

•• **9.15** La tabla siguiente detalla las tareas necesarias para que Frank Pianki Industries, con sede en Indiana, fabrique una aspiradora industrial completamente portátil. En la tabla, los tiempos se dan en minutos. Los pronósticos de la demanda indican la necesidad de operar con un tiempo del ciclo de 10 minutos.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	PREDECESORES INMEDIATOS	TIEMPO
A	Integrar llantas al tambor	—	5
B	Integrar el motor a la tapa	—	1.5
C	Integrar el paquete de la batería	B	3
D	Integrar el interruptor de seguridad	C	4
E	Integrar filtros	B	3
F	Integrar la tapa al tambor	A, E	2
G	Ensamble de aditamentos	—	3
H	Prueba de funcionamiento	D, F, G	3.5
I	Inspección final	H	2
J	Empaque	I	2

- a) Dibuje el diagrama de precedencia adecuado para esta línea de producción.
- b) Asigne las tareas a las estaciones de trabajo y determine cuánto tiempo de ocio existe en cada ciclo.
- c) Analice cómo podría mejorarse este balanceo hasta el 100%.
- d) ¿Cuál es el número mínimo *teórico* de estaciones de trabajo? **Px**

•• **9.16** Tailwind, Inc., produce zapatos de alta calidad pero caros para el entrenamiento de corredores. El zapato Tailwind, que se vende en \$210, tiene dos compartimientos de relleno, con gas y con líquido, para brindar más estabilidad y proteger mejor la rodilla, el pie y la espalda contra lesiones. La fabricación de estos zapatos requiere 10 tareas separadas. Se tienen 400 minutos diarios disponibles en planta para la manufactura de los zapatos. La demanda diaria es de 60 pares. La información sobre las tareas es la siguiente:

TAREA	TIEMPO DE EJECUCIÓN (min)	TAREA QUE DEBE SEGUIR A LA TAREA ENLISTADA ABAJO
A	1	—
B	3	A
C	2	B
D	4	B
E	1	C, D
F	3	A
G	2	F
H	5	G
I	1	E, H
J	3	I

- a) Dibuje el diagrama de precedencia.
- b) Asigne las tareas para el número factible mínimo de estaciones de trabajo de acuerdo con la regla de decisión de la “ponderación de la posición”.
- c) ¿Cuál es la eficiencia del proceso que completó en el inciso (b)?
- d) ¿Cuál es el tiempo de ocio por ciclo? **Px**

•• **9.17** El Mach 10 es un velero de una plaza diseñado para navegar en el océano y fabricado por Creative Leisure. La planta de ensamble final se encuentra en Cupertino, California, y por ahora dispone de 200 minutos cada día para la manufactura del Mach 10. (El resto del tiempo se ocupa en la fabricación de otros productos). La demanda diaria es de 60 botes. Dada la información incluida en la tabla de la siguiente página:

- a) Dibuje el diagrama de precedencia y asigne tareas usando cinco estaciones de trabajo.

- b) ¿Cuál es la eficiencia de esta línea de ensamble? Utilice su respuesta al inciso (a).
- c) ¿Cuál es el número mínimo teórico de estaciones de trabajo?
- d) ¿Cuál es el tiempo de ocio por bote producido? **Px**

TAREA	TIEMPO DE EJECUCIÓN (min)	TAREA QUE DEBE SEGUIR A LAS TAREAS ENLISTADAS ABAJO
A	1	—
B	1	A
C	2	A
D	1	C
E	3	C
F	1	C
G	1	D, E, F
H	2	B
I	1	G, H



© Alex Segre/Alamy

- **9.18** Debido a la alta demanda esperada del Mach 10, Creative Leisure decidió aumentar el tiempo disponible de manufactura para producirlo (vea el problema 9.17).
 - a) Si la demanda permanece igual y se dispusiera de 300 minutos cada día, ¿cuántas estaciones de trabajo se necesitarían?
 - b) ¿Cuál sería la eficiencia del nuevo sistema usando el número real de estaciones de trabajo del inciso (a)?
 - c) ¿Cuál sería el impacto en el sistema si se dispusiera de 400 minutos? **Px**
- **9.19** La doctora Lori Baker, administradora de operaciones de Nesa Electronics, se enorgullece de su excelente balanceo practicado en la línea de ensamble. Se le comunicó que la empresa debe completar 96 instrumentos por cada jornada de 24 horas. Las actividades de la línea de ensamble son:

TAREA	TIEMPO (min)	PREDECESORES
A	3	—
B	6	—
C	7	A
D	5	A, B
E	2	B
F	4	C
G	5	F
H	7	D, E
I	1	H
J	6	E
K	<u>4</u> 50	G, I, J

- a) Dibuje el diagrama de precedencia.
 - b) Si la tasa de producción diaria (24 horas) es de 96 unidades, ¿cuál es el mayor tiempo del ciclo permisible?
 - c) Si el tiempo del ciclo después de las holguras es de 10 minutos, ¿cuál es la tasa de producción diaria (24 horas)?
 - d) Con un tiempo del ciclo de 10 minutos, ¿cuál es el número mínimo teórico de estaciones de trabajo con el que la línea se puede balancear?
 - e) Con un tiempo del ciclo de 10 minutos y seis estaciones de trabajo, ¿cuál es la eficiencia?
 - f) ¿Cuál es el tiempo de ocio total por ciclo con un tiempo del ciclo de 10 minutos y seis estaciones de trabajo?
 - g) ¿Cuál es la mejor asignación de estaciones de trabajo que puede hacer usted sin exceder los 10 minutos de tiempo del ciclo y cuál es su eficiencia? **Px**
- **9.20** Suponga que los requerimientos de producción del problema resuelto 9.2 (vea la página 383) se incrementan y requieren una reducción en el tiempo del ciclo de 8 a 7 minutos. Balancee la línea otra vez, usando el nuevo ciclo de tiempo. Observe que no es posible combinar los tiempos de tareas de forma que se agrupen en el número mínimo de estaciones de trabajo. Esta condición ocurre en los problemas de balanceo con bastante frecuencia. **Px**
 - **9.21** El examen físico de inducción previa en las fuerzas armadas estadounidenses comprende las siguientes siete actividades:

ACTIVIDAD	TIEMPO PROMEDIO (min)
Historial clínico	10
Análisis de sangre	8
Examen de los ojos	5
Medidas (peso, estatura, presión arterial)	7
Examen médico	16
Entrevista psicológica	12
Salida de la evaluación médica	10

- Estas actividades se pueden realizar en cualquier orden, con dos excepciones: el historial clínico debe hacerse primero y la salida de la evaluación médica al final. En este momento hay tres paramédicos y dos médicos de guardia en cada turno. Sólo los médicos pueden realizar las evaluaciones de salida y llevar a cabo las entrevistas psicológicas. Las otras actividades pueden realizarlas tanto médicos como paramédicos.
- a) Desarrolle una distribución y balancee la línea.
 - b) ¿Cuántas personas pueden procesarse por hora?

- c) ¿A qué actividad se debe el cuello de botella actual?
- d) ¿Cuál es el tiempo de ocio total por ciclo?
- e) Si fuera posible agregar un médico y un paramédico, ¿cómo volvería a dibujar la distribución?, ¿cuál sería el nuevo nivel de producción?

*** 9.22 La compañía de Samuel Smith quiere establecer una línea de ensamble para fabricar su nuevo producto, el teléfono iStar. La meta de Samuel es producir 60 iStar por hora. Las tareas, los tiempos de las tareas y los predecesores inmediatos se muestran en la tabla siguiente:

TAREA	TIEMPO (seg)	PREDECESORES INMEDIATOS	TAREA	TIEMPO (seg)	PREDECESORES INMEDIATOS
A	40	—	F	25	C
B	30	A	G	15	C
C	50	A	H	20	D, E
D	40	B	I	18	F, G
E	6	B	J	30	H, I

- a) ¿Cuál es el mínimo teórico para el número más pequeño de estaciones de trabajo que Samuel puede lograr en esta línea de ensamble?
- b) Use la técnica heurística de *más tareas precedentes* para balancear una línea de ensamble para el teléfono iStar.
- c) ¿Cuántas estaciones de trabajo corresponden a su respuesta del inciso (b)?
- d) ¿Cuál es la eficiencia de su respuesta al inciso (b)? **Px**

**** 9.23 Mientras Cottrell Bicycle Co. de St. Louis termina los planes para su nueva línea de ensamble, identifica 25 tareas diferen-

tes en el proceso de producción. El vicepresidente de operaciones, Jonathan Cottrell, ahora se enfrenta a la tarea de balancear la línea. Hace una lista de las precedencias y proporciona las estimaciones de tiempo para cada paso con base en las técnicas de muestreo de trabajo. Su meta es producir 1000 bicicletas durante una semana de trabajo estándar de 40 horas.

TAREA	TIEMPO (seg)	TAREAS PREDECESORAS	TAREA	TIEMPO (seg)	TAREAS PREDECESORAS
K3	60	—	E3	109	F3
K4	24	K3	D6	53	F4
K9	27	K3	D7	72	F9, E2, E3
J1	66	K3	D8	78	E3, D6
J2	22	K3	D9	37	D6
J3	3	—	C1	78	F7
G4	79	K4, K9	B3	72	D7, D8, D9, C1
G5	29	K9, J1	B5	108	C1
F3	32	J2	B7	18	B3
F4	92	J2	A1	52	B5
F7	21	J3	A2	72	B5
F9	126	G4	A3	114	B7, A1, A2
E2	18	G5, F3			

- a) Balancee esta operación usando varias técnicas heurísticas. ¿Cuál es la mejor y por qué?
- b) ¿Qué pasa si la empresa puede cambiar la semana de trabajo a 41 horas? **Px**

ESTUDIOS DE CASO

★ Renovación de la licencia de manejo estatal

Henry Coupe, administrador de operaciones de la sucursal metropolitana del departamento de vehículos automotores del estado, intentó analizar las operaciones necesarias para la renovación de licencias de manejo. Tuvo que realizar varios pasos. Después de analizar el proceso, identificó esos pasos y los tiempos necesarios para ejecutar cada uno de ellos, como se muestra en la tabla siguiente:

Tiempos de proceso para la renovación de licencias de manejo estatales

PASO	TIEMPO PROMEDIO DE REALIZACIÓN (seg)
1. Revisar que la solicitud de renovación esté correcta	15
2. Procesar y registrar el pago	30
3. Revisar el archivo de infracciones y restricciones	60
4. Realizar examen de la vista	40
5. Fotografiar al solicitante	20
6. Emitir una licencia temporal	30

Coupe encontró que cada paso estaba asignado a una persona distinta. Cada solicitud era un proceso que se realizaba por separado en la secuen-

cia mostrada. Determinó que su oficina debía prepararse para una demanda máxima de procesamiento de 120 solicitudes de renovación por hora.

Observó que el trabajo estaba dividido de manera desigual entre los funcionarios, y que quien revisaba las infracciones tendía a abreviar su tarea para seguir el ritmo de los otros. Durante los periodos de máxima demanda se formaban grandes filas.

Coupe también encontró que los pasos 1 a 4 estaban manejados por empleados generales a quienes se les pagaba \$12 por hora. El paso 5 lo realizaba un fotógrafo cuyo salario era de \$16 la hora. (Las sucursales pagaban \$10 por hora por cada cámara que tomara fotos). De acuerdo con la política del estado, el paso 6, la emisión de licencias temporales, debían realizarlo oficiales uniformados del departamento de vehículos automotores. Estos oficiales ganaban \$18 por hora, pero se les podía asignar cualquier trabajo excepto fotografía.

Una revisión de los trabajos mostró que el paso 1, revisión de las solicitudes, debía hacerse antes de realizar cualquier otro paso. De manera semejante, el paso 6, emisión de licencias temporales, tampoco podía realizarse sin antes haber concluido el resto de los pasos.

Henry Coupe estaba sometido a una presión severa por aumentar la productividad y disminuir los costos, asimismo, el director regional le había indicado que debía satisfacer la demanda de las renovaciones; de no hacerlo, “comenzarían a rodar cabezas”.

Preguntas para análisis

1. ¿Cuál es el número máximo de solicitudes que pueden manejarse por hora con la configuración actual del proceso?
2. ¿Cuántas solicitudes se procesarán por hora si se agrega un segundo funcionario para revisar las infracciones?
3. Si el segundo funcionario pudiera agregarse en cualquier sitio que usted elija (y no necesariamente para revisar infracciones, como en la pregunta

- 2), ¿cuál es el número máximo de solicitudes que puede manejar el proceso?
4. ¿Qué modificaciones al proceso sugeriría para procesar 120 solicitudes por hora?, ¿cuál es el costo por solicitud de esta nueva configuración?

Fuente: Modificado con base en un caso de W. Earl Sasser, Paul R. Olson y D. Daryl Wyckoff, *Management of Services Operations: Text, Cases, and Readings* (Boston: Allyn & Bacon).

★ **Distribución de la nueva instalación del hospital Arnold Palmer**



Cuando el hospital Arnold Palmer comenzó sus planes de crear un nuevo hospital con 273 camas y 11 pisos enfrente de su instalación existente, la cual se encontraba cerca del límite en términos de capacidad, inició un proceso masivo de planeación. El edificio de 100 millones de dólares, que abrió en 2006, tardó en llegar, de acuerdo con la directora ejecutiva Kathy Swanson. “Iniciamos el hospital Arnold Palmer en 1989, con la misión de proporcionar servicios de calidad a niños y mujeres en un entorno confortable y familiar. Desde entonces hemos atendido bien a más de 1.5 millones de mujeres y niños, y ahora traemos al mundo a más de 12 000 niños al año. En 2001, simplemente fuimos superados, y era tiempo de crecer.

El diseño circular único del nuevo hospital proporciona una distribución con la máxima eficiencia en todas las áreas del hospital, creando un ambiente centrado en los pacientes. Las características del diseño del entorno de servicio incluyen un ambiente sereno creado mediante el uso de colores cálidos, habitaciones privadas con camas desplegables Murphy para los miembros de la familia, techos a 14 pies de altura, e iluminación natural con grandes ventanas en las habitaciones de los pacientes. Pero no fue fácil obtener estas características radicalmente nuevas. “Este concepto circular con un área central de enfermería y habitaciones en forma de rebanada de pastel fue el resultado de más de 1000 reuniones de planeación de 35 grupos de usuarios, extensos estudios de tiempos y movilización, y simulaciones en computadora de los movimientos diarios de las enfermeras”, dice Swanson.

En una distribución lineal de hospital tradicional, llamada diseño de *pista de carreras*, las habitaciones de los pacientes se alinean en largos pasillos, y

una enfermera podría caminar unas 2.7 millas al día atendiendo las necesidades de los pacientes en el Arnold Palmer. “Algunas enfermeras pasan el 30% de su tiempo tan sólo caminando. Con el déficit de enfermeras y el alto costo de los profesionales del cuidado de la salud, la eficiencia es una de las preocupaciones principales”, agrega Swanson. Con la estación de enfermeras situada en el centro de las áreas circulares que incluyen entre 10 y 12 camas, ninguna habitación queda a más de 14 pies. Los ahorros de tiempo están en el rango del 20%. Swanson señaló las figuras 9.21 y 9.22 como ejemplos de las distancias de recorrido antiguas y nuevas.*

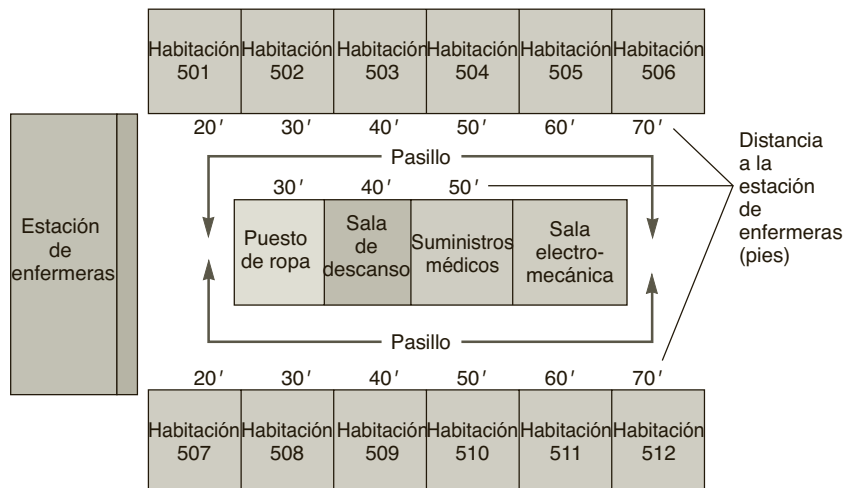
“Hemos rediseñado por completo nuestras salas neonatales”, dice Swanson. “En el sistema antiguo, había 16 camas neonatales en una gran sala rectangular, que a menudo era ruidosa. El nuevo edificio cuenta con recintos semiprivados para estos pequeños bebés. Estas habitaciones son mucho mejores ahora, con más privacidad y tranquilidad, atmósfera nocturna simulada, además de camas desplegables para uso de los padres. Nuestra investigación muestra que los bebés mejoran y se desarrollan más rápidamente con este diseño de distribución. El entorno y la distribución impactan de verdad la salud de los pacientes de una manera favorable”.

*Las distancias de la distribución y de recorrido, incluyendo algunos de los números de las figuras 9.21 y 9.22, se han simplificado para los propósitos de este caso.

Figura 9.21

Distribución tradicional de hospital

Las habitaciones de los pacientes se encuentran en dos pasillos lineales con ventanas hacia el exterior. Las habitaciones de suministros están en los corredores interiores. Esta distribución se denomina diseño de “pista de carreras”.



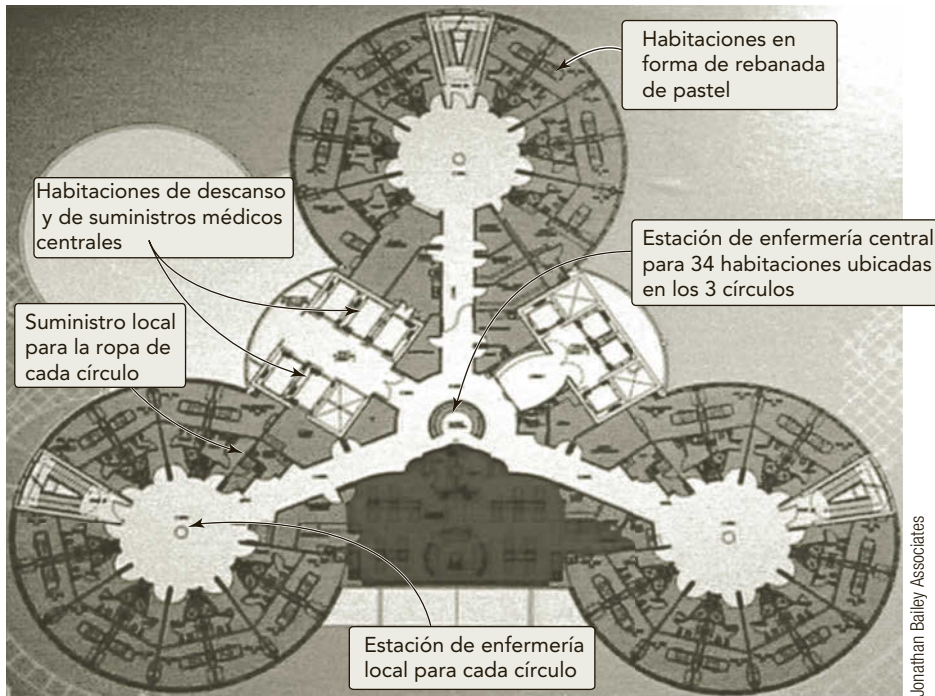


Figura 9.22

Nuevo diseño circular para la distribución del hospital

Observe que cada habitación está a 14 pies de la estación de enfermería local del círculo. Las salas de descanso y la estación médica central están cada una a unos 60 pies de la enfermería local. Las salas de suministro de ropa también están a 14 pies de la estación local de enfermería.

Preguntas para análisis*

1. Identifique las diferentes variables que debe considerar un hospital al diseñar su distribución.
2. ¿Cuáles son las ventajas del diseño circular sobre la distribución de pasillo lineal tradicional que se encuentra en la mayoría de los hospitales?
3. En la figura 9.21 se ilustra una distribución lineal de muestra. Durante un periodo de observación aleatoria, el día del enfermero Thomas Smith incluye 6 viajes de la estación de enfermería a la habitación de cada uno de los 12 pacientes (ida y vuelta), 20 viajes a la habitación de suministros médicos, 5 viajes a la sala de descanso, y 12 viajes a la sala de suministro de ropa. ¿Cuál es la distancia total recorrida en millas?
4. En la figura 9.22 se ilustra el dibujo arquitectónico del nuevo sistema circular del hospital Arnold Palmer. Si la jornada de la enfermera Susan

5. Jones incluye 7 viajes del puesto de enfermería a cada una de las 12 habitaciones (ida y vuelta), 20 viajes al centro de suministros médicos, 6 viajes a la sala de descanso, y 12 viajes al puesto de suministro de ropa, ¿cuántas millas camina durante su turno? ¿Cuáles son las diferencias detectadas en los tiempos de recorrido entre los dos enfermeros para este día aleatorio?
5. En este capítulo se analiza el concepto de entornos del servicio. Describa por qué es tan importante este concepto en el hospital Arnold Palmer y dé ejemplos de su uso en el diseño de la distribución.

*Quizá desee ver el video que complementa el presente caso antes de responder a estas preguntas.

★ **Distribución de las instalaciones en Wheeled Coach**

Caso en video

Cuando el presidente Bob Collins comenzó su carrera en Wheeled Coach, la fábrica más grande de ambulancias en el mundo, sólo había unos cuantos empleados. La fuerza de trabajo de la planta ubicada en Florida consta ahora de 350 personas. La planta física también ha crecido, más oficinas, investigación y desarrollo, ensamble final, y células de trabajo para el cableado, los gabinetes y la tapicería en un edificio grande. El crecimiento obligó a que la célula de trabajo de pintura se instalara en otro edificio, la fabricación de la carrocería de aluminio y su instalación en otro más, la inspección y el embarque en un cuarto edificio, y en un quinto edificio el almacén.

Igual que muchas otras compañías en crecimiento, Wheeled Coach no pudo diseñar sus instalaciones desde la nada. Si bien la administración sabe que los costos por manejo de materiales son un poco más altos de lo que po-

drían ser con una distribución ideal, Collins está complacido con la forma en la que han evolucionado las instalaciones y la adaptación de los empleados. La célula de trabajo encargada del corte de aluminio se encuentra junto a la fabricación de carrocerías que, a su vez, se localiza junto a la célula de trabajo implementada para la instalación de carrocerías. Y aunque el vehículo debe llevarse a un edificio ubicado en la acera de enfrente para la pintura y después a otro para su ensamble final, por lo menos la ambulancia está sobre ruedas. Collins también está satisfecho con la flexibilidad que muestra el diseño de las células de trabajo. La construcción por células es flexible y se ajusta a los cambios ocurridos en la mezcla de productos y en el volumen. Además, las células de trabajo casi siempre son pequeñas y móviles, con muchos bancos de trabajo y gabinetes con ruedas para poder reacomodarlos con facilidad y transportar los productos a la línea de ensamble.

El balanceo de la línea de ensamble es un problema clave que enfrenta Wheeled Coach y todo fabricante con trabajos repetitivos. Producidas con una programación basada en cuatro días de trabajo semanales de 10 horas, una vez que la ambulancia llega a una de las seis líneas de ensamble final debe seguir avanzando cada día a la siguiente estación de trabajo. Balancear los trabajadores suficientes y las tareas requeridas en cada una de las siete estaciones de trabajo es un desafío sin fin. Si hay demasiados trabajadores en la línea, terminan estorbándose; si hay muy pocos, no pueden terminar una ambulancia en siete días. La modificación constante del diseño y de la mezcla, y el análisis de mejoras, han conducido a cambios frecuentes.

Preguntas para análisis*

1. ¿Cuáles son las técnicas analíticas disponibles para ayudar a las compañías como Wheeled Coach a manejar los problemas de distribución?
2. ¿Qué sugerencias le haría a Bob Collins acerca de su distribución?
3. ¿Cómo mediría la “eficiencia” de esta distribución?

*Quizá desee ver el video que complementa el presente caso antes de responder a estas preguntas.

Capítulo 9 Repaso rápido

Título principal Repaso del material

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LAS DECISIONES DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES (p. 358)	<p>La distribución de instalaciones tiene numerosas implicaciones estratégicas, puesto que establece las prioridades competitivas de una organización con respecto a su capacidad, sus procesos, su flexibilidad y su costo, así como la calidad de vida laboral, el contacto con el cliente y la imagen.</p> <p><i>El objetivo de la estrategia de distribución es el desarrollo de una distribución eficaz y eficiente que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa.</i></p>	
TIPOS DE DISTRIBUCIÓN (pp. 358-359)	<p>Los tipos de distribución y los ejemplos de sus objetivos típicos incluyen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Diseño de oficinas</i>: ubicar cerca a los trabajadores que requieren estar en contacto frecuente. 2. <i>Distribución de tiendas</i>: exponer a los clientes a productos de alta rentabilidad. 3. <i>Distribución del almacén</i>: balancear el almacenamiento de bajo costo con el manejo de materiales de bajo costo. 4. <i>Distribución de posición fija</i>: mover material a las áreas de almacenamiento limitado alrededor del sitio. 5. <i>Distribución orientada al proceso</i>: manejar el flujo de material variable para cada producto. 6. <i>Distribución de células de trabajo</i>: identificar una familia de productos, construir equipos y capacitar a los miembros del equipo en forma cruzada. 7. <i>Distribución orientada al producto</i>: igualar el tiempo de tarea en cada estación de trabajo. 	
DISTRIBUCIÓN DE OFICINAS (pp. 359-361)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Distribución de oficinas —Agrupamiento de los trabajadores, sus equipos y espacios/oficinas a fin de proporcionar comodidad, seguridad y movimiento de información. <p>Una <i>gráfica de relación</i> muestra un “valor de proximidad” entre cada par de personas y departamentos que deben ser ubicados en la distribución de la oficina.</p>	
DISTRIBUCIÓN DE TIENDAS (pp. 361-362)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Distribución de tiendas —Un enfoque que aborda el flujo, asigna espacio y responde al comportamiento de los clientes. <p>Las distribuciones de tiendas se basan en la idea de que las ventas y la rentabilidad varían directamente con la exposición del cliente a los productos. El <i>objetivo principal del diseño de tiendas es incrementar al máximo la rentabilidad por pie cuadrado de espacio en piso</i> (o, en algunas tiendas, por pie lineal de espacio en los anaqueles).</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Tarifa de inserción —Cuotas que pagan los fabricantes a fin de conseguir espacio para sus productos en los anaqueles. ■ Entorno de servicio —El medio físico en el que un servicio se lleva a cabo y cómo afecta a los clientes y empleados. 	
DISTRIBUCIONES DE ALMACENES Y ALMACENAMIENTO (pp. 363-364)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Distribución de almacén —Un diseño que intenta disminuir al mínimo el costo total de los intercambios entre el espacio y el manejo de materiales. <p>La variedad de productos almacenados y el número de elementos “recogidos” tiene relación directa con el diseño óptimo. La administración de almacenes moderna suele ser un procedimiento automatizado con <i>sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados</i> (ASRS).</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Almacenamiento cruzado —Evita la colocación de materiales o suministros en almacenamiento, porque los procesa en cuanto los recibe, para su posterior envío. <p>El almacenamiento cruzado requiere tanto una programación estricta como una identificación precisa del producto entrante.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Almacenamiento aleatorio —Se usa en los almacenes para colocar los artículos donde haya una ubicación abierta. ■ Personalización —Utilización del almacenamiento para agregar valor a un producto a través de la modificación, reparación, etiquetado y embalaje de sus componentes. 	
DISTRIBUCIÓN DE POSICIÓN FIJA (pp. 364-365)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Distribución de posición fija —Un sistema que aborda los requisitos de distribución de proyectos estacionarios. <p>Las distribuciones de posición fija implican tres complicaciones: (1) el espacio es limitado en casi todos los sitios, (2) se necesitan diferentes materiales en diferentes etapas de un proyecto, y (3) el volumen necesario de materiales es dinámico.</p>	
DISTRIBUCIÓN ORIENTADA AL PROCESO (pp. 365-369)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Distribución orientada al proceso —Una distribución que trata con producción de bajo volumen y alta variedad, donde las máquinas y los equipos similares se agrupan. ■ Lotes de trabajo —Grupos o lotes de piezas que se procesan en conjunto. <p style="text-align: center;">Disminuir al mínimo el costo = $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} \quad (9-1)$</p>	<p>Problemas: 9.1-9.9</p> <p>VIDEO 9.1 Distribución de la nueva instalación en el hospital Arnold Palmer</p>

Título principal Repaso del material

<p>CÉLULAS DE TRABAJO (pp. 370-373)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Célula de trabajo —Un arreglo de máquinas y personal que se enfoca en la fabricación de un producto o familia de productos relacionados. ■ Tiempo takt —Ritmo de producción para satisfacer las demandas de los clientes. $\text{Tiempo takt} = \frac{\text{Tiempo de trabajo total disponible}}{\text{unidades requeridas}} \quad (9-2)$ $\text{Trabajadores requeridos} = \frac{\text{Tiempo total de operación requerido}}{\text{Tiempo takt}} \quad (9-3)$ ■ Centro de trabajo enfocado —Un arreglo de máquinas y personal orientado al producto permanente o semi-permanente. ■ Fábrica enfocada —Una instalación diseñada para producir productos o componentes similares. 	<p>Problema: 9.10</p>
<p>DISTRIBUCIÓN REPETITIVA Y ORIENTADA AL PRODUCTO (pp. 373-378)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Línea de fabricación —Una instalación orientada al producto, que sigue el paso de las máquinas, para la fabricación de componentes. ■ Línea de ensamble —Un enfoque que une las piezas fabricadas en una serie de estaciones de trabajo; es un proceso repetitivo. ■ Balaceo de la línea de ensamble —Obtención de una salida en cada estación de trabajo de una línea de producción con el fin de disminuir al mínimo la demora. ■ Tiempo de ciclo —El tiempo máximo permitido para que un producto esté en cada estación de trabajo. $\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Unidades requeridas por día}} \quad (9-4)$ $\text{Número mínimo de estaciones de trabajo} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Tiempo para la tarea } i}{\text{Tiempo de ciclo}} \quad (9-5)$ ■ Técnica heurística —Resolución de problemas utilizando procedimientos y reglas en vez de una optimización matemática. Las técnicas heurísticas para el balaceo de líneas son <i>tiempo más largo de la tarea (operación), más tareas subsecuentes, ponderación de la posición, tiempo más corto de la tarea (operación), y menor número de tareas subsecuentes.</i> $\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{Tiempos de tarea}}{(\text{Número real de estaciones de trabajo}) \times (\text{Tiempo de ciclo más largo asignado})} \quad (9-6)$ 	<p>Problemas: 9.11-9.22</p> <p>VIDEO 9.2 Distribución de las instalaciones en Wheeled Coach Ambulances</p>

Autoevaluación

■ **Antes de realizar la autoevaluación,** revise los objetivos de aprendizaje presentados al inicio del capítulo y los términos clave mencionados al final del mismo.

- OA1. ¿Cuál de los siguientes enunciados describe mejor la *distribución de oficinas*?
- Agrupar a los trabajadores, sus equipos y espacios/oficinas para proporcionar el movimiento de información.
 - Aborda los requisitos de distribución de proyectos grandes y voluminosos, como los barcos y edificios.
 - Busca la mejor utilización del personal y las máquinas en la producción repetitiva o continua.
 - Asigna espacio en los anaqueles y responde al comportamiento de los clientes.
 - Se ocupa de la producción de bajo volumen y alta variedad.
- OA2. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones *no* da soporte al objetivo de la distribución de tiendas consistente en incrementar al máximo la exposición del cliente a los productos?
- Localizar los artículos de alto perfil en la periferia de la tienda.
 - Utilizar lugares prominentes para los artículos de alto impulso y alta rentabilidad.
 - Incrementar al máximo la exposición a los productos caros.
 - Utilizar ubicaciones al final de los pasillos.
 - Comunicar la misión de la tienda con la colocación cuidadosa del departamento más importante.
- OA3. El principal problema que aborda la estrategia de distribución de un almacén es:
- disminuir al mínimo las dificultades causadas por el flujo de material que varía con cada producto.
 - la necesidad de contacto frecuente entre los departamentos.
 - hacer frente a los intercambios entre el espacio y el manejo de materiales.
 - balancear el flujo de producto de una estación de trabajo a la siguiente.
 - ninguna de las anteriores.
- OA4. Una distribución de posición fija:
- agrupa trabajadores para propiciar el movimiento de la información.
 - aborda los requerimientos de distribución de proyectos grandes y voluminosos como barcos y edificios.
 - busca la mejor utilización de la maquinaria en la producción continua.
 - asigna espacio de anaquel con base en el comportamiento del cliente.
 - trata con la producción de bajo volumen y alta variedad.
- OA5. Una distribución orientada al proceso:
- agrupa trabajadores para propiciar el movimiento de la información.
 - aborda los requerimientos de distribución de proyectos grandes y voluminosos como barcos y edificios.
 - busca la mejor utilización de la maquinaria en la producción continua.
 - asigna espacio de anaquel con base en el comportamiento del cliente.
 - trata con la producción de bajo volumen y alta variedad.
- OA6. Para que un centro de trabajo enfocado o una fábrica enfocada sean adecuados, se necesitan los siguientes tres factores:
- _____.
 - _____.
 - _____.
- OA7. Antes de considerar una distribución orientada al producto, sería conveniente tener la seguridad de que:
- _____.
 - _____.
 - _____.
 - _____.
- OA8. Se debe diseñar una línea de ensamble para un producto cuya realización requiere de 21 minutos de trabajo. La fábrica trabaja 400 minutos por día. ¿Puede una línea de producción con cinco estaciones de trabajo hacer 100 unidades al día?
- Sí, con exactamente 100 minutos de sobra.
 - No, pero cuatro estaciones de trabajo serían suficientes.
 - No, no alcanzará incluso con una línea muy bien equilibrada.
 - Sí, pero la eficiencia de la línea es muy baja.
 - No se puede determinar a partir de la información dada.

Respuestas: OA1. a; OA2. c; OA3. c; OA4. b; OA5. e; OA6. Familia de productos, pronóstico estable (de la demanda), volumen; OA7. Volumen adecuado, demanda estable, producto estandarizado, suministros adecuados/de calidad; OA8. c.