

Administración de inventarios

12

CAPÍTULO

ESQUEMA DEL CAPÍTULO

PERFIL GLOBAL DE UNA COMPAÑÍA: *Amazon.com*

- * La importancia del inventario 476
- * Administración de inventarios 477
- * Modelos de inventario 482
- * Modelos de inventario para la demanda independiente 483
- * Modelos probabilísticos e inventario de seguridad 494
- * Modelo de un solo periodo 500
- * Sistemas de periodo fijo (P) 501



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 de inventario*
 - **Demanda independiente (cap. 12)**
 - Demanda dependiente (cap. 14)
 - JIT y operaciones esbeltas (cap. 16)
- Programación
- Mantenimiento

La administración de inventarios proporciona una ventaja competitiva en Amazon.com

Cuando Jeff Bezos abrió su revolucionario negocio en 1995, se intentaba que Amazon.com fuera un minorista “virtual” (sin inventarios ni almacenes ni costos generales) con sólo un montón de computadoras tomando pedidos y autorizando a otros para completarlos. Es evidente que las cosas no resultaron así. En la actualidad, Amazon mantiene millones de artículos en inventario, entre cientos de miles de cajones y anaqueles metálicos en 69 almacenes alrededor del mundo. Además, el software de Amazon es tan bueno, que la compañía vende sus conocimientos en la



Marilyn Newton/Reno Gazette-Journal

1. Usted ordena tres artículos, y una computadora ubicada en Seattle hace el cargo. Una computadora asigna su pedido (un libro, un juego y una cámara digital) a uno de los centros de distribución masiva de Amazon localizados en Estados Unidos, como la instalación de 750 000 pies cuadrados de Coffeyville, Kansas.

2. En Coffeyville, la “experta en el flujo” recibe su pedido. Para surtirlo, ella determina cuáles trabajadores van y a dónde.



©David Burnett/Contact Press Images

3. Las filas de luces rojas muestran los productos que se pidieron. Los trabajadores se desplazan de un foco a otro y después de tomar el artículo del anaquel presionan el botón para apagar la luz. Este sistema se conoce como “recoger con la luz”. El sistema duplica la velocidad de los operarios manuales que recogen los artículos y reduce casi hasta cero su tasa de error.



David Burnett/Contact Press Images, Inc.

4. Sus artículos se colocan en cajas sobre las bandas transportadoras. Cada artículo se coloca dentro de una gran caja verde que contiene los pedidos de muchos clientes. Cuando está llena, la caja viaja por varias bandas transportadoras que recorren más de 10 millas a través de la planta a una velocidad constante de 2.9 pies por segundo. El código de barras de cada artículo es leído 15 veces, tanto por máquinas como por muchos de los 600 trabajadores. La meta es reducir los errores a cero; las devoluciones son muy costosas.

5. Los tres artículos convergen en un tobogán y después en una caja. Todas las cajas llegan a un punto central donde se ve a qué pedido corresponden los códigos de barras para determinar quién compró qué. Sus tres artículos terminan en un tobogán de 3 pies de ancho (uno entre varios miles) y se colocan en una caja de cartón con un nuevo código de barras que identifica su pedido. La recolección se hace en cierta secuencia a fin de reducir el viaje del operario.

6. Cualquier regalo que haya elegido se envuelve a mano.

Amazon capacita a un grupo élite de personas para envolver regalos, cada uno envuelve 30 paquetes por hora.

recepción, el procesamiento y la facturación de pedidos a terceras empresas. Se estima que en la actualidad hay 50 millones de artículos disponibles en el sitio web de Amazon.


Bezos espera que la experiencia del cliente en Amazon se perciba como aquella que da el precio más bajo y la entrega más rápida, y que el proceso de cumplimiento de pedidos esté libre de errores, de modo que ya no sea necesario ningún contacto adicional con Amazon. Los cambios y las devoluciones son muy caros.

La administración de este inventario masivo fue precisamente lo que convirtió a Amazon en un líder de clase mundial



David Burnett/Contact Press Images Inc.

en la administración y automatización de almacenes. El tiempo para recibir, procesar y situar los productos en almacenamiento y después “jalar” y empacar con precisión un pedido requiere una inversión de trabajo de menos de 3 minutos. Y el 70% de estos pedidos incluye varios productos. Lo anterior pone de manifiesto la gran marca de referencia que Amazon ha logrado. Éste es un desempeño de clase mundial.

Cuando usted hace un pedido en Amazon.com, está haciendo negocios con una compañía que obtiene una ventaja competitiva a través de la administración de inventarios. Este *Perfil global de una compañía* muestra la forma en la que Amazon lo logra. 

7. La caja se empaqa, envuelve, pesa y etiqueta antes de salir del almacén en un camión. La planta de Coffeyville fue diseñada para enviar hasta 200 000 piezas por día. Alrededor del 60% de los pedidos se envía por el servicio postal de Estados Unidos; casi todo lo demás se manda por United Parcel Service.

8. Su pedido llega hasta la puerta de su casa. El pedido se entrega en 1 o 2 días.



©David Burnett/Contact Press Images

OA1	<i>Realizar</i> un análisis ABC 478
OA2	<i>Explicar</i> y usar el conteo cíclico 480
OA3	<i>Explicar</i> y usar el modelo EOQ para inventarios con demanda independiente 483
OA4	<i>Calcular</i> un punto de reorden y explicar el inventario de seguridad 489
OA5	<i>Aplicar</i> el modelo de la cantidad económica a producir 490
OA6	<i>Explicar</i> y usar el modelo de descuentos por cantidad 492
OA7	<i>Entender</i> los modelos de niveles de servicio y de inventario probabilístico 498

La importancia del inventario

Como Amazon.com lo sabe bien, el inventario es uno de los activos más caros de muchas compañías, llega a representar hasta un 50% del capital total invertido. Los administradores de operaciones de todo el mundo reconocen que la buena administración del inventario es crucial. Por un lado, una empresa puede reducir sus costos al disminuir el inventario; por el otro, la falta de un artículo puede detener la producción y dejar insatisfechos a los clientes. *El objetivo de la administración de inventarios es encontrar un equilibrio entre la inversión en el inventario y el servicio al cliente.* Sin un inventario bien administrado nunca se podrá lograr una estrategia de bajo costo.

Todas las organizaciones tienen algún tipo de sistema para planear y controlar su inventario. Un banco tiene métodos para controlar su inventario de dinero en efectivo. Un hospital tiene métodos para controlar el inventario de sangre y productos farmacéuticos. Las oficinas de gobierno, las escuelas y, por supuesto, casi toda organización de manufactura y producción se preocupan por la planeación y el control del inventario.

En los casos de los productos físicos, la organización debe elegir entre producir los bienes o comprarlos. Una vez tomada esta decisión, el siguiente paso es pronosticar la demanda, tal como se analizó en el capítulo 4. Entonces los administradores de operaciones determinan el inventario necesario para atender dicha demanda. En este capítulo analizamos las funciones, los tipos y la administración de inventarios. Después abordamos dos aspectos básicos del inventario: cuánto y cuándo ordenar.

Funciones del inventario

El inventario puede dar servicio a varias funciones que agregan flexibilidad a las operaciones de una empresa. Las cuatro funciones del inventario son:

1. *Proporcionar una selección de bienes para la demanda anticipada de los clientes y separar a la empresa de las fluctuaciones en esa demanda.* Tales inventarios son típicos de los establecimientos minoristas.
2. *Separar varias partes del proceso de producción.* Por ejemplo, si los suministros de una empresa fluctúan, quizá sea necesario un inventario adicional para separar los procesos de producción de los proveedores.
3. *Tomar ventaja de los descuentos por cantidad,* porque las compras en grandes cantidades pueden reducir el costo de los bienes y su entrega.
4. *Protegerse contra la inflación* y los cambios a la alza en los precios.

Tipos de inventario

A fin de cumplir con las funciones del inventario, las empresas mantienen cuatro tipos de inventario: (1) inventario de materias primas, (2) inventario de trabajo en proceso, (3) inventario para mantenimiento, reparación y operaciones (MRO), y (4) inventario de productos terminados.

El inventario de materias primas se compró, pero no se ha procesado. Este inventario se puede usar para desunir (es decir, separar) a los proveedores del proceso de producción. Sin embargo, el enfoque preferido consiste en eliminar la variabilidad en cantidad, en calidad o en tiempo de entrega por

VIDEO 12.1

Administración del inventario en Frito-Lay

Inventario de materias primas

Materiales que por lo regular se compran pero aún deben entrar al proceso de manufactura.

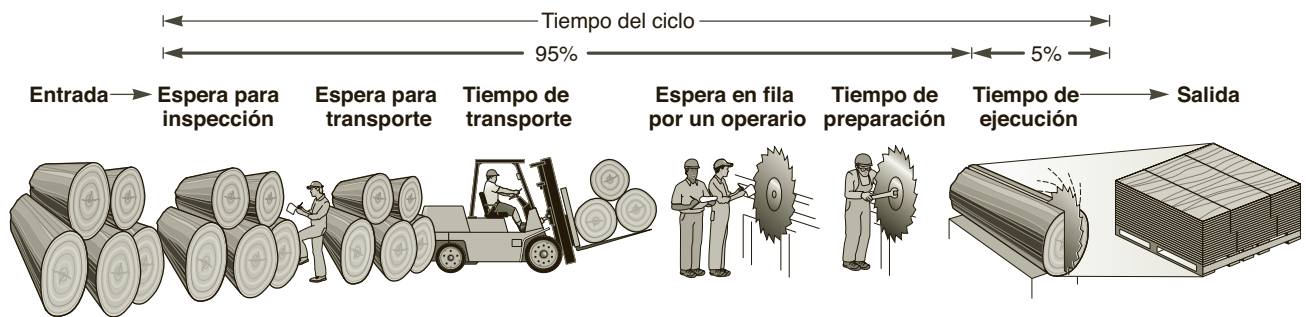


Figura 12.1

Ciclo de flujo del material

La mayor parte del tiempo que el trabajo está en proceso (un 95% del tiempo del ciclo) no es tiempo productivo.

parte del proveedor, de modo que la separación no sea necesaria. El inventario de trabajo en proceso (WIP) es de componentes o materias primas que han sufrido ciertos cambios pero no están terminados. El WIP existe por el tiempo requerido para hacer un producto (llamado *tiempo del ciclo*). Reducir el tiempo del ciclo disminuye el inventario. Con frecuencia esta tarea no es difícil: durante la mayor parte del tiempo en la que un producto “se hace”, en realidad está ocioso. Como se muestra en la figura 12.1, el tiempo de trabajo real o tiempo “de corrida” es una pequeña porción del tiempo de flujo del material, quizá tan sólo del 5%.

Los MRO son inventarios dedicados a suministros de mantenimiento, reparación y operaciones necesarios para mantener productivos la maquinaria y los procesos. Estos inventarios existen porque no se conocen la necesidad y los tiempos de mantenimiento y reparación de algunos equipos. Aunque la demanda del inventario MRO suele ser una función de los programas de mantenimiento, es necesario anticipar las demandas no programadas de MRO. El inventario de bienes terminados está constituido por productos completados que esperan su envío. Los bienes terminados pueden entrar en inventario por no conocer las demandas futuras del cliente.

Inventario de trabajo en proceso (WIP)

Productos o componentes que ya no son materia prima pero todavía deben transformarse en productos terminados.

MRO

Materiales para mantenimiento, reparación y operaciones.

Inventario de bienes terminados

Artículos finales listos para venderse, pero que todavía son activos en los libros de la compañía.

Administración de inventarios

Los administradores de operaciones establecen sistemas para el manejo de inventarios. En esta sección se analizan brevemente dos ingredientes de tales sistemas: (1) cómo se pueden clasificar los artículos del inventario (el llamado *análisis ABC*), y (2) cómo se pueden mantener los registros precisos del inventario. Después se estudiará el control de inventarios en el sector servicios.

Análisis ABC

El análisis ABC divide el inventario disponible en tres clases según su volumen anual en dinero. El análisis ABC es una aplicación a los inventarios de lo que se conoce como *principio de Pareto* (nombrado así en honor a Vilfredo Pareto, economista italiano del siglo XIX). El principio de Pareto establece que hay “pocos artículos cruciales y muchos triviales”. La idea es establecer políticas de inventarios que centren sus recursos en las *pocas partes cruciales* del inventario y no en las muchas partes triviales. No es real monitorear los artículos baratos con la misma intensidad que los costosos.

A fin de determinar el volumen anual en dinero para el análisis ABC, se mide la demanda anual de cada artículo del inventario y se multiplica por el *costo por unidad*. Los artículos de *clase A* son aquellos que tienen un alto volumen anual en dinero. Aunque estos artículos pueden constituir sólo un 15% de todos los artículos del inventario, representarían entre el 70 y el 80% del uso total en dinero. Los artículos del inventario de *clase B* tienen un volumen anual en dinero intermedio. Estos artículos representan alrededor del 30% de todo el inventario y entre un 15 y un 25% del valor total. Por último, los artículos de bajo volumen anual en dinero pertenecen a la *clase C* y pueden representar sólo un 5% de tal volumen, pero casi el 55% de los artículos en inventario.

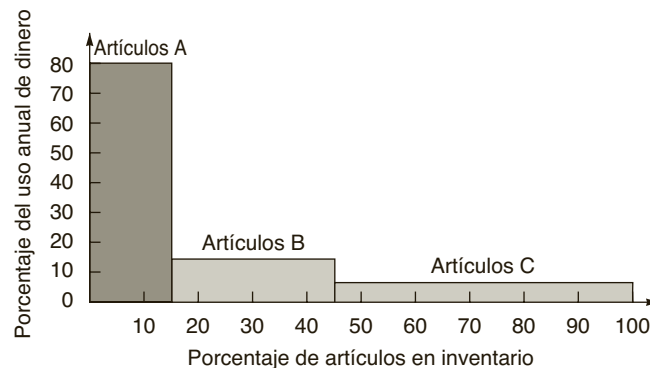
Análisis ABC

Un método para dividir el inventario disponible en tres clases según el volumen anual en dinero.

★ **TIP PARA EL ESTUDIANTE**

Las categorías A, B y C no tienen que ser exactas. La idea es reconocer que los niveles de control deben corresponder al riesgo.

Figura 12.2
Representación gráfica del análisis ABC



En forma gráfica, el inventario de muchas organizaciones podría aparecer como se ilustra en la figura 12.2. En el ejemplo 1 se presenta la manera en la que se usa el análisis ABC.

Ejemplo 1

ANÁLISIS ABC PARA UN FABRICANTE DE CHIPS

Silicon Chips, Inc., fabricante de los veloces chips DRAM, quiere clasificar sus 10 artículos de inventario más importantes usando el análisis ABC.

MÉTODO ► El análisis ABC organiza los artículos de acuerdo con su volumen anual en dinero. En la siguiente página (columnas 1 a 4) se ilustran los 10 artículos (identificados por número de inventario), sus demandas anuales y costos unitarios.

SOLUCIÓN ► El volumen anual en dinero se calcula en la columna 5, junto con el porcentaje del total representado en la columna 6. En la columna 7 se agrupan los 10 artículos en las categorías A, B y C.

Cálculo ABC

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
NÚMERO DE ARTÍCULOS EN INVENTARIO	PORCENTAJE DEL NÚMERO DE ARTÍCULOS ALMACENADOS	VOLUMEN ANUAL (UNIDADES)	× COSTO UNITARIO	= VOLUMEN ANUAL EN DINERO	PORCENTAJE DEL VOLUMEN ANUAL EN DINERO	CLASE
#10286	20%	1000	\$ 90.00	\$ 90 000	38.8%	72% A
#11526		500	154.00	77 000	33.2%	
#12760	30%	1550	17.00	26 350	11.3%	23% B
#10867		350	42.86	15 001	6.4%	
#10500		1000	12.50	12 500	5.4%	
#12572	50%	600	14.17	8502	3.7%	5% C
#14075		2000	0.60	1200	0.5%	
#01036		100	8.50	850	0.4%	
#01307		1200	0.42	504	0.2%	
#10572		250	0.60	150	0.1%	
		8550		\$232 057	100.0%	

RAZONAMIENTO ► El desglose en las categorías A, B y C no es rígido ni rápido. El objetivo es sólo tratar de separar lo “importante” de lo “que no lo es”.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► El costo unitario para el artículo #10286 aumentó de \$90.00 a \$120.00. ¿Cómo impacta esto al análisis ABC? (Respuesta: el volumen anual en dinero se incrementa en \$30 000, hasta \$262 057, y ahora los dos artículos A comprenden el 75% de esa cantidad).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 12.1, 12.2, 12.3.

OA1 Realizar un análisis ABC

Los criterios distintos al volumen anual en dinero pueden determinar la clasificación de los artículos. Por ejemplo, los cambios anticipados de ingeniería, los problemas de entrega, los problemas de calidad o el alto costo unitario pueden señalar la necesidad de cambiar los artículos a una clasificación más alta. La ventaja de dividir los artículos del inventario en clases es que permite establecer políticas y controles para cada clase.

Las políticas que pueden basarse en el análisis ABC incluyen:

1. Los recursos de compras que se dedican al desarrollo de proveedores deben ser mucho mayores para los artículos A que para los artículos C.
2. Los artículos A, a diferencia de los B y C, deben tener un control físico más estricto; quizá deban colocarse en áreas más seguras y tal vez la exactitud de sus registros en inventario deba verificarse con más frecuencia.
3. El pronóstico de los artículos A merece más cuidado que el de los otros artículos.

Los resultados de las políticas adecuadas de administración de inventarios pueden ser mejores pronósticos, control físico, confiabilidad en el proveedor y, finalmente, una reducción en los inventarios de seguridad. El análisis ABC guía el desarrollo de estas políticas.

Exactitud en los registros

La exactitud en los registros es un requisito previo de la administración del inventario, la programación de la producción y, en última instancia, las ventas. La exactitud puede mantenerse mediante sistemas periódicos o perpetuos. Los *sistemas periódicos* requieren verificaciones regulares (periódicas) del inventario para determinar la cantidad disponible. Algunos pequeños comerciantes e instalaciones con inventario administrado por los proveedores (los proveedores comprueban la cantidad disponible y reabastecen según sea necesario) utilizan estos sistemas. Sin embargo, el inconveniente es la falta de control entre las revisiones y la necesidad de realizar un inventario adicional para protegerse contra la escasez.

Una variación del sistema periódico es un *sistema de dos contenedores*. En la práctica, el gerente de una tienda coloca dos contenedores (cada uno con el inventario suficiente para cubrir la demanda durante el tiempo necesario para recibir otro pedido) y realiza un pedido cuando el primer contenedor está vacío.

De manera alternativa, el *inventario perpetuo* da seguimiento continuo, tanto a los ingresos, como a las sustracciones del inventario. Por lo general, los ingresos se registran en el departamento de recepciones en alguna forma semiautomática, por ejemplo mediante un lector de código de barras, y las sustracciones se observan como artículos que dejan el almacén o los establecimientos de venta al por menor, en la caja registradora del punto de venta (POS).

Independientemente del sistema de inventario, la exactitud en los registros requiere de buenos registros de entrada y salida, así como una seguridad adecuada. Los depósitos del inventario deberán tener acceso limitado, buena limpieza y áreas de almacenamiento que contengan cantidades fijas de inventario. Tanto en las instalaciones de manufactura, como en las de venta al por menor, los contenedores, los espacio en anaquel y los artículos individuales deben almacenarse y etiquetarse correctamente. Las decisiones más significativas sobre los pedidos, la programación y los envíos, pueden tomarse sólo cuando la empresa sabe lo que tiene a la mano. (Vea el recuadro de *AO en acción* “Precisión en el inventario de Milton Bradley”).

Conteo cíclico

Aunque una organización haya realizado esfuerzos sustanciales para registrar con precisión su inventario, los registros deben verificarse mediante una auditoría continua. Tales auditorías se conocen como conteo cíclico.

Conteo cíclico

Una conciliación continua del inventario con los registros de inventario.

AO en acción

Precisión en el inventario de Milton Bradley

Milton Bradley, una división de Hasbro, Inc., ha fabricado juguetes durante 150 años. La compañía fue fundada por Milton Bradley en 1860 y comenzó haciendo una litografía de Abraham Lincoln. Usando sus habilidades de impresor, Bradley desarrolló juegos como el Juego de la vida, Serpientes y escaleras, la Tierra de los dulces, Scrabble y Lite Brite. En la actualidad, la compañía produce cientos de juegos para los que necesita miles de millones de componentes de plástico.

Una vez que Milton Bradley ha determinado los lotes óptimos para cada corrida de producción, debe fabricarlos y ensamblarlos para que formen parte del juego apropiado. De hecho, ciertos juegos requieren cientos de componentes de plástico, incluyendo perinolas y figuras a escala de hoteles, personas, animales, automóviles, etcétera. De acuerdo con el director de manufactura, Gary Brennan, obtener el número correcto de piezas para los juguetes y la línea de producción es el factor más importante para la credibilidad de la compañía. Algunos pedidos pueden requerir el envío de más de 20 000 juegos perfectamente ensamblados que se entregan a los almacenes del cliente en cuestión de días.

Los juegos con un número incorrecto de partes y piezas pueden resultar en algunos clientes muy descontentos. También lleva tiempo y es costoso para Milton Bradley



Anthony Labber/Photofest.com

surtir las piezas adicionales o que regresen juegos o juguetes. Si se encuentran faltantes durante la etapa de ensamble, toda la corrida de producción debe detenerse hasta corregir el problema.

El conteo manual o mecánico de partes no siempre es exacto. En consecuencia, ahora Milton Bradley

pesa las piezas y los juegos completos con la finalidad de determinar si contienen el número correcto de partes. Si el peso no es exacto, hay un problema que debe resolverse antes del envío. Gracias al uso de básculas digitales de gran precisión, Milton Bradley es capaz de colocar las piezas correctas en el juego correcto en el momento correcto. Sin esta simple innovación, el programa de producción más elaborado no tendría sentido.

Fuentes: *Forbes* (7 de febrero de 2011); y *The Wall Street Journal* (15 de abril de 1999).

En este hospital, los carruseles giratorios de almacenamiento vertical proporcionan un rápido acceso a cientos de artículos críticos y al mismo tiempo ahorran espacio de piso. Este carrusel Omnicell para la administración de inventarios también es seguro y tiene la ventaja añadida de contar con etiquetas impresas con códigos de barras.



Omnicell

Durante años, muchas empresas realizaban inventarios físicos anuales. Esta práctica solía significar el cierre temporal de las instalaciones y que personas sin experiencia contaran partes y materiales. En vez de esto, los registros del inventario deben verificarse con una comprobación del ciclo. El conteo cíclico usa la clasificación del inventario desarrollada en el análisis ABC. Con los procedimientos del conteo cíclico, se cuentan los artículos, se verifican los registros, y se documentan las imprecisiones de manera periódica. Se rastrea la causa de las imprecisiones y se toman las acciones correctivas apropiadas para asegurar la integridad del sistema de inventario. Los artículos **A** se cuentan con frecuencia, quizá una vez al mes; los artículos **B** se cuentan con menos frecuencia, tal vez cada trimestre; y los artículos **C** se cuentan probablemente una vez cada seis meses. En el ejemplo 2 se ilustra cómo calcular el número de artículos de cada clasificación que debe contarse cada día.

Ejemplo 2

CONTEO CÍCLICO EN UNA FÁBRICA DE CAMIONES

Cole's Trucks, Inc., un fabricante de camiones de alta calidad para basura, tiene en inventario cerca de 5000 artículos. Desea determinar cuántos artículos debe contar cada día.

MÉTODO ► Después de contratar durante el verano a Matt Clark, un brillante y joven estudiante de AO, la compañía determinó que tiene 500 artículos A, 1750 artículos B, y 2750 artículos C. La política de la compañía es contar todos los artículos A cada mes (cada 20 días de trabajo), todos los artículos B cada trimestre (cada 60 días de trabajo), y todos los artículos C cada 6 meses (cada 120 días de trabajo). Después la compañía asigna algunos artículos que deben contarse diariamente.

SOLUCIÓN ►

CLASE DE ARTÍCULO	CANTIDAD	POLÍTICA DE CONTEO CÍCLICO	NÚMERO DE ARTÍCULOS CONTADOS POR DÍA
A	500	Cada mes (20 días de trabajo)	$500/20 = 25/\text{día}$
B	1750	Cada trimestre (60 días de trabajo)	$1750/60 = 29/\text{día}$
C	2750	Cada seis meses (120 días de trabajo)	$2750/120 = 23/\text{día}$
			<u>77/día</u>

Se cuentan 77 artículos cada día.

RAZONAMIENTO ► Esta auditoría diaria de 77 artículos es mucho más eficiente y precisa que la realización de un conteo masivo una vez al año.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Cole's reclasifica algunos artículos B y C de manera que ahora son 1500 artículos B y 3000 artículos C. ¿Cómo cambia esto el conteo cíclico? (Respuesta: tanto B como C cambian a 25 artículos cada uno por día, para un total de 75 artículos diarios).

PROBLEMA RELACIONADO ► 12.4.

OA2 Explicar y usar el conteo cíclico

En el ejemplo 2, los artículos particulares contados en el ciclo se pueden seleccionar de manera secuencial o aleatoria. Otra posibilidad es realizar el conteo cíclico cada vez que se reordena.

El conteo cíclico también tiene las siguientes ventajas:

1. Elimina la detención y la interrupción de la producción necesarias para efectuar el inventario físico anual.

2. Elimina los ajustes anuales del inventario.
3. La precisión del inventario es auditada por personal capacitado.
4. Permite identificar las causas de error y emprender acciones correctivas.
5. Mantiene registros exactos del inventario.

Control de inventarios para los servicios

Aunque podemos pensar que no hay inventario en el sector servicios de nuestra economía, esto casi nunca es así. Los negocios de venta al mayoreo y menudeo mantienen grandes inventarios, lo cual convierte a la administración de inventarios en un elemento crucial. En el caso de los negocios de servicio de comida, el control de inventarios suele marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso. Incluso, un inventario en tránsito u ocioso en un almacén significa pérdida de valor. De manera similar, el inventario dañado o robado antes de su venta también es una pérdida. En las tiendas al menudeo, el inventario por el que nadie se responsabiliza entre la recepción y la venta se conoce como merma. Las mermas ocurren por daños o robos, así como por documentación descuidada. El inventario robado también se conoce como robo. Una pérdida del 1% del inventario de una tienda al menudeo se considera buena, aunque en muchas tiendas de este tipo se tienen pérdidas que superan el 3%. Como el impacto en la rentabilidad es significativo, la precisión y el control del inventario son críticos. Entre las técnicas aplicables se incluyen las siguientes:

1. *Buena selección de personal, capacitación y disciplina:* nunca resultan fáciles de implementar, pero son muy necesarias en los servicios de comida y operaciones al menudeo y mayoreo, donde los empleados tienen acceso directo a las mercancías de consumo.
2. *Control estricto de los envíos entrantes:* esta tarea es emprendida por muchas empresas mediante Códigos Universales de Producto (o códigos de barras) y sistemas de identificación de radiofrecuencia (RFID), que leen cada envío entrante y verifican de manera automática los artículos contra las órdenes de compra. Cuando se diseñan de manera adecuada, estos sistemas (en los que cada artículo tiene su propia SKU, unidad de conservación en inventario) son difíciles de burlar.
3. *Control efectivo de todos los bienes salientes de la instalación:* este trabajo se realiza mediante códigos de barras, etiquetas de RFID, o cintas magnéticas adheridas en las mercancías. También puede realizarse una observación directa mediante el personal de vigilancia en las salidas (como en las tiendas mayoristas Costco y Sam's Club) y en las áreas con mayor potencial de pérdidas, o puede tomar la forma de espejos con visión en una sola dirección y vigilancia con video.

El éxito de la operación de ventas al menudeo requiere un buen control al nivel de la tienda con inventarios precisos en el lugar adecuado. Las tiendas más importantes pierden entre un 10 y un 25% de sus utilidades globales por errores o imprecisiones en sus registros de inventario.¹ (Vea el recuadro de *AO en acción* "Las últimas 10 yardas de la tienda").

Merma

Inventario de tiendas al menudeo por el que nadie se responsabiliza entre la recepción y la venta.

Robo

Hurto en pequeñas cantidades.

Un lector portátil puede escanear etiquetas de RFID, con lo que se da control a los envíos entrantes y salientes.



AO en acción

Las últimas 10 yardas de la tienda

Los gerentes de tiendas comprometen una enorme cantidad de recursos con el inventario y su administración. Aunque el inventario al menudeo represente el 36% de los activos totales, casi 1 de cada 6 artículos que una tienda piensa que está a disposición de sus clientes ¡no lo está! Sorprendentemente, cerca de dos tercios de los registros de inventario son erróneos. La no disponibilidad de un producto se debe a la mala colocación de los pedidos, el mal almacenamiento, un etiquetado incorrecto, errores en el intercambio de mercancías y la colocación equivocada de la mercancía. A pesar de las grandes inversiones en codificación de barras, RFID y TI, *las últimas 10 yardas* de la administración del inventario en tiendas es un desastre.

El gran número y la variedad de unidades de conservación de inventarios (SKU) a nivel minorista añaden complejidad a la administración de inventarios. ¿El cliente en realidad necesita 32 diferentes tipos de pasta de dientes Crest o 26 clases de pasta Colgate? La proliferación de SKU aumenta la confusión, el tamaño de la tienda, las compras, el inventario y los costos de almacenamiento, así como los costos subse-

cuentes por rebajas. Con tantos SKU, las tiendas tienen poco espacio para almacenar y mostrar una caja llena de muchos productos, lo que conduce a problemas de etiquetado y de "cajas rotas" en la trastienda. Supervalu, cuarto mayor minorista de alimentos en Estados Unidos, está reduciendo el número de SKU en un 25% como una forma de reducir los costos y agregar enfoque a sus artículos de marca propia.

La reducción en la variación del tiempo de ejecución de la entrega, la mejora en la precisión del pronóstico y la reducción de la gran variedad de SKU pueden resultar útiles. Sin embargo, es posible que la reducción del número de SKU no mejore el servicio al cliente. La capacitación y la educación de los empleados sobre la importancia de la administración de inventarios puede ser una mejor manera de perfeccionar *las últimas 10 yardas*.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (13 de enero de 2010); *Management Science* (febrero de 2005); y *California Management Review* (primavera de 2001).

¹Vea E. Malykhina, "Retailers Take Stock", *Information Week* (7 de febrero de 2005): 20-22, y A. Raman, N. DeHoratius y Z. Ton, "Execution: The Missing Link in Retail Operations", *California Management Review* 43, núm. 3 (primavera de 2001): 136-141.

La distribuidora farmacéutica McKesson Corp., uno de los principales proveedores de materiales quirúrgicos para el hospital Arnold Palmer, emplea mucho los lectores de códigos de barras para controlar el inventario de manera automática. El dispositivo que se encuentra en el brazo de la trabajadora del almacén combina un escáner, una computadora y un radio de dos vías para verificar los pedidos. Con datos rápidos y precisos, los artículos se verifican con facilidad, lo que mejora la precisión de los inventarios y envíos.



McKesson Corporation

VIDEO 12.2
Control de inventarios en Wheeled Coach Ambulance

Modelos de inventario

A continuación se examina una variedad de modelos de inventario y sus costos asociados.

Demanda independiente contra dependiente

Los modelos para el control de inventarios suponen que la demanda de un artículo es independiente o dependiente de la demanda de otros artículos. Por ejemplo, la demanda de refrigeradores es *independiente* de la demanda de hornos eléctricos. Sin embargo, la demanda de componentes para hornos eléctricos es *dependiente* de los requerimientos de hornos eléctricos.

Este capítulo se enfoca en la administración de inventarios donde la demanda es *independiente*. En el capítulo 14 se estudia la administración de la demanda *dependiente*.

Costos de mantener, ordenar y preparar el inventario

Los costos de mantener el inventario son los costos asociados con guardar o “llevar” el inventario a través del tiempo. Por lo tanto, los costos de mantener el inventario también incluyen la obsolescencia y otros costos relacionados con el almacenamiento, como seguros, personal adicional y pago de intereses. En la tabla 12.1 se muestran los tipos de costos que deben evaluarse para determinar los costos de mantener el inventario. Muchas empresas no incluyen todos los costos de mantener el inventario; en consecuencia, es común que se subestimen.

El costo de hacer pedidos incluye los costos de suministros, formatos, procesamiento de pedidos, personal de apoyo, etcétera. Cuando los pedidos se van a fabricar, también existen costos por hacer

Costo de mantener el inventario

Costo de guardar o llevar artículos en inventario.

Costo de hacer pedidos

Costo del proceso de hacer el pedido.

TABLA 12.1

Determinación de los costos de mantener el inventario

CATEGORÍA	COSTO (Y RANGO) COMO PORCENTAJE DEL VALOR DEL INVENTARIO
Costos de edificio (renta o depreciación del edificio, costos de operación, impuestos, seguros)	6% (3–10%)
Costo por manejo de materiales (renta o depreciación del equipo, energía, costo de operación)	3% (1–3.5%)
Costo por mano de obra (recepción, almacenamiento, seguridad)	3% (3–5%)
Costo de inversión (costos de préstamos, impuestos y seguros del inventario)	11% (6–24%)
Robo, daño y obsolescencia (mucho más en industrias de cambio rápido como las computadoras personales y los teléfonos celulares)	3% (2–5%)
Costos globales por manejo	26%

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Un costo global de mantener el inventario menor al 15% es poco probable, pero este costo puede exceder el 40%, sobre todo en las industrias de alta tecnología y moda.

Nota: Todas las cifras son aproximadas, puesto que varían en forma considerable según la naturaleza del negocio, su ubicación y las tasas de interés vigentes.

el pedido, pero éstos son parte de lo que se conoce como costos de preparación. El costo de preparación es el que se refiere a preparar una máquina o un proceso para realizar la manufactura de un producto. El costo de preparación incluye la mano de obra y el tiempo necesarios para limpiar y cambiar herramientas o contenedores. Los administradores de operaciones reducen los costos de ordenar disminuyendo los costos de preparación y usando procedimientos eficientes como los procedimientos electrónicos de pedidos y pago.

En los entornos de manufactura, el costo de preparación tiene una correlación alta con el tiempo de preparación. Por lo general, las preparaciones de maquinaria requieren una gran cantidad de trabajo antes de que la preparación se realice efectivamente en el centro de trabajo. Con la planeación adecuada, gran parte del trabajo requerido para la preparación se haría antes de detener la operación de una máquina o un proceso. Así, los tiempos de preparación se pueden reducir en forma sustancial. Los fabricantes más creativos de clase mundial han logrado disminuir a menos de un minuto el tiempo de preparación de máquinas y procesos que antes tomaba horas. La reducción de los tiempos de preparación es una excelente manera de disminuir la inversión en los almacenes y mejorar la productividad.

Costo de preparación

El costo de preparar una máquina o un proceso para realizar la producción.

Tiempo de preparación

El tiempo necesario para preparar una máquina o un proceso a fin de efectuar la producción.

Modelos de inventario para la demanda independiente

En esta sección se presentan tres modelos de inventario que se enfocan en dos preguntas importantes: *cuándo* y *cuánto ordenar*. Estos modelos de demanda *independiente* son:

1. Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ).
2. Modelo de la cantidad económica a producir.
3. Modelo de descuentos por cantidad.

Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

El modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ) es una de las técnicas más usadas para el control de inventarios. Esta técnica es muy fácil de usar y se basa en varios supuestos:

1. La demanda de un artículo es conocida, demasiado constante e independiente de las decisiones para otros artículos.
2. El tiempo de entrega (es decir, el tiempo entre hacer el pedido y recibirlo) se conoce y es consistente.
3. La recepción del inventario es instantánea y completa. En otras palabras, el inventario de un pedido llega en un lote al mismo tiempo.
4. Los descuentos por cantidad no son posibles.
5. Los únicos costos variables son el costo de preparar o hacer un pedido (costo de preparación) y el costo de mantener o almacenar el inventario a través del tiempo (costo de mantener o llevar). Estos costos se analizaron en la sección anterior.
6. Los faltantes (inexistencias) se evitan por completo si las órdenes se colocan en el momento correcto.

Con estos supuestos, la gráfica de uso del inventario a través del tiempo tiene forma de diente de sierra, como se ilustra en la figura 12.3. En esta figura, Q representa la cantidad que se ordena. Si se trata de 500 vestidos, los 500 vestidos llegan al mismo tiempo (cuando se recibe la orden). Por lo tanto, el nivel de inventario salta de 0 a 500 vestidos. En general, cuando llega una orden el nivel de inventario aumenta de 0 a Q unidades.

Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

Una técnica para el control de inventarios que disminuye al mínimo los costos totales de ordenar y mantener el inventario.

OA3 *Explicar* y *usar* el modelo EOQ para inventarios con demanda independiente

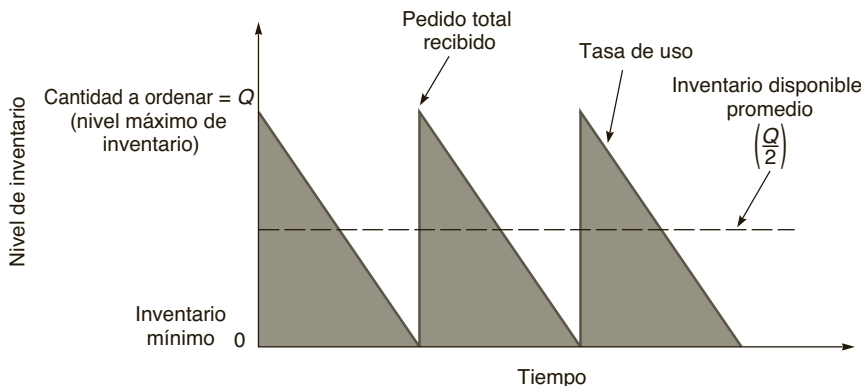


Figura 12.3

Uso del inventario a través del tiempo

★ **TIP PARA EL ESTUDIANTE**

Si el máximo que podemos tener es Q (digamos, 500 unidades) y el mínimo es cero; entonces, si el inventario se usa (o se vende) a una tasa suficientemente estable, el promedio = $(Q + 0)/2 = Q/2$.

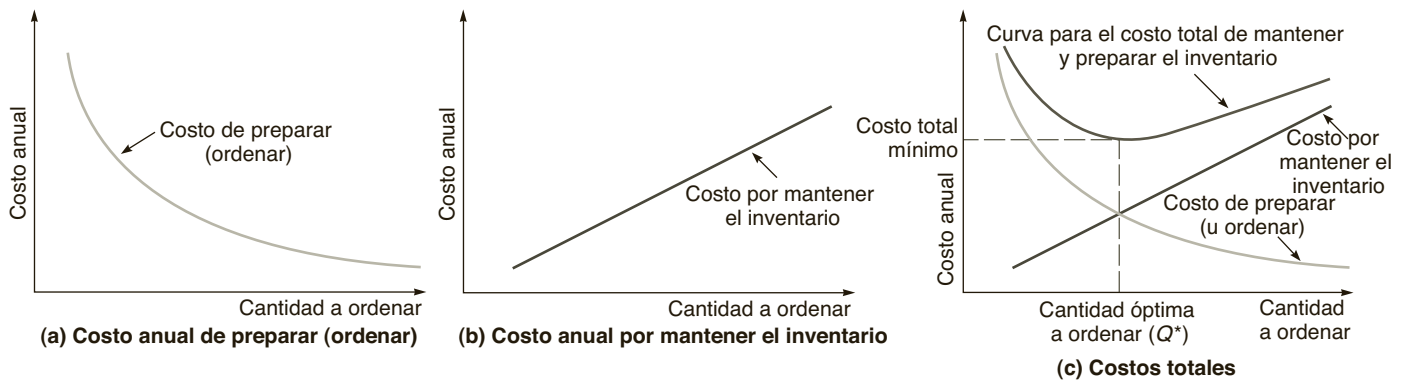


Figura 12.4

Costos como una función de la cantidad a ordenar

Debido a que la demanda es constante a través del tiempo, el inventario disminuye a una tasa constante en el tiempo. (Vea las rectas inclinadas de la figura 12.3). Cada vez que se recibe una orden, el nivel del inventario se eleva de nuevo a Q unidades (representado por las rectas verticales). Este proceso continúa en forma indefinida a través del tiempo.

Disminución al mínimo de los costos

El objetivo de la mayoría de los modelos de inventario es disminuir al mínimo los costos totales. Con los supuestos que se acaban de dar, los costos significativos son el costo de preparación (u ordenar) y el costo de mantener (o llevar) el inventario. Todos los demás costos, como el costo del inventario en sí, son constantes. De esta forma, si se disminuye al mínimo la suma de los costos de preparar y mantener el inventario, también se minimiza el costo total. Para ayudar a visualizar lo anterior, en la figura 12.4 se grafican los costos totales como una función de la cantidad a ordenar, Q . El tamaño óptimo del lote, Q^* , será la cantidad que disminuya al mínimo los costos totales. Conforme aumenta la cantidad ordenada, disminuye el número total de órdenes colocadas por año. Entonces, si la cantidad ordenada se incrementa, el costo anual de preparar u ordenar disminuye [figura 12.4(a)]. Pero si aumenta la cantidad ordenada, el costo de mantener el inventario también aumenta debido a que se mantiene un inventario promedio mayor [figura 12.4(b)].

Como se puede observar en la figura 12.4(c), una reducción de los costos de mantener o preparar reducirá la curva de costo total. Una reducción en la curva del costo de preparación también reduce la cantidad óptima a ordenar (tamaño del lote). Además, los lotes de menor tamaño tienen un impacto positivo en la calidad y la flexibilidad de producción. En Toshiba, el conglomerado japonés que vale 77 mil millones de dólares, los modelos pueden cambiar aunque los trabajadores sólo hayan fabricado 10 computadoras portátiles de un modelo. Esta flexibilidad en el tamaño del lote ha permitido a Toshiba moverse hacia un sistema de personalización masiva con “construcción por pedido”, lo cual es una habilidad importante en una industria con ciclos de vida del producto que se miden en meses y no en años.

En la figura 12.4(c) se puede observar que la cantidad óptima a ordenar aparece en el punto donde la curva del costo por ordenar se cruza con la curva del costo de mantener el inventario. Esto no ocurre así por casualidad. Con el modelo EOQ, la cantidad óptima a ordenar aparecerá en el punto donde el costo total de preparación es igual al costo total de mantener en inventario.² Se usará este hecho para desarrollar las ecuaciones que proporcionan directamente el valor de Q^* . Los pasos necesarios son:

1. Desarrollar una expresión para el costo de preparación o costo por ordenar.
2. Desarrollar una expresión para el costo de mantener el inventario.
3. Igualar el costo de preparación (u ordenar) con el costo de mantener el inventario.
4. Resolver la ecuación para la cantidad óptima a ordenar.

²Éste es el caso cuando los costos de mantener el inventario son lineales y parten del origen; es decir, cuando los costos de inventario no disminuyen (o aumentan) conforme aumenta el volumen del inventario y todos los costos de mantener el inventario sufren incrementos pequeños. Además, quizá exista cierto aprendizaje cada vez que se ejecuta una preparación (o una orden); un hecho que disminuye los costos subsecuentes de preparación. En consecuencia, es probable que el modelo EOQ sea un caso especial. No obstante, hay que reconocer que este modelo es una aproximación razonable.

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

La figura 12.4 es el corazón del modelado EOQ. Se desea encontrar el costo total más pequeño (curva superior), que es la suma de las curvas que se encuentran por debajo de ésta.

Usando las siguientes variables, se pueden determinar los costos de ordenar y mantener el inventario, y despejar Q^* :

- Q = Número de unidades por orden
- Q^* = Número óptimo de unidades a ordenar (EOQ)
- D = Demanda anual en unidades para el artículo en inventario
- S = Costo de ordenar o de preparación para cada orden
- H = Costo de mantener o llevar el inventario por unidad por año.

1. Costo anual de preparación = (Número de órdenes colocadas por año)
 × (Costo de preparación u ordenar por orden)

$$= \left(\frac{\text{Demanda anual}}{\text{Número de unidades en cada orden}} \right) (\text{Costo de preparación u ordenar por orden})$$

$$= \left(\frac{D}{Q} \right) (S) = \frac{D}{Q} S$$

2. Costo anual de mantener el inventario = (Nivel de inventario promedio)
 × (Costo de mantener por unidad por año)

$$= \left(\frac{\text{Cantidad a ordenar}}{2} \right) (\text{Costo de mantener por unidad por año})$$

$$= \left(\frac{Q}{2} \right) (H) = \frac{Q}{2} H$$

3. La cantidad óptima a ordenar se encuentra cuando el costo anual de preparación es igual al costo anual de mantener el inventario; a saber:

$$\frac{D}{Q} S = \frac{Q}{2} H$$

4. Para despejar Q^* , sólo se multiplican en forma cruzada los términos y se despeja Q en el lado izquierdo de la igualdad.

$$2DS = Q^2 H$$

$$Q^2 = \frac{2DS}{H}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \tag{12-1}$$

Ahora que se ha obtenido la ecuación para la cantidad óptima a ordenar, Q^* , es posible resolver directamente los problemas de inventario, como en el ejemplo 3.

Ejemplo 3

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE ORDEN ÓPTIMO EN SHARP, INC.

A Sharp, Inc., una compañía que comercializa agujas hipodérmicas indoloras para los hospitales, le gustaría reducir su costo de inventario al determinar el número óptimo de agujas hipodérmicas que debe solicitar en cada orden.

MÉTODO ▶ Su demanda anual es de 1000 unidades; el costo de preparar u ordenar es de \$10 por orden, y el costo anual de mantener el inventario por unidad es de \$0.50.

SOLUCIÓN ▶ Usando estas cifras, se puede calcular el número óptimo de unidades por orden:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(1000)(10)}{0.50}} = \sqrt{40000} = 200 \text{ unidades}$$

RAZONAMIENTO ▶ Ahora Sharp, Inc. sabe cuántas agujas pedir por orden. La compañía también tiene una base para determinar los costos de ordenar y mantener el inventario para este artículo, así como el número de órdenes que serán procesadas por los departamentos de recepción e inventario.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ▶ Si D aumenta a 1200 unidades, ¿cuál es la nueva Q^* ? (Respuesta: $Q^* = 219$ unidades).

PROBLEMAS RELACIONADOS ▶ 12.5, 12.6, 12.7, 12.8, 12.9, 12.12, 12.13, 12.15, 12.35, 12.37.

También podemos determinar el número esperado de órdenes colocadas durante el año (N) y el tiempo esperado entre órdenes (T) como sigue:

$$\text{Número esperado de órdenes} = N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} = \frac{D}{Q^*} \quad (12-2)$$

$$\text{Tiempo esperado entre órdenes} = T = \frac{\text{Tiempo de días de trabajo por año}}{N} \quad (12-3)$$

En el ejemplo 4 se ilustra este concepto.

Ejemplo 4

CÁLCULO DEL NÚMERO DE ÓRDENES Y DEL TIEMPO ENTRE ÓRDENES EN SHARP, INC.

Sharp, Inc. (presentada en el ejemplo 3), tiene un año de 250 días hábiles y desea encontrar el número de órdenes (N) y el tiempo esperado entre órdenes (T) para este periodo.

MÉTODO ► Usando las ecuaciones (12-2) y (12-3), Sharp introduce los datos dados en el ejemplo 3.

SOLUCIÓN ►

$$\begin{aligned} N &= \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} \\ &= \frac{1000}{200} = 5 \text{ órdenes por año} \\ T &= \frac{\text{Número de días de trabajo por año}}{\text{Número esperado de órdenes}} \\ &= \frac{250 \text{ días de trabajo por año}}{5 \text{ órdenes}} = 50 \text{ días entre órdenes} \end{aligned}$$

RAZONAMIENTO ► Ahora la compañía no sólo sabe cuántas agujas pedir por orden, sino también que el tiempo entre órdenes es de 50 días y que hay cinco órdenes por año.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si $D = 1200$ unidades en vez de 1000, determine N y T . (Respuesta: $N \cong 5.48$, $T = 45.62$).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 12.12, 12.13, 12.15.

Como ya se mencionó en esta sección, el costo variable anual total del inventario es la suma de los costos de preparación y los costos de mantener el inventario:

$$\text{Costo total anual} = \text{Costo de preparación (ordenar)} + \text{Costo de mantener el inventario} \quad (12-4)$$

En términos de las variables del modelo, el costo total CT se expresa como:

$$CT = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad (12-5)$$

En el ejemplo 5 se muestra cómo usar esta fórmula.

Ejemplo 5

CÁLCULO DEL COSTO COMBINADO DE ORDENAR Y MANTENER EL INVENTARIO

Sharp, Inc. (ejemplos 3 y 4), quiere determinar el costo anual combinado de ordenar y mantener el inventario.

MÉTODO ► Aplicamos la ecuación (12-5) usando los datos del ejemplo 3.

SOLUCIÓN ►

$$\begin{aligned} CT &= \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \\ &= \frac{1000}{200}(\$10) + \frac{200}{2}(\$0.50) \\ &= (5)(\$10) + (100)(\$0.50) \\ &= \$50 + \$50 = \$100 \end{aligned}$$

RAZONAMIENTO ► Éstos son los costos anuales de preparar y mantener el inventario. Los \$100 del total no incluyen el costo real de los bienes. Observe que en el modelo EOQ, los costos de mantener el inventario siempre son iguales a los costos de preparación (ordenar).

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Determine el costo anual total si $D = 1200$ unidades en el ejemplo 3. (Respuesta: \$109.54).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 12.9, 12.12, 12.13, 12.14, 12.37b, c.

Los costos de inventario también se pueden expresar de manera que incluyan el costo real del material comprado. Si suponemos que la demanda anual y el precio por cada aguja hipodérmica son valores conocidos (por ejemplo, 1000 agujas hipodérmicas por año a $P = \$10$) y que el costo anual total debe incluir el costo de la compra, entonces la ecuación (12-5) se convierte en:

$$CT = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD$$

Como los costos de material no dependen de una política de pedidos en particular, se incurre en un costo anual de materiales de $D \times P = (1000)(\$10) = \$10\,000$. (Más adelante en este capítulo se analiza el caso en el que lo anterior tal vez no sea cierto; es decir, cuando se dispone de un descuento por cantidad).³

Modelo robusto Un beneficio del modelo EOQ es que es robusto. Por robusto entendemos que proporciona respuestas satisfactorias incluso con variaciones sustanciales en sus parámetros. Como hemos observado, a menudo es difícil determinar con precisión los costos de ordenar y mantener el inventario. En consecuencia, un modelo robusto resulta ventajoso. El costo total del EOQ cambia poco en las cercanías del mínimo. La curva es poco profunda. Esto significa que la variación en los costos de preparación, en los costos de mantener el inventario, en la demanda o incluso en el EOQ crea diferencias muy modestas en el costo total. En el ejemplo 6 se ilustra la robustez del modelo EOQ.

Robusto

Modelo que proporciona respuestas satisfactorias incluso con variaciones sustanciales en sus parámetros.

Ejemplo 6

EL EOQ ES UN MODELO ROBUSTO

En los ejemplos de Sharp, Inc., la gerencia subestima la demanda total anual en un 50% (digamos que la demanda real es de 1500 agujas en lugar de 1000), pero usa la misma Q . ¿Cuál sería el impacto de este cambio sobre el costo anual del inventario?

MÉTODO ► Se resuelven dos veces los costos anuales. Primero se aplica el EOQ erróneo; después se vuelven a calcular los costos con el EOQ correcto.

SOLUCIÓN ► Si la demanda del ejemplo 5 es en realidad de 1500 agujas en lugar de 1000, pero la gerencia usa una cantidad a ordenar de $Q = 200$ (cuando debería ser $Q = 244.9$ con base en $D = 1500$), la suma de los costos de mantener el inventario y ordenar se incrementa a \$125.

$$\begin{aligned} \text{Costo anual} &= \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \\ &= \frac{1500}{200}(\$10) + \frac{200}{2}(\$0.50) \\ &= \$75 + \$50 = \$125 \end{aligned}$$

Sin embargo, de haber sabido que la demanda era de 1500 con un EOQ de 244.9 unidades, se habrían gastado \$122.47, como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Costo anual} &= \frac{1500}{244.9}(\$10) + \frac{244.9}{2}(\$0.50) \\ &= 6.125(\$10) + 122.45(\$0.50) \\ &= \$61.25 + \$61.22 = \$122.47 \end{aligned}$$

continúa

³La fórmula para la cantidad económica a ordenar (Q^*) también se determina encontrando el mínimo de la curva del costo total (es decir, el lugar donde la pendiente de la curva del costo total es cero). Usando el cálculo, se iguala a cero la derivada del costo total con respecto a Q^* .

Los cálculos para encontrar el mínimo de $CT = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD$

$$\text{son } \frac{d(CT)}{dQ} = \left(\frac{-DS}{Q^2} \right) + \frac{H}{2} + 0 = 0$$

$$\text{Así que, } Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

El cálculo del punto de reorden se demuestra en el ejemplo 7.

Ejemplo 7

CÁLCULO DE PUNTOS DE REORDEN (ROP) PARA IPODS CON Y SIN INVENTARIO DE SEGURIDAD

Un distribuidor de Apple tiene una demanda (D) de 8000 iPods al año. La compañía opera 250 días hábiles al año. En promedio, la entrega de una orden toma 3 días de trabajo, pero ésta ha tardado en llegar hasta cuatro días. El distribuidor quiere calcular el punto de reorden sin un inventario de seguridad y después con un inventario de seguridad.

MÉTODO ▶ Primero calcule la demanda diaria y después aplique la ecuación (12-6) para el ROP. Luego calcule el ROP con inventario de seguridad.

SOLUCIÓN ▶

$$d = \frac{D}{\text{Número de días hábiles en un año}} = \frac{8000}{250} = 32 \text{ unidades}$$

$$\text{ROP} = \text{Punto de reorden} = d \times L = 32 \text{ unidades por día} \times 3 \text{ días} = 96 \text{ unidades.}$$

El ROP con inventario de seguridad añade un día de demanda (32 unidades) al ROP (para llegar 128 unidades).

RAZONAMIENTO ▶ Cuando el inventario de iPods caiga a 96 unidades, se debe hacer un pedido. Si se añade el inventario de seguridad para un posible retraso de un día en la entrega, el ROP es de 128 (= 96 + 32).

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ▶ Si sólo hay 200 días de trabajo al año, ¿cuál es el ROP correcto con y sin inventario de seguridad? (Respuesta: 120 iPods sin inventario de seguridad, y 160 con inventario de seguridad).

PROBLEMAS RELACIONADOS ▶ 12.9d, 12.10, 12.11, 12.13f.

OA4 Calcular un punto de reorden y explicar el inventario de seguridad

Cuando la demanda no es constante o existe variabilidad en la cadena de suministro, el inventario de seguridad puede ser crítico. En este capítulo se analiza el inventario de seguridad con mayor detalle.

Modelo de la cantidad económica a producir

En el modelo de inventario anterior, se supuso que la orden se recibe completa al mismo tiempo. Sin embargo, en ocasiones las empresas reciben el inventario durante el curso de algún periodo. Esos casos requieren un modelo distinto, que no necesite el supuesto de la entrega instantánea. Este modelo se aplica en dos circunstancias: (1) cuando el inventario fluye de manera continua o se acumula durante un periodo después de hacer el pedido, y (2) cuando las unidades se producen y venden en forma simultánea. Bajo estas circunstancias se toman en cuenta la tasa de producción diaria (o flujo de inventario) y la tasa de demanda diaria. En la figura 12.6 se muestran los niveles de inventario en función del tiempo (donde el inventario cae hasta cero entre las órdenes).

Dado que este modelo es muy adecuado para los entornos de producción, se conoce como el modelo de la cantidad económica a producir. Es útil cuando el inventario se acumula de manera continua en el tiempo y se cumplen los supuestos tradicionales de la cantidad económica a ordenar. Este modelo se obtiene igualando el costo de ordenar o preparar al costo de mantener el inventario y despejando el tamaño del lote óptimo, Q^* .

Modelo de la cantidad económica a producir

Una técnica para el lote económico a producir que se aplica a las órdenes de producción.

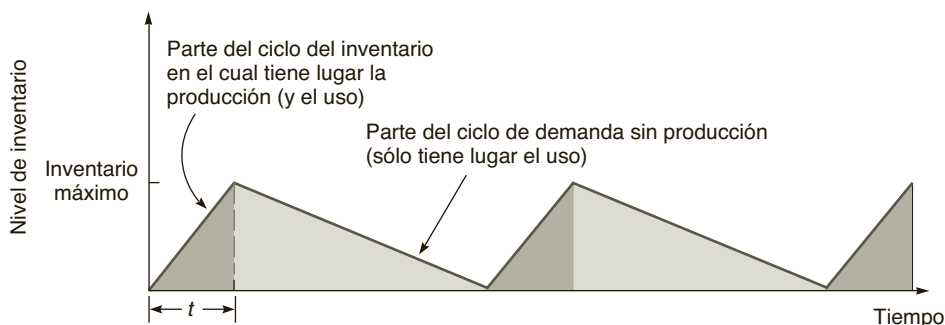


Figura 12.6

Cambio en los niveles de inventario con el paso del tiempo para el modelo de producción

Si se usa la siguiente simbología es posible determinar la expresión del costo anual de mantener el inventario para la cantidad económica a producir:

Q = número de unidades por orden

H = Costo de mantener el inventario por unidad por año

p = Tasa de producción diaria

d = Tasa de demanda diaria, o tasa de uso

t = Longitud de la corrida de producción en días.

OA5 *Aplicar* el modelo de la cantidad económica a producir

1. $\left(\begin{array}{c} \text{Costo anual de} \\ \text{mantener el inventario} \end{array} \right) = (\text{Nivel de inventario promedio}) \times \left(\begin{array}{c} \text{Costo de mantener el inventario} \\ \text{por unidad por año} \end{array} \right)$
2. $(\text{Nivel de inventario promedio}) = (\text{Nivel de inventario máximo})/2$
3. $\left(\begin{array}{c} \text{Nivel de inventario} \\ \text{máximo} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Total producido durante} \\ \text{la corrida de producción} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Total usado durante} \\ \text{la corrida de producción} \end{array} \right)$
 $= pt - dt$

TIP PARA EL ESTUDIANTE ☆

Observe en la figura 12.6 que la acumulación del inventario no es instantánea, sino gradual; por lo que la fórmula reduce el inventario promedio, y en consecuencia el costo de mantener el inventario, en función de la razón de esa acumulación.

Sin embargo, $Q = \text{total producido} = pt$, y así $t = Q/p$. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Nivel de inventario máximo} &= p\left(\frac{Q}{p}\right) - d\left(\frac{Q}{p}\right) = Q - \frac{d}{p}Q \\ &= Q\left(1 - \frac{d}{p}\right) \end{aligned}$$

4. Costo anual de mantener el inventario (o simplemente costo de mantener) =

$$\frac{\text{Nivel de inventario máximo}}{2} (H) = \frac{Q}{2} \left[1 - \left(\frac{d}{p} \right) \right] H$$

Usando esta expresión para el costo de mantener el inventario y la expresión para el costo de preparación desarrollada en el modelo básico EOQ, se resuelve para el número óptimo de piezas por orden al igualar el costo de preparación con el costo de mantener:

$$\begin{aligned} \text{Costo de preparación} &= (D/Q)S \\ \text{Costo de mantener el inventario} &= \frac{1}{2}HQ[1 - (d/p)] \end{aligned}$$

Cada orden puede requerir un cambio en la forma de preparar una máquina o un proceso. La reducción del tiempo de preparación suele significar una disminución en el costo de preparación; y las reducciones en los costos de preparación ocasionan lotes más pequeños y económicos a producir. Cada vez más, las preparaciones (y operaciones) se realizan con máquinas controladas por computadora (como ésta) que operan mediante programas escritos previamente.



Dmitry Kainovsky/Shutterstock

Se iguala el costo de ordenar con el costo de mantener el inventario para obtener Q_p^* :

$$\begin{aligned}\frac{D}{Q}S &= \frac{1}{2}HQ[1 - (d/p)] \\ Q^2 &= \frac{2DS}{H[1 - (d/p)]} \\ Q_p^* &= \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}}\end{aligned}\quad (12-7)$$

En el ejemplo 8, se usa la ecuación anterior, Q_p^* , a fin de encontrar la cantidad de producción óptima cuando el inventario se consume mientras es producido.

Ejemplo 8

UN MODELO DE CANTIDAD ECONÓMICA A PRODUCIR

Nathan Manufacturing, Inc., produce y vende tapones especiales para el mercado de refacciones de automóviles. El pronóstico de Nathan para su tapón de rueda con alambre es de 1000 unidades para el próximo año, con una demanda promedio de 4 unidades por día. Sin embargo, como el proceso de producción es más eficiente en 8 unidades por día, la compañía produce 8 unidades diarias pero sólo utiliza 4. La compañía quiere determinar el número óptimo de unidades por lote. (*Nota:* esta planta programa la producción de los tapones sólo cuando se necesitan, el taller opera 250 días al año).

MÉTODO ► Recopile los datos de costo y aplique la ecuación (12-7):

Demanda anual = $D = 1000$ unidades

Costos de preparación = $S = \$10$

Costo de mantener el inventario = $H = \$0.50$ por unidad por año

Tasa de producción diaria = $p = 8$ unidades diarias

Tasa de demanda diaria = $d = 4$ unidades diarias

SOLUCIÓN ►

$$\begin{aligned}Q_p^* &= \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}} \\ Q_p^* &= \sqrt{\frac{2(1000)(10)}{0.50[1 - (4/8)]}} \\ &= \sqrt{\frac{20000}{0.50(1/2)}} = \sqrt{80000} \\ &= 282.8 \text{ tapones, o } 283 \text{ tapones}\end{aligned}$$

RAZONAMIENTO ► La diferencia entre el modelo de la cantidad económica a producir y el modelo EOQ básico es el costo anual de mantener el inventario, el cual se reduce en el modelo de la cantidad a producir.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si Nathan puede incrementar su tasa de producción diaria de 8 a 10, ¿cómo cambia la Q_p^* ? (Respuesta: $Q_p^* = 258$).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 12.16, 12.17, 12.18, 12.39.

Tal vez quiera comparar esta solución con la respuesta al ejemplo 3, la cual tenía valores idénticos para D , S y H . Al eliminar el supuesto de entrega instantánea, donde $p = 8$ y $d = 4$, el resultado es un incremento para Q^* , esto es, de 200 en el ejemplo 3 a 283 en el ejemplo 8. Dicho aumento en Q^* se debe a que el costo de mantener el inventario disminuyó de $\$0.50$ a $(\$0.50 \times 1 - d/p)$, haciendo que el lote óptimo sea mayor. Asimismo, observe que:

$$d = 4 = \frac{D}{\text{Número de días que la planta está en operación}} = \frac{1000}{250}$$

También se puede calcular Q_p^* cuando se dispone de datos *anuales*. Cuando se usan los datos anuales, Q_p^* se puede expresar como:

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H\left(1 - \frac{\text{Tasa de demanda anual}}{\text{Tasa de producción anual}}\right)}}$$

Modelos de descuentos por cantidad

Descuento por cantidad

Un precio reducido de los artículos que se compran en grandes cantidades.

Para aumentar sus ventas, muchas compañías ofrecen a sus clientes descuentos por cantidad. Un descuento por cantidad es simplemente un precio (P) reducido de un artículo por la compra de grandes cantidades. Son comunes los programas de descuento con varios descuentos para órdenes grandes. En la tabla 12.2 aparece un programa típico de descuentos por cantidad. Como se observa en la tabla, el precio normal del artículo es de \$5. Cuando se ordenan a un mismo tiempo de 1000 a 1999 unidades, el precio por unidad baja a \$4.80; cuando la orden es de 2000 o más unidades, el precio unitario es de \$4.75. Como siempre, la gerencia debe decidir cuánto y cuándo ordenar. Sin embargo, frente a la oportunidad de ahorrar dinero con los descuentos por cantidad, ¿cómo toma estas decisiones el administrador de operaciones?

Al igual que con otros modelos de inventario analizados hasta ahora, la meta global es disminuir al mínimo el costo total. Dado que el costo unitario para el tercer descuento mostrado en la tabla 12.2 es el más bajo, usted podría interesarse en comprar 2000 unidades o más, sólo para aprovechar el costo más bajo del producto. Sin embargo, aun con el precio de descuento, hacer un pedido por esa cantidad podría no disminuir el costo total de su inventario. Es seguro que entre más suba la cantidad de descuento más bajará el costo del producto. Pero los costos de mantener el inventario suben porque los pedidos son más grandes. Por lo tanto, en los descuentos por cantidad la compensación más importante es *entre un costo del producto más bajo y un costo de mantener el inventario más alto*. Cuando se incluye el costo del producto, la ecuación para el costo total anual del inventario se puede calcular como sigue:

$$\text{Costo total} = \text{Costo de ordenar (preparación)} + \text{Costo de mantener el inventario} + \text{Costo del producto}$$

o bien

$$CT = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD \tag{12-9}$$

- donde Q = Cantidad ordenada
- D = Demanda anual en unidades
- S = Costo de ordenar o preparar por orden
- P = Precio por unidad
- H = Costo de mantener el inventario por unidad por año.

Ahora debemos determinar la cantidad que disminuirá al mínimo el costo total anual del inventario. Como existen varios descuentos, este proceso implica cuatro pasos:

TIP PARA EL ESTUDIANTE

★ Piense en el modelo de descuento como el modelo EOQ ejecutado una vez por *cada uno* de los niveles de descuento en el precio que se ofrecen.

PASO 1: Para cada descuento, calcule el valor del tamaño óptimo de la orden Q^* usando la siguiente ecuación:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IP}} \tag{12-10}$$

Observe que el costo de mantener el inventario es IP en lugar de H . Puesto que el precio del artículo es un factor del costo anual de mantener el inventario, no es posible suponer que este costo es constante cuando el precio unitario cambia para cada descuento por cantidad. Así, es común expresar el costo de mantener el inventario como el porcentaje (I) del precio unitario (P), y no como un costo constante por unidad por año, H .

TABLA 12.2 Un programa de descuentos por cantidad

NÚMERO DE DESCUENTO	CANTIDAD PARA EL DESCUENTO	DESCUENTO (%)	PRECIO (P) DE DESCUENTO
1	De 0 a 999	Sin descuento	\$5.00
2	De 1000 a 1999	4	\$4.80
3	2000 o más	5	\$4.75

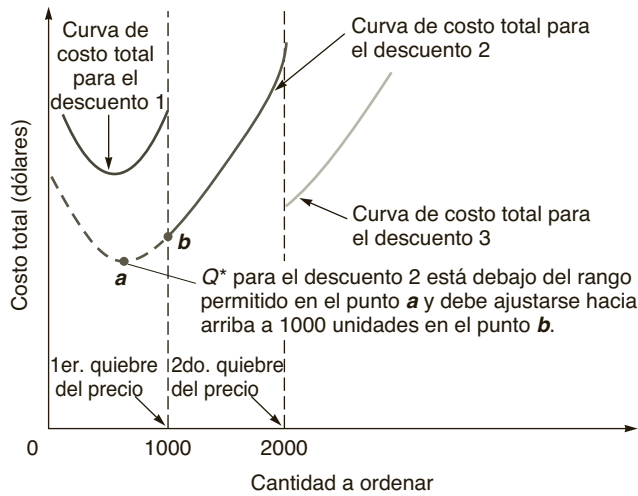


Figura 12.7

Curva de costo total para el modelo de descuentos por cantidad

PASO 2: Para cualquier descuento, si la cantidad a ordenar es muy baja como para calificar para el descuento, ajuste la cantidad a ordenar hacia arriba hasta la menor cantidad que califique para el descuento. Por ejemplo, si para el descuento 2 de la tabla 12.2 Q^* fuera de 500 unidades, su valor se ajustaría a 1000 unidades. Observe el segundo descuento de la tabla 12.2. Los órdenes que están entre 1000 y 1999 unidades califican para un 4% de descuento. Entonces, si Q^* es menor que 1000 unidades, la cantidad de la orden se ajustará a 1000 unidades.

El razonamiento del paso 2 puede no ser obvio. Si la cantidad a ordenar, Q^* , está por debajo del intervalo que califica para el descuento, una cantidad ubicada dentro de este rango todavía puede resultar en el costo total más bajo.

Como se muestra en la figura 12.7, la curva del costo total se descompone en tres curvas de costo total diferentes. Hay una curva de costo total para el primer descuento ($0 \leq Q \leq 999$), para el segundo ($1000 \leq Q \leq 1999$), y para el tercero ($Q > 2000$). Observe la curva del costo total (CT) para el descuento 2. El valor Q^* para el descuento 2 está debajo del intervalo del descuento, que va de 1000 a 1999 unidades. Como se muestra en la figura, la cantidad menor permitida en este intervalo, 1000 unidades, es la cantidad que disminuye al mínimo el costo total. Así, el segundo paso es necesario para asegurar que no se descartará una orden que podría generar el costo mínimo. Observe que se puede descartar una cantidad a ordenar calculada en el paso 1 que sea *mayor* que el intervalo que califica para un descuento.

PASO 3: Usando la anterior ecuación del costo total, calcule un costo total para cada Q^* determinada en los pasos 1 y 2. Si fue necesario ajustar Q^* hacia arriba por ser menor que el intervalo de la cantidad aceptable, asegúrese de emplear el valor ajustado para Q^* .

PASO 4: Seleccione la Q^* que tenga el costo total más bajo, como se calculó en el paso 3. Ésta será la cantidad que disminuirá al mínimo el costo total del inventario.

Veamos cómo se puede aplicar este procedimiento con un ejemplo.

★ TIP PARA EL ESTUDIANTE

No se olvide de ajustar hacia arriba la cantidad a ordenar si la cantidad es demasiado baja para calificar para el descuento.

Ejemplo 9

MODELO DE DESCUENTO POR CANTIDAD

Wohl's Discount Store tiene en inventario carritos de carreras. Recientemente le ofrecieron un programa de descuentos por cantidad para estos carritos. Este programa por cantidades se presenta en la tabla 12.2. Así, el costo normal de los carritos es de \$5.00. Para órdenes de entre 1000 y 1999 unidades, el costo unitario baja a \$4.80; para 2000 unidades o más, el costo unitario es de sólo \$4.75. Además, el costo de ordenar es de \$49.00 por orden, la demanda anual es de 5000 carritos de carreras, y el cargo, I , por mantener el inventario como porcentaje del costo es del 20%, o 0.2. ¿Qué cantidad ordenada disminuiría al mínimo el costo total del inventario?

MÉTODO ► Se seguirán los cuatro pasos que se acaban de describir para un modelo de descuentos por cantidad.

SOLUCIÓN ► El primer paso es calcular Q^* para cada descuento de la tabla 12.2. Esto se hace de la siguiente manera:

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2(5000)(49)}{(0.2)(5.00)}} = 700 \text{ carritos por orden}$$

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2(5000)(49)}{(0.2)(4.80)}} = 714 \text{ carritos por orden}$$

$$Q_3^* = \sqrt{\frac{2(5000)(49)}{(0.2)(4.75)}} = 718 \text{ carritos por orden}$$

El segundo paso es ajustar hacia arriba los valores de Q^* que son menores que el intervalo permitido para el descuento. Como Q_2^* está entre 0 y 999, no necesita ajustarse. Como Q_3^* está por debajo del intervalo permisible de 1000 a 1999, debe ajustarse a 1000 unidades. Lo mismo sucede para Q_1^* ; debe ajustarse a 2000 unidades. Después de este paso, se deben probar las siguientes cantidades a ordenar en la ecuación del costo total:

$$Q_1^* = 700$$

$$Q_2^* = 1000 : \text{ajustada}$$

$$Q_3^* = 2000 : \text{ajustada}$$

El tercer paso es usar la ecuación de costo total (12-9) y calcular el costo total para cada cantidad a ordenar. Este paso se realiza con ayuda de la tabla 12.3, la cual presenta los cálculos para cada nivel de descuento mostrado en la tabla 12.2.

TABLA 12.3 Cálculos del costo total para Wohl's Discount Store

NÚMERO DE DESCUENTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD A ORDENAR	COSTO ANUAL DEL PRODUCTO	COSTO ANUAL DE ORDENAR	COSTO ANUAL DE MANTENER EL INVENTARIO	TOTAL
1	\$5.00	700	\$25 000	\$350	\$350	\$25 700
2	\$4.80	1000	\$24 000	\$245	\$480	\$24 725
3	\$4.75	2000	\$23 750	\$122.50	\$950	\$24 822.50

El cuarto paso es seleccionar la cantidad a ordenar con el menor costo total. Si observa la tabla 12.3, verá que una cantidad a ordenar de 1000 carritos de carreras disminuye al mínimo el costo total. Sin embargo, también verá que el costo total por ordenar 2000 carritos es sólo un poco mayor que el costo por ordenar 1000 carritos. Entonces, si el costo del tercer descuento baja, por ejemplo a \$4.65, esta cantidad podría ser la que disminuirá al mínimo el costo total del inventario.

RAZONAMIENTO ► El tercer factor de costo del modelo de descuento por cantidad, costo anual del producto, es ahora una variable importante con impacto en el costo final y en la decisión. Para compensar una gran cantidad de cortes de precio se necesitan aumentos importantes en los costos de ordenar y mantener el inventario.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Wohl's acaba de recibir el ofrecimiento de un tercer corte en el precio. Si pide 2500 o más carritos de una sola vez, el costo unitario baja a \$4.60. ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar ahora? (Respuesta: $Q_4^* = 2500$, para un costo total de \$24 248).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 12.19, 12.20, 12.21, 12.22, 12.23, 12.24, 12.25.

Modelo probabilístico

Un modelo estadístico aplicable cuando se desconoce la demanda del producto o cualquier otra variable, pero ésta puede especificarse mediante una distribución de probabilidad.

Nivel de servicio

La probabilidad de que la demanda no sea mayor que el suministro durante el tiempo de entrega. Es el complemento de la probabilidad de un faltante.

Modelos probabilísticos e inventario de seguridad

Todos los modelos de inventario analizados hasta ahora suponen que la demanda de un producto es constante y cierta. Ahora se relajará este supuesto. Los siguientes modelos de inventario se aplican cuando la demanda del producto no se conoce pero puede especificarse mediante una distribución de probabilidad. Este tipo de modelos se llaman **modelos probabilísticos**. Los modelos probabilísticos son un ajuste al mundo real, porque la demanda y el tiempo de entrega no siempre serán conocidos y constantes,

Una preocupación importante de administración es mantener un nivel de servicio adecuado ante la demanda incierta. El **nivel de servicio** es el *complemento* de la probabilidad de un faltante. Por ejemplo, si la probabilidad de que ocurra un faltante es de 0.05, entonces el nivel de servicio es de 0.95. La demanda incierta eleva la posibilidad de faltantes. Un método adecuado para reducir los faltantes consiste en mantener en inventario unidades adicionales. Como se indicó, tal inventario

suele denominarse inventario de seguridad, el cual implica agregar cierto número de unidades al punto de reorden. A partir del análisis anterior:

$$\text{Punto de reorden} = \text{ROP} = d \times L$$

donde d = Demanda diaria

L = Tiempo de entrega de la orden, o número de días hábiles necesarios para efectuar la entrega de una orden.

La inclusión del inventario de seguridad (ss) cambia la expresión a:

$$\text{ROP} = d \times L + ss \tag{12-11}$$

La cantidad de inventario de seguridad depende del costo de incurrir en un faltante y del costo de mantener el inventario adicional. El costo anual por faltantes se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Costo anual por faltantes} &= \text{La suma de las unidades faltantes para cada nivel de demanda} \\ &\times \text{La probabilidad de ese nivel de demanda} \times \text{El costo de faltantes/unidad} \\ &\times \text{El número de órdenes por año} \end{aligned} \tag{12-12}$$

En el ejemplo 10 se ilustra este concepto.

Ejemplo 10

DETERMINACIÓN DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD CON DEMANDA PROBABILÍSTICA Y TIEMPO DE ENTREGA CONSTANTE

David Rivera Optical ha determinado que su punto de reorden para armazones de lentes es de 50 ($d \times L$) unidades. Su costo de mantener por armazón por año es de \$5, y el costo por faltantes (o pérdida de una venta) es de \$40 por armazón. La tienda ha experimentado la siguiente distribución de probabilidad para la demanda del inventario durante el tiempo de entrega (periodo de reorden). El número óptimo de órdenes por año es de seis.

NÚMERO DE UNIDADES	PROBABILIDAD
30	0.2
40	0.2
ROP → 50	0.3
60	0.2
70	0.1
	1.0

¿Cuánto inventario de seguridad debería mantener David Rivera?

MÉTODO ► El objetivo es encontrar la cantidad de inventario de seguridad que disminuya al mínimo la suma de los costos de mantener el inventario adicional y los costos por faltantes. El costo anual de mantener el inventario es sólo el costo de mantener una unidad multiplicado por las unidades agregadas al ROP. Por ejemplo, un inventario de seguridad de 20 armazones implica que el nuevo ROP, con inventario de seguridad, es 70 (= 50 + 20) y eleva el costo anual de conservar en $\$5(20) = \100 .

Sin embargo, el cálculo del costo anual por faltantes es más interesante. Para cualquier nivel de inventario de seguridad, el costo por faltantes es el costo esperado de que se agote el artículo. Se puede calcular, como en la ecuación (12-12), multiplicando el número de armazones faltantes (Demanda – ROP) por la probabilidad de la demanda en ese nivel, por el costo del faltante, por el número de veces por año que puede ocurrir el faltante (que en nuestro caso es el número de órdenes por año). Después se suman los costos de los faltantes para cada nivel posible de faltantes para un ROP dado.⁴

SOLUCIÓN ► Se puede considerar primero el inventario de seguridad en cero. Para este inventario de seguridad, ocurrirá un faltante de 10 armazones si la demanda es de 60, y habrá un faltante de 20 armazones si la demanda es de 70. Entonces los costos por faltantes para un inventario de seguridad de cero son:

$$\begin{aligned} &(\text{Faltante de 10 armazones})(0.2)(\$40 \text{ por faltante})(6 \text{ posibles faltantes por año}) \\ &+ (\text{Faltante de 20 armazones})(0.1)(\$40)(6) = \$960 \end{aligned}$$

continúa

⁴El número de unidades faltantes, Demanda – ROP, es cierta sólo cuando la Demanda – ROP es no negativa.

La tabla siguiente resume los costos totales para cada una de las tres alternativas:

INVENTARIO DE SEGURIDAD	COSTO ADICIONAL DE MANTENER EL INVENTARIO	COSTO POR FALTANTES	COSTO TOTAL
20	(20)(\$5) = \$100	\$ 0	\$100
10	(10)(\$5) = \$ 50	(10)(0.1)(\$40)(6) = \$240	\$290
0	\$ 0	(10)(0.2)(\$40)(6) + (20)(0.1)(\$40)(6) = \$960	\$960

El inventario de seguridad con el menor costo total es de 20 armazones. Por lo tanto, este inventario de seguridad cambia el punto de reorden a $50 + 20 = 70$ armazones.

RAZONAMIENTO ► Ahora la compañía óptica sabe que un inventario de seguridad de 20 armazones será la decisión más económica.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Ahora el costo de mantener un armazón para David Rivera se estima en \$20, mientras que el costo por faltantes es de \$30 por armazón. ¿Cambia el punto de reorden? (Respuesta: Inventario de seguridad = 10, con un costo total de \$380, que es el más bajo de los tres. ROP = 60 armazones).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 12.29, 12.30, 12.31.

Cuando resulta difícil o imposible determinar el costo de quedarse sin existencias, el gerente puede decidir seguir la política de mantener un inventario de seguridad suficiente para satisfacer un nivel prescrito de servicio al cliente. Por ejemplo, en la figura 12.8 se muestra el uso del inventario de seguridad cuando la demanda (de equipos de resucitación para hospital) es probabilística. Se aprecia que en la figura 12.8 el inventario de seguridad es de 16.5 unidades, y que el punto de reorden también se incrementa en 16.5.

El gerente podría querer definir su nivel de servicio como satisfacer el 95% de la demanda (o a la inversa, tener faltantes sólo un 5% del tiempo). Si se supone que durante el tiempo de entrega (el periodo de reorden) la demanda sigue una curva normal, sólo se necesitan la media y la desviación estándar para definir los requerimientos de inventario en cualquier nivel de servicio. En general, los datos de ventas son adecuados para calcular la media y la desviación estándar. En el ejemplo 11 se usa una curva normal con media (μ) y desviación estándar (σ) conocidas con la finalidad de determinar el punto de reorden y el inventario de seguridad necesarios para un nivel de servicio del 95%. Usamos la siguiente fórmula:

$$\text{ROP} = \text{Demanda esperada durante el tiempo de entrega} + Z\sigma_{dLT} \quad (12-13)$$

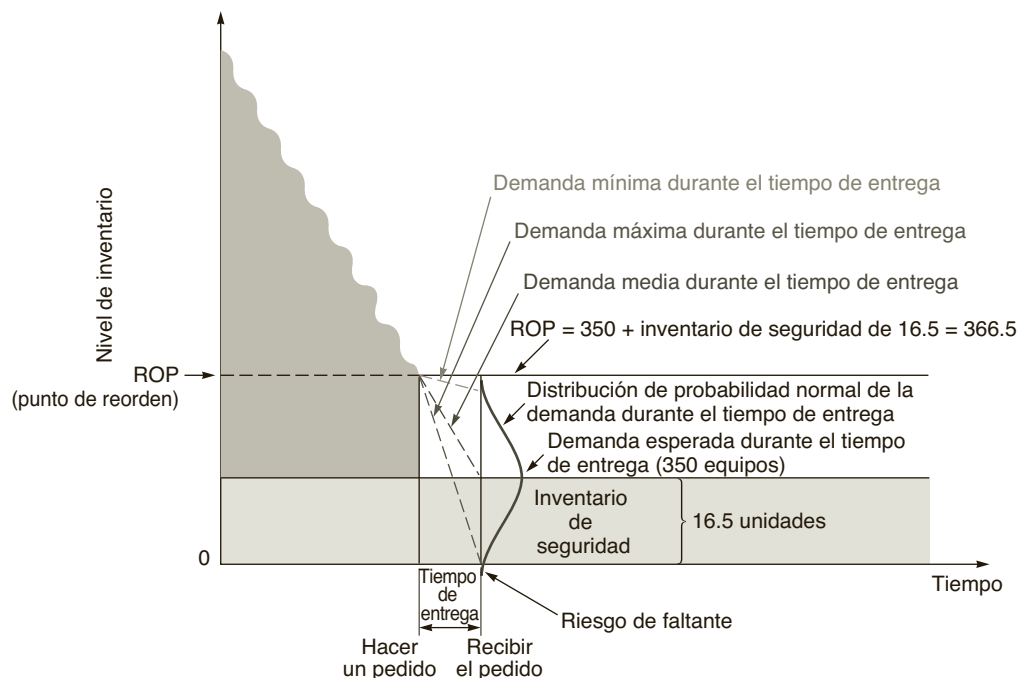
donde Z = Número de desviaciones estándar

σ_{dLT} = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

Figura 12.8

Demanda probabilística para un artículo de hospital

El número esperado de equipos necesarios durante el tiempo de entrega es de 350, pero para un nivel de servicio del 95% el punto de reorden debe elevarse a 366.5.



Ejemplo 11

INVENTARIO DE SEGURIDAD CON DEMANDA PROBABILÍSTICA

El Hospital Regional de Memphis almacena un equipo de resucitación de “código azul” que tiene una demanda distribuida normalmente durante el periodo de reorden. La demanda media (promedio) durante el periodo de reorden es de 350 equipos, y la desviación estándar es de 10 equipos. El gerente del hospital quiere aplicar una política que permita tener faltantes sólo un 5% del tiempo.

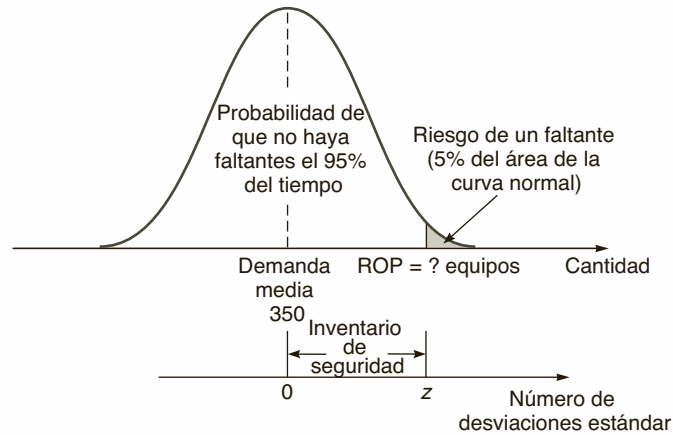
(a) ¿Cuál es el valor adecuado de Z ? (b) ¿Cuánto inventario de seguridad debe mantener el hospital? (c) ¿Qué punto de reorden debe usarse?

MÉTODO ► El hospital determina cuánto inventario se necesita para satisfacer la demanda el 95% del tiempo. La figura incluida en este ejemplo puede ayudarle a visualizar el método. Los datos son los siguientes:

$$\mu = \text{Demanda media} = 350 \text{ equipos}$$

$$\sigma_{dLT} = \text{Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega} = 10 \text{ equipos}$$

$$Z = \text{Número de desviaciones estándar}$$



TIP PARA EL ESTUDIANTE

Recuerde que el nivel de servicio es 1 menos el riesgo de un faltante.

SOLUCIÓN

a) Se usan las propiedades de una curva normal estandarizada para obtener un valor Z para un área situada bajo la curva normal de 0.95 (o $1 - 0.05$). Usando una tabla normal (vea el apéndice I), se encuentra un valor Z de 1.65 desviaciones estándar desde la media.⁵

b) Porque: $\text{Inventario de seguridad} = x - \mu$

$$y: \quad Z = \frac{x - \mu}{\sigma_{dLT}}$$

$$\text{entonces:} \quad \text{Inventario de seguridad} = Z\sigma_{dLT} \quad (12-14)$$

Al despejar el inventario de seguridad, como en la ecuación (12-14), resulta:

$$\text{Inventario de seguridad} = 1.65(10) = 16.5 \text{ equipos.}$$

Ésta es la situación ilustrada en la figura 12.8.

c) El punto de reorden es:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= \text{Demanda esperada durante el tiempo de entrega} + \text{Inventario de seguridad} \\ &= 350 \text{ equipos} + 16.5 \text{ equipos del inventario de seguridad} = 366.5, \text{ o } 367 \text{ equipos.} \end{aligned}$$

RAZONAMIENTO ► El costo de la política de inventarios aumenta en forma impresionante (exponencialmente) con el incremento en los niveles de servicio.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿Qué política resulta en faltantes el 10% del tiempo? (Respuesta: $Z = 1.28$; inventario de seguridad = 12.8; ROP = 363 equipos).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 12.27, 12.28, 12.40.

⁵De manera alternativa, puede aplicarse la función NORMSINV (probabilidad) de Microsoft Excel.

Otros modelos probabilísticos

Las ecuaciones (12-13) y (12-14) suponen que se conocen tanto una estimación de la demanda esperada durante los tiempos de entrega como su desviación estándar. Cuando no se cuenta con los datos del tiempo de entrega, estas fórmulas no se pueden aplicar. Sin embargo, existen otros tres modelos disponibles. Debemos determinar qué modelo usar para tres situaciones:

1. La demanda es variable y el tiempo de entrega es constante.
2. El tiempo de entrega es variable y la demanda es constante.
3. Tanto el tiempo de entrega como la demanda son variables.

Los tres modelos suponen que la demanda y el tiempo de entrega son variables independientes. Observe que en nuestros ejemplos se usan días, pero también se pueden utilizar semanas. A continuación examinamos estas tres situaciones por separado, porque el cálculo del ROP necesita una fórmula distinta en cada caso.

La demanda es variable y el tiempo de entrega es constante (Vea el ejemplo 12) Cuando *sólo la demanda es variable*, entonces:

$$\text{ROP} = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega en días}) + Z\sigma_{dLT} \quad (12-15)$$

donde σ_{dLT} = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega =
 $\sigma_d \sqrt{\text{Tiempo de entrega}}$

y σ_d = desviación estándar de la demanda diaria

OA7 Entender los modelos de niveles de servicio y de inventario probabilístico

Ejemplo 12

ROP PARA DEMANDA VARIABLE Y TIEMPO DE ENTREGA CONSTANTE

La demanda diaria *promedio* para las computadoras portátiles Lenovo en una tienda de Circuit Town es de 15, con una desviación estándar de 5 unidades. El tiempo de entrega es constante de 2 días. Encuentre el punto de reorden si la gerencia quiere un nivel de servicio del 90% (es decir, un riesgo de faltantes sólo un 10% del tiempo). ¿Cuánto de este inventario es de seguridad?

MÉTODO ► Aplique la ecuación (12-15) a los siguientes datos:

Demanda diaria promedio (distribuida normalmente) = 15

Tiempo de entrega en días (constante) = 2

Desviación estándar de la demanda diaria = $\sigma_d = 5$

Nivel de servicio = 90%

SOLUCIÓN ► A partir de la tabla normal (Apéndice I), obtenemos un valor de Z para el 90% de 1.28. Entonces:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (15 \text{ unidades} \times 2 \text{ días}) + Z\sigma_d \sqrt{\text{Tiempo de entrega}} \\ &= 30 + 1.28(5)(\sqrt{2}) \\ &= 30 + 1.28(5)(1.41) = 30 + 9.02 = 39.02 \cong 39 \end{aligned}$$

Así, el inventario de seguridad es de alrededor de 9 computadoras Lenovo.

RAZONAMIENTO ► El valor de Z depende del nivel de riesgo de faltantes del gerente. Entre más pequeño sea el riesgo, mayor será Z .

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si el gerente de Circuit Town quiere un nivel de servicio del 95%, ¿cuál es el nuevo ROP? (Respuesta: ROP = 41.63, o 42).

PROBLEMA RELACIONADO ► 12.32.

El tiempo de entrega es variable y la demanda es constante Cuando la demanda es constante y *sólo el tiempo de entrega es variable*, entonces:

$$\text{ROP} = (\text{Demanda diaria} \times \text{Tiempo de entrega promedio en días}) + Z \times \text{Demanda diaria} \times \sigma_{LT} \quad (12-16)$$

donde σ_{LT} = Desviación estándar del tiempo de entrega en días

Ejemplo 13

ROP PARA DEMANDA CONSTANTE Y TIEMPO DE ENTREGA VARIABLE

La tienda de Circuit Town del ejemplo 12 vende alrededor de 10 cámaras digitales al día (casi una cantidad constante). El tiempo de entrega para una cámara está normalmente distribuido con un tiempo medio de 6 días y desviación estándar de 1 día. Se establece un nivel de servicio del 98%. Encuentre el ROP.

MÉTODO ▶ Aplique la ecuación (12-16) a los siguientes datos:

Demanda diaria = 10

Tiempo de entrega promedio = 6 días

Desviación estándar del tiempo de entrega = $\sigma_{LT} = 1$ día

Nivel de servicio = 98%, por lo que Z (del apéndice I) = 2.055

SOLUCIÓN ▶ A partir de la ecuación obtenemos:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (10 \text{ unidades} \times 6 \text{ días}) + 2.055(10 \text{ unidades})(1) \\ &= 60 + 20.55 = 80.55 \end{aligned}$$

El punto de reorden es de alrededor de 81 cámaras.

RAZONAMIENTO ▶ Observe que un nivel de servicio muy alto del 98% eleva también el ROP.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ▶ Si se aplica un nivel de servicio del 90%, ¿hasta dónde baja el ROP? (Respuesta: $\text{ROP} = 60 + (1.28)(10)(1) = 60 + 12.8 = 72.8$, puesto que el valor de Z es de sólo 1.28).

PROBLEMA RELACIONADO ▶ 12.33.

Tanto la demanda como el tiempo de entrega son variables Cuando la demanda y el tiempo de entrega son variables, la fórmula para el punto de reorden se vuelve más compleja:⁶

$$\text{ROP} = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{tiempo de entrega promedio}) + Z\sigma_{dLT} \quad (12-17)$$

donde

σ_d = Desviación estándar de la demanda diaria

σ_{LT} = Desviación estándar del tiempo de entrega en días

$$\text{y } \sigma_{dLT} = \sqrt{(\text{Tiempo de entrega promedio} \times \sigma_d^2) + (\text{Demanda diaria promedio})^2 \sigma_{LT}^2}$$

Ejemplo 14

ROP PARA DEMANDA VARIABLE Y TIEMPO DE ENTREGA VARIABLE

El artículo más vendido en la tienda de Circuit Town es el paquete de seis baterías de 9 voltios. Se venden alrededor de 150 paquetes al día, siguiendo una distribución normal con una desviación estándar de 16 paquetes. Las baterías se ordenan a un distribuidor de otro estado; el tiempo de entrega se distribuye por lo regular con un promedio de 5 días y una desviación estándar de 1 día. Para mantener un nivel de servicio del 95%, ¿qué ROP es el adecuado?

MÉTODO ▶ Determine la cantidad a la cual se debe reordenar aplicando la ecuación (12-17) a los siguientes datos:

Demanda diaria promedio = 150 paquetes

Desviación estándar de la demanda = $\sigma_d = 16$ paquetes

Tiempo de entrega promedio = 5 días

Desviación estándar del tiempo de entrega = $\sigma_{LT} = 1$ día

Nivel de servicio = 95%, por lo que $Z = 1.65$ (del apéndice I).

SOLUCIÓN ▶ A partir de la ecuación calculamos:

$$\text{ROP} = (150 \text{ paquetes} \times 5 \text{ días}) + 1.65\sigma_{dLT}$$

⁶Observe que la ecuación (12-17) también se puede expresar como

$$\text{ROP} = \text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega promedio} + Z\sqrt{(\text{Tiempo de entrega promedio} \times \sigma_d^2) + \bar{d}^2 \sigma_{LT}^2}$$

$$\begin{aligned} \text{donde } \sigma_{dLT} &= \sqrt{(5 \text{ días} \times 16^2) + (150^2 \times 1^2)} \\ &= \sqrt{(5 \times 256) + (22500 \times 1)} \\ &= \sqrt{1280 + 22500} = \sqrt{23780} \cong 154 \end{aligned}$$

$$\text{Entonces ROP} = (150 \times 5) + 1.65(154) \cong 750 + 254 = 1004 \text{ paquetes}$$

RAZONAMIENTO ► Cuando tanto la demanda como el tiempo de entrega son variables, la fórmula luce muy compleja. Pero es sólo el resultado de elevar al cuadrado las desviaciones estándar de las ecuaciones (12-15) y (12-16) para obtener sus varianzas, después sumarlas, y finalmente calcular su raíz cuadrada.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Para un nivel de servicio del 80%, ¿cuál es el ROP? (Respuesta: $Z = 0.84$ y $\text{ROP} = 879$ paquetes).

PROBLEMA RELACIONADO ► 12.34.

Modelo de un solo periodo

Modelo de inventarios de un solo periodo

Un sistema para ordenar artículos que tienen poco o ningún valor al final de un periodo de ventas (perecederos).

Un modelo de inventarios de un solo periodo describe una situación en la que se hace *un* pedido para un producto. Al final del periodo de ventas, cualquier producto restante tiene poco o ningún valor. Éste es un problema típico de los árboles de navidad, artículos de temporada, productos de panadería, periódicos y revistas. (De hecho, este problema de inventario suele denominarse el “problema del puesto de periódicos”). En otras palabras, a pesar de que los artículos en un puesto de periódicos se ordenan semanal o diariamente, éstos no pueden conservarse y utilizarse como inventario en el próximo periodo de ventas. Así que la decisión consiste en determinar la cantidad a ordenar al comienzo del periodo.

Debido a que la demanda exacta para tales productos de temporada nunca se conoce, se considera una distribución de probabilidad relacionada con la demanda. Si se asume una distribución normal, y se almacena y vende un promedio (media) de 100 árboles de navidad cada temporada, entonces, hay un 50% de posibilidades de tener faltantes y un 50% de posibilidades de tener árboles sobrantes. Para determinar la política de almacenamiento óptima para los árboles antes de que comience la temporada, también es necesario conocer la desviación estándar y considerar los siguientes dos costos marginales:

C_s = Costo de faltantes (subestimamos) = Precio unitario de venta – Costo unitario

C_o = Costo de excedentes (sobrestimamos) = Costo unitario – Valor de salvamento unitario (si existe)

El nivel de servicio, es decir, la probabilidad de que *no* haya faltantes, se establece en:

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{C_s}{C_s + C_o} \quad (12-18)$$

Por lo tanto, se debe considerar un incremento en la cantidad a ordenar hasta que el nivel de servicio sea igual o superior a la proporción de $[C_s / (C_s + C_o)]$.

Este modelo, que se ilustra en el ejemplo 15, es utilizado en muchas industrias de servicios, incluyendo hoteles, compañías aéreas, panaderías y tiendas de ropa.

Ejemplo 15

DECISIÓN DE INVENTARIO PARA UN SOLO PERIODO

El puesto de periódicos de Chris Ellis, que se encuentra justo en la salida de la estación de metro Smithsonian en Washington, DC, suele vender 120 copias diarias del *Washington Post*. Chris cree que la venta del *Post* tiene una distribución normal, con una desviación estándar de 15 periódicos. Ellis paga 70 centavos por cada periódico, que se vende en \$1.25. El *Post* le da un crédito de 30 centavos por cada periódico que no haya vendido. Chris desea determinar cuántos periódicos debe ordenar cada día y el riesgo de los faltantes para esa cantidad.

MÉTODO ► Los datos de Chris son los siguientes:

$$C_s = \text{costo de faltantes} = \$1.25 - \$0.70 = \$0.55$$

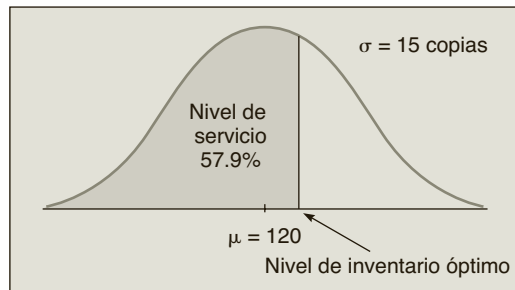
$$C_o = \text{costo de sobrantes} = \$0.70 - \$0.30 \text{ (valor de salvamento)} = \$0.40$$

Chris aplicará la ecuación (12-18) y la tabla normal, utilizando $\mu = 120$ y $\sigma = 15$.

SOLUCIÓN ►

a) Nivel de servicio = $\frac{C_s}{C_s + C_o} = \frac{0.55}{0.55 + 0.40} = \frac{0.55}{0.95} = 0.579$

b) Chris debe encontrar la cantidad Z para su distribución normal que genere una probabilidad de 0.579.



Así que 57.9% del área bajo la curva normal debe ser estar a la izquierda del nivel de inventario óptimo.

c) Usando el apéndice I, para un área de 0.578, el valor $Z \cong 0.20$.

Entonces, el nivel de inventario óptimo = $120 \text{ ejemplares} + (0.20)(\sigma)$
 $= 120 + (0.20)(15) = 120 + 3 = 123 \text{ periódicos}$

El riesgo de faltantes si Chris ordena 123 ejemplares diarios del *Post* es $1 - \text{Nivel de Servicio} = 1 - 0.578 = 0.422 = 42.2\%$.

RAZONAMIENTO ► Si el nivel de servicio está siempre debajo de 0.50, Chris debe pedir menos de 120 ejemplares al día.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿Cómo cambia la decisión de Chris si el *Post* modifica su política y no ofrece *ningún crédito* por los periódicos sobrantes, una política que muchos editores están adoptando?
 [Respuesta: Nivel de servicio = 0.44, $Z = -0.15$. Por lo tanto, el inventario es de $120 + (-0.15)(15) = 117.75$, o 118 periódicos].

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 12.36, 12.37, 12.38.

Sistemas de periodo fijo (P)

Los modelos de inventario considerados hasta ahora son sistemas de cantidad fija, o sistemas Q . Es decir, la misma cantidad fija de un artículo se agrega al inventario cada vez que se hace un pedido. Observamos que un evento desencadena los pedidos. Cada vez que el inventario disminuye hasta el punto de reorden (ROP), se hace un nuevo pedido de Q unidades.

Para usar el modelo de cantidad fija, es necesario monitorear continuamente el inventario.⁷ Esto se conoce como sistema de inventario perpetuo. Cada vez que un artículo entra o sale del inventario, los registros deben actualizarse para determinar si se ha alcanzado el ROP. Por otra parte, en un sistema periodo fijo (también conocido como sistema de revisión periódica, o sistema P), los pedidos se hacen al final de un periodo dado. Entonces, y sólo entonces, se cuenta el inventario existente. En ese momento se pide la cantidad necesaria para elevar el inventario a un nivel meta especificado (T). En la figura 12.9 se ilustra este concepto.

Sistema de cantidad fija (Q)

Un sistema de órdenes en el que cada vez se ordena la misma cantidad.

Sistema de inventario perpetuo

Un sistema que da seguimiento continuo a cada salida o entrada del inventario, de manera que los registros siempre están actualizados.

Sistema de periodo fijo (P)

Un sistema en el que las órdenes de inventario se realizan a intervalos regulares.

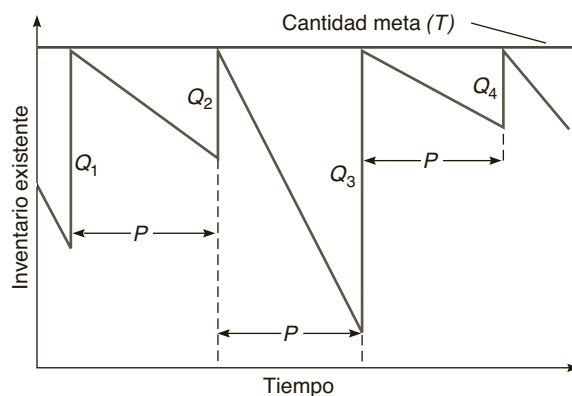


Figura 12.9

Nivel de inventarios en un sistema de periodo fijo (P)

Se ordenan varias cantidades (Q_1, Q_2, Q_3 , etcétera) a intervalos regulares (P) con base en la cantidad necesaria para elevar el inventario hasta la cantidad meta (T).

⁷Los administradores de AO también los llaman *sistemas de revisión continua*.

TIP PARA EL ESTUDIANTE ☆

Un modelo de periodo fijo puede ordenar una cantidad diferente cada vez.

- Los sistemas de periodo fijo comparten varios supuestos con el sistema básico de cantidad fija EOQ:
- ▶ Los únicos costos relevantes son los costos de ordenar y mantener el inventario.
 - ▶ Los tiempos de entrega se conocen y son constantes.
 - ▶ Los artículos son independientes entre sí.

La recta de pendiente menguante de la figura 12.9 representa de nuevo el inventario actual. Pero ahora, cuando transcurre el tiempo entre las órdenes (P), se coloca una nueva orden para elevar el inventario al valor meta (T). La cantidad ordenada durante el primer periodo puede ser Q_1 , en el segundo periodo Q_2 , etcétera. El valor Q_i es la diferencia que existe entre el inventario actual y el nivel de inventario meta.

La ventaja del sistema de periodo fijo es que no hay un conteo físico de los artículos del inventario después de que se extrae un artículo; esto ocurre sólo cuando llega el tiempo de la siguiente revisión. Este procedimiento también es conveniente en términos administrativos.

Un sistema de periodo fijo resulta adecuado cuando los vendedores visitan a los clientes de manera rutinaria (es decir, a intervalos de tiempo fijos) para tomar nuevos pedidos o cuando el departamento de compras desea combinar los pedidos para ahorrar costos de ordenar y de transporte (por lo tanto, los artículos similares del inventario tendrán un mismo periodo de revisión). Por ejemplo, una compañía de máquinas expendedoras puede reabastecer sus máquinas todos los martes. Éste es el caso también en Anheuser-Busch, cuyos representantes de ventas pueden visitar una tienda cada 5 días.

La desventaja del sistema P es que, como no hay un conteo del inventario durante el periodo de revisión, existe la posibilidad de registrar faltantes durante ese tiempo. Este escenario es posible si un pedido grande llevara el inventario hasta cero, justo después de hacer un pedido. Por lo tanto, es necesario mantener un nivel más alto de inventario de seguridad (a diferencia del sistema de cantidad fija) como protección contra faltantes durante el tiempo que transcurre entre las revisiones y el tiempo de entrega.

Resumen

El inventario representa una inversión importante para muchas compañías. Esta inversión con frecuencia es mayor de lo que debería ser porque para muchas empresas es más fácil tener un inventario “por si acaso” en lugar de un inventario “justo a tiempo”. Los inventarios son de cuatro tipos:

1. Materias primas y componentes comprados.
2. Trabajo en proceso.
3. Mantenimiento, reparación y operación (MRO).

4. Bienes terminados.

En este capítulo se estudiaron el inventario independiente, el análisis ABC, la exactitud de los registros, el conteo cíclico, y los modelos de inventario que se usan para controlar las demandas independientes. El modelo EOQ, el modelo de la cantidad económica a producir, y el modelo de descuentos por cantidad se pueden resolver usando Excel, Excel OM o POM para Windows.

Términos clave

Análisis ABC (p. 477)	Inventario de trabajo en proceso (WIP) (p. 477)	Nivel de servicio (p. 494)
Conteo cíclico (p. 479)	Merma (p. 481)	Punto de reorden (ROP) (p. 488)
Costo de hacer pedidos (p. 482)	Modelo de inventarios de un solo periodo (p. 500)	Robo (p. 481)
Costo de mantener el inventario (p. 482)	Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ) (p. 483)	Robusto (p. 487)
Costo de preparación (p. 483)	Modelo de la cantidad económica a producir (p. 489)	Sistema de cantidad fija (Q) (p. 501)
Descuento por cantidad (p. 492)	Modelo probabilístico (p. 494)	Sistema de inventario perpetuo (p. 501)
Inventario de bienes terminados (p. 477)	MRO (p. 477)	Sistema de periodo fijo (P) (p. 501)
Inventario de materias primas (p. 476)		Tiempo de entrega (p. 488)
Inventario de seguridad (p. 488)		Tiempo de preparación (p. 483)

Dilema ético

El hospital Wayne Hills localizado en el pequeño pueblo de Wayne, Nebraska, enfrenta un problema que afecta por igual a grandes hospitales urbanos y a pequeñas clínicas rurales, como ésta. El problema es decidir cuánta sangre de cada tipo debe tenerse en inventario. Por el alto costo de la sangre y su corto tiempo de vida en anaquel (hasta 5 semanas en refrigeración entre 1 y 6°C), es natural que Wayne Hills desee mantener el inventario tan bajo como sea posible. Por desgracia, los desastres sufridos en el pasado, como un tornado y el descarrilamiento de un tren, demostraron que se pierden vidas cuando no se dispone de sangre suficiente para hacer frente a las

necesidades masivas. El gerente del hospital quiere establecer un 85% de nivel de servicio con base en la demanda presentada durante la última década. Analice las implicaciones de esta decisión. ¿Cuál es la responsabilidad del hospital con respecto al almacenamiento de medicamentos necesarios para salvar vidas cuando éstos tienen una vida útil en anaquel muy breve?, ¿cómo establecería el nivel del inventario para bienes de consumo como la sangre?



Steve Dunwell/Getty Images Inc. - Image Bank

Preguntas para análisis

1. Describa los cuatro tipos de inventario.
2. Con el auge de la computación de bajo costo, ¿ve alternativas para las populares clasificaciones ABC?
3. ¿Cuál es el propósito del sistema de clasificación ABC?
4. Identifique y explique los tipos de costo involucrados en un sistema de inventarios.
5. Explique los supuestos más importantes del modelo básico EOQ.
6. ¿Cuál es la relación de la cantidad económica a ordenar con la demanda? ¿Con el costo de mantener el inventario? ¿Con el costo de preparación?
7. Explique por qué no es necesario incluir el costo del producto (precio o precio multiplicado por cantidad) en el modelo EOQ, pero sí lo es en el modelo de descuentos por cantidad.
8. ¿Cuáles son las ventajas del conteo cíclico?
9. ¿Qué impacto tiene en la EOQ la disminución del tiempo de preparación?
10. Cuando se ofrecen descuentos por cantidad, ¿por qué no es necesario revisar los puntos de descuento que están debajo de la EOQ o los puntos que están arriba de la EOQ que no son puntos de descuento?
11. ¿Qué se entiende por “nivel de servicio”?
12. Explique lo siguiente: estando todas las cosas igual, la cantidad del inventario de producción será mayor que la cantidad económica a ordenar.
13. Describa la diferencia que hay entre un sistema de inventarios de cantidad fija (Q) y uno de periodo fijo (P).
14. Explique qué significa la expresión “modelo robusto”. En específico, ¿qué le diría a un gerente que exclama: “¡Estamos en problemas! Calculamos mal la EOQ. La demanda real es un 10% mayor que la estimada”.
15. ¿Qué es “inventario de seguridad”? ¿Contra qué protege este inventario?
16. Cuando la demanda no es constante, el punto de reorden es una función de cuatro parámetros, ¿cuáles son éstos?
17. ¿Cómo se monitorean los niveles de inventario en las tiendas al menudeo?
18. Describa la ventaja y la desventaja principales de un sistema de periodo fijo (P).

Uso de software para resolver problemas de inventario

En esta sección se presentan tres formas de resolver problemas de inventario con software de computadora. Primero, puede crear sus propias hojas de cálculo en Excel. Segundo, puede usar el software Excel OM. Tercero, con POM para Windows pueden resolverse todos los problemas marcados con una **P**.

CREACIÓN DE SUS PROPIAS HOJAS DE CÁLCULO EN EXCEL

En el programa 12.1 se ilustra cómo hacer un modelo en Excel para resolver el ejemplo 8 (página 491). Éste es un modelo de la cantidad económica a producir. Se presenta una lista de las fórmulas necesarias para crear la hoja de cálculo.

✕ USO DE EXCEL OM

	A	B
1	Nathan Manufacturing, Inc.	
2		
3	Demand rate, D	1000
4	Setup cost, S	\$ 10.00
5	Holding cost, H	\$ 0.50
6	Daily production rate, p	8
7	Daily demand rate, d	4
8	Days per year	250
9	Unit price, P	\$ 200.00
10		
11		
12	Optimal production quantity, Q*	282.84
13	Maximum inventory	141.42
14	Average inventory	70.71
15	Number of Setups	3.54
16	Time (days) between production runs	70.71
17		
18	Holding cost	\$ 35.36
19	Setup cost	\$ 35.36
20		
21	Unit costs	\$ 200,000
22		
23	Total cost, Tc	\$ 200,071
24		

$=B8/B15$

$=B14*B5$

$=B15*B4$

$=B9*B3$

$=SQRT((2*B3*B4)/(B5*(1-B6/B7)))$

$=B12*(B6-B7)/B6$

$=B13/2$

$=B3/B12$

$=B18+B19+B21$

Programa 12.1

Uso de Excel para implementar un modelo de producción con datos del ejemplo 8

Excel OM permite modelar con facilidad los problemas de inventario, incluyendo el análisis ABC, el modelo básico EOQ, el modelo de producción y las situaciones de descuentos por cantidad.

En el programa 12.2 se muestra la introducción de datos, las fórmulas seleccionadas y los resultados del análisis ABC, por medio de los datos del ejemplo 1 (en la página 478). Después de introducir los datos, empleamos los comandos de Excel, *Datos* y *Ordenar*, para clasificar los artículos de mayor a menor volumen monetario.

Introduzca el nombre o el número del artículo, su volumen de ventas y el costo unitario en las columnas A, B y C.

Calcule el volumen total en dinero para cada artículo = $B8 \times C8$

Calcule el porcentaje del gran total del volumen en dinero para cada artículo = $E8/E18$

Los volúmenes monetarios acumulados en la columna G sólo tienen sentido después de ordenar los artículos por su volumen en dinero. Ya sea que use el botón de copiar y ordenar, o que ordene los datos en forma manual, marque de la celda A7 a la E17 y después use los comandos Datos y Ordenar de las barras de Excel 2007 o 2010.

$= \text{SUMA}(\$F\$8:F8)$

$= \text{SUMA}(E8:E17)$

Data	Volume	Unit cost	Dollar volume	% Dollar volume	Cumulative \$-vol %
8 #10286	1000	90	90000	38.78%	38.78%
9 #11526	500	154	77000	33.18%	71.97%
10 #12760	1550	17	26350	11.35%	83.32%
11 #10867	350	42.86	15001	6.46%	89.78%
12 #10500	1000	12.5	12500	5.39%	95.17%
13 #12572	600	14.17	8502	3.66%	98.83%
14 #14075	2000	0.6	1200	0.52%	99.35%
15 #01036	100	8.5	850	0.37%	99.72%
16 #01307	1200	0.42	504	0.22%	99.94%
17 #10572	250	0.6	150	0.06%	100.00%
18	Total		232057		

Programa 12.2

Uso de Excel OM para efectuar el análisis ABC con los datos del ejemplo 1

■ USO DE POM PARA WINDOWS

Con el módulo de inventarios de POM para Windows se puede resolver toda la familia de problemas EOQ.

Problemas resueltos

PROBLEMA RESUELTO 12.1

David Alexander ha recopilado la tabla siguiente de seis artículos en inventario para Angelo Products, junto con su costo unitario y su demanda en unidades:

CÓDIGO DE IDENTIFICACION	COSTO UNITARIO (\$)	DEMANDA ANUAL (UNIDADES)
XX1	5.84	1200
B66	5.40	1110
3CPO	1.12	896
33CP	74.54	1104
R2D2	2.00	1110
RMS	2.08	961

Use el análisis ABC para determinar cuáles artículo(s) deben controlarse con cuidado usando una técnica cuantitativa de inventarios y qué artículo(s) no necesitan controlarse en forma estricta.

SOLUCIÓN

El artículo que necesita control estricto es el 33CP, por lo que es un artículo A. Los artículos que no necesitan controlarse en forma estricta son 3CPO, R2D2 y RMS; éstos son artículos C. Los artículos B serán el XXI y el B66.

CÓDIGO	VOLUMEN MONETARIO ANUAL = COSTO UNITARIO × DEMANDA
XX1	\$ 7008.00
B66	\$ 5994.00
3CPO	\$ 1003.52
33CP	\$82 292.16
R2D2	\$ 2220.00
RMS	\$ 1998.88

Costo total = \$100 516.56
70% del costo total = \$70 347.92

PROBLEMA RESUELTO 12.2

La Warren W. Fisher Computer Corporation compra 8000 transistores cada año como componentes para minicomputadoras. El costo unitario de cada transistor es de \$10, y el costo de mantener un transistor en inventario durante un año es de \$3. El costo de ordenar es de \$30 por pedido.

¿Cuáles son (a) el tamaño del lote óptimo, (b) el número esperado de pedidos hechos cada año, y (c) el tiempo esperado entre éstos? Suponga que Fisher opera 200 días al año.

SOLUCIÓN

$$a) Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(8000)(30)}{3}} = 400 \text{ unidades}$$

$$b) N = \frac{D}{Q^*} = \frac{8000}{400} = 20 \text{ pedidos}$$

$$c) \text{Tiempo entre pedidos} = T = \frac{\text{Número de días de trabajo}}{N} = \frac{200}{20} = 10 \text{ días de trabajo}$$

Con 20 pedidos hechos cada año, se hace un pedido de 400 transistores cada 10 días de trabajo

PROBLEMA RESUELTO 12.3

La demanda anual de carpetas en Meyer's Stationery Shop es de 10 000 unidades. Brad Meyer opera su negocio 300 días al año y,

por lo general, las entregas de su proveedor toman 5 días de trabajo. Calcule el punto de reorden para las carpetas.

SOLUCIÓN

$$L = 5 \text{ días}$$

$$d = \frac{10000}{300} = 33.3 \text{ unidades por día}$$

$$ROP = d \times L = (33.3 \text{ unidades por día})(5 \text{ días}) = 166.7 \text{ unidades.}$$

Entonces, Brad debe reordenar cuando su inventario llegue a 167 unidades.

PROBLEMA RESUELTO 12.4

Leonard Presby, Inc., tiene una demanda anual de 1000 unidades pero puede producir a una tasa promedio de 2000 unidades al año.

El costo de preparación es de \$10; el costo de mantener el inventario es de \$1. ¿Cuál es el número óptimo de unidades que deben producirse cada vez?

SOLUCIÓN

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H \left(1 - \frac{\text{Tasa de demanda anual}}{\text{Tasa de producción anual}}\right)}} = \sqrt{\frac{2(1000)(10)}{1[1 - (1000/2000)]}}$$

$$= \sqrt{\frac{20000}{1/2}} = \sqrt{40000} = 200 \text{ unidades}$$

PROBLEMA RESUELTO 12.5

Whole Nature Foods vende un producto libre de gluten, el cual tiene una demanda anual de 5000 cajas. En la actualidad, paga \$6.40 por cada caja; el costo de mantener el inventario es un 25% del costo unitario; los costos de ordenar son de \$25. Un nuevo proveedor ha ofrecido vender el mismo artículo por \$6.00 si Whole Nature Foods compra al menos 3000 cajas por pedido. ¿La compañía debe quedarse con el antiguo proveedor o tomar ventaja del nuevo descuento por cantidad?

Costo total = Costo de ordenar + Costo de mantener el inventario + Costo de compra

$$= \frac{DS}{Q} + \frac{Q}{2}H + PD$$

$$= \frac{(5000)(25)}{395} + \frac{(395)(0.25)(6.40)}{2} + (6.40)(5000)$$

$$= 316 + 316 + 32000$$

$$= \$32632$$

Nota: Los costos por ordenar y mantener el inventario están redondeados.

Con el precio del descuento por cantidad de \$6.00 por caja:

Calculamos $Q^* = 408.25$, que está por debajo del nivel de pedido necesario de 3000 cajas. Por lo tanto, Q^* se ajusta a 3000.

Costo total = Costo de ordenar + Costo de mantener el inventario + Costo de compra

$$= \frac{DS}{Q} + \frac{Q}{2}H + PD$$

$$= \frac{(5000)(25)}{3000} + \frac{(3000)(0.25)(6.00)}{2} + (6.00)(5000)$$

$$= 42 + 2250 + 30000$$

$$= \$32292$$

Por lo tanto, el nuevo proveedor con el que Whole Nature Foods incurre en un costo total de \$32292 es preferible, pero no por mucho. Si la compra de 3000 cajas de una sola vez acarrea problemas de almacenamiento o frescura, es probable que la compañía quiera quedarse con el proveedor actual.

SOLUCIÓN

Con el precio actual de \$6.40 por caja:

Cantidad económica a ordenar, usando la ecuación (12-10):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IP}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(5000)(25)}{(0.25)(6.40)}}$$

$$= 395.3, \text{ o bien } 395 \text{ cajas}$$

donde D = demanda del periodo
 S = costo de ordenar
 P = precio por caja
 I = costo de mantener el inventario como porcentaje
 H = costo de mantener el inventario = IP

PROBLEMA RESUELTO 12.6

Ashok Kumar, Inc., ordena juegos de arte para niños una vez al año, y el punto de reorden, sin inventario de seguridad (dL), es de 100 juegos de arte. El costo de mantener el inventario es de \$10 por juego al año, y el costo de un faltante es de \$50 por juego por año. Dadas las siguientes probabilidades de demanda durante el periodo de reorden, ¿cuál es el inventario de seguridad que debe manejarse?

DEMANDA DURANTE EL TIEMPO DE ENTREGA	PROBABILIDAD
0	0.1
50	0.2
ROP → 100	0.4
150	0.2
200	0.2
	1.0

SOLUCIÓN

INVENTARIO DE SEGURIDAD	COSTOS INCREMENTALES		
	COSTO DE MANTENER EL INVENTARIO	COSTO POR FALTANTES	COSTO TOTAL
0	0	$50 \times (50 \times 0.2 + 100 \times 0.1) = 1000$	\$1000
50	$50 \times 10 = 500$	$50 \times (0.1 \times 50) = 250$	750
100	$100 \times 10 = 1000$	0	1000

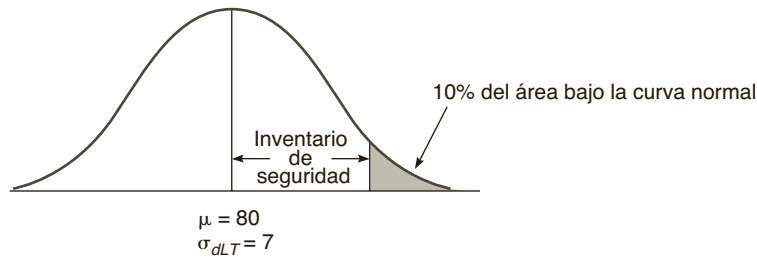
El inventario de seguridad que disminuye al mínimo el costo incremental total es de 50 juegos. Entonces, el punto de reorden se convierte en 100 juegos + 50 juegos, o bien 150 juegos.

PROBLEMA RESUELTO 12.7

¿Qué inventario de seguridad debe mantener Ron Satterfield Corporation si sus ventas medias son de 80 durante el periodo de

reorden, la desviación estándar es 7, y puede tolerar faltantes un 10% del tiempo?

SOLUCIÓN



De acuerdo con el apéndice I, Z en un área de 0.9 (o $1 - 0.10$) = 1.28, y la ecuación (12-14):

$$\begin{aligned} \text{Inventario de seguridad} &= Z\sigma_{dLT} \\ &= 1.28(7) = 8.96 \text{ unidades, o } 9 \text{ unidades} \end{aligned}$$

PROBLEMA RESUELTO 12.8

La demanda diaria de televisores de plasma de 52" en Sarah's Discount Emporium se distribuye en forma normal, con un promedio de 5 y una desviación estándar de 2 unidades. El tiempo esperado para

recibir un envío de televisores nuevos es de 10 días y bastante constante. Determine el punto de reorden y el inventario de seguridad para un nivel de servicio del 95%.

SOLUCIÓN

El ROP para esta demanda variable y tiempo de entrega constante utiliza la ecuación (12-15):

$$\text{ROP} = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega en días}) + Z\sigma_{dLT}$$

Donde $\sigma_{dLT} = \sigma_d \sqrt{\text{Tiempo de entrega}}$

Por lo tanto, con $Z = 1.65$,

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (5 \times 10) + 1.65(2)\sqrt{10} \\ &= 50 + 10.4 = 60.4 \approx 60 \text{ TVs, o bien } 61 \text{ TVs al redondear el resultado} \end{aligned}$$

El inventario de seguridad es de 10.4, o aproximadamente 11 televisores.

PROBLEMA RESUELTO 12.9

En el hospital Arnold Palmer, la demanda para un paquete quirúrgico especializado es de 60 por semana, casi todas las semanas. El tiempo de entrega de McKesson, su principal proveedor, se distri-

buye normalmente con una media de 6 semanas para este producto y desviación estándar de 2 semanas. Se desea un nivel de servicio semanal del 90%. Encuentre el ROP.

SOLUCIÓN

Aquí la demanda es constante y el tiempo de entrega es variable, con datos en semanas y no en días. Aplicamos la ecuación (12-16):

$$ROP = (\text{Demanda semanal} \times \text{Tiempo de entrega promedio en semanas}) + Z(\text{Demanda semanal})\sigma_{LT}$$

donde σ_{LT} = desviación estándar del tiempo de entrega en semanas = 2

Entonces, con $Z = 1.28$, para un nivel de servicio del 90%:

$$\begin{aligned} ROP &= (60 \times 6) + 1.28(60)(2) \\ &= 360 + 153.6 = 513.6 \cong 514 \text{ paquetes quirúrgicos} \end{aligned}$$

Problemas

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

•• **12.1** L. Houts Plastics es una gran fábrica de plásticos moldeados por inyección con sede en Carolina del Norte. Una investigación sobre la instalación manufacturera de la compañía localizada en Charlotte genera la información que se presenta en la tabla siguiente. ¿Cómo clasificaría la planta estos artículos de acuerdo con el sistema de clasificación ABC? **Px**

Niveles de inventario de L. Houts Plastics en Charlotte

# DE CÓDIGO DEL ARTÍCULO	INVENTARIO PROMEDIO (UNIDADES)	VALOR (\$/UNIDAD)
1289	400	3.75
2347	300	4.00
2349	120	2.50
2363	75	1.50
2394	60	1.75
2395	30	2.00
6782	20	1.15
7844	12	2.05
8210	8	1.80
8310	7	2.00
9111	6	3.00

•• **12.2** Boreki Enterprises tiene los siguientes 10 artículos en inventario. Theodore Boreki acaba de solicitar que usted, un recién graduado de AO, divida estos artículos en clasificaciones ABC.

ARTÍCULO	DEMANDA ANUAL	COSTO/UNIDAD
A2	3000	\$ 50
B8	4000	12
C7	1500	45
D1	6000	10
E9	1000	20
F3	500	500
G2	300	1500
H2	600	20
I5	1750	10
J8	2500	5

- a) Desarrolle un sistema de clasificación ABC para los 10 artículos.
- b) ¿Cómo puede Boreki usar esta información?
- c) Boreki revisa la clasificación y coloca el artículo A2 en la categoría A. ¿Por qué habrá hecho eso? **Px**

•• **12.3** El restaurante de Jean Marie Bourjolly tiene los siguientes artículos en inventario, para los cuales hace pedidos semanales:

ARTÍCULO EN INVENTARIO	\$ VALOR/CAJA	# ORDENADO/SEMANA
Filete Rib Eye	135	3
Cola de langosta	245	3
Pasta	23	12
Sal	3	2
Servilletas	12	2
Salsa de tomate	23	11
Papas fritas	43	32
Pimienta	3	3
Ajo en polvo	11	3
Bolsas para basura	12	3
Manteles	32	5
Filetes de pescado	143	10
Costillas para asado	166	6
Aceite	28	2
Lechuga (caja)	35	24
Pollos	75	14
Libreta de pedidos	12	2
Huevos (caja)	22	7
Tocino	56	5
Azúcar	4	2

- a) ¿Cuál es el artículo más costoso, usando el volumen monetario anual?
- b) ¿Cuáles son los artículos C?
- c) ¿Cuál es el volumen monetario anual para los 20 artículos? **Px**

• **12.4** Lindsay Electronics, una pequeña fábrica de equipo electrónico para investigación, tiene en su inventario alrededor de 7000 artículos y contrató a Joan Blasco-Paul para administrarlo. Joan determinó que un 10% de los artículos en inventario son clase A, el 35% clase B, y un 55% clase C. Ella desea establecer un sistema para que los artículos A se cuenten mensualmente (cada 20 días de trabajo); los artículos B trimestralmente (cada 60 días hábiles); y los artículos C semestralmente (cada 120 días de trabajo). ¿Cuántos artículos deben contarse cada día?

• **12.5** La escuela de capacitación en computadoras de William Beville, con sede en Richmond, tiene en inventario libros de ejercicios con las siguientes características:

Demanda $D = 19\,500$ unidades por año

Costo por ordenar $S = \$25$ la orden

Costo de mantener $H = \$4$ por unidad por año

- a) Calcule la EOQ para los libros de ejercicios.
- b) ¿Cuáles son los costos anuales por mantener el inventario los libros de ejercicios?
- c) ¿Cuáles son los costos anuales de ordenar? **Px**

• **12.6** Si $D = 8000$ por mes, $S = \$45$ por orden, y $H = \$2$ por unidad por mes,

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a ordenar?
- b) ¿En qué cambiaría su respuesta si el costo por mantener el inventario se duplicara?
- c) ¿Qué pasa si el costo por mantener el inventario se reduce a la mitad? **Px**

•• **12.7** El bufete legal de Henry Crouch acostumbra ordenar 60 unidades de repuesto de tinta a la vez. La empresa estima que los costos por manejo son de un 40% de los \$10 del costo unitario, y la demanda anual es de alrededor de 240 unidades. Los supuestos del modelo básico EOQ son aplicables.

- a) ¿Para qué valor del costo de ordenar será óptima su acción?
- b) Si el costo por ordenar resulta ser mucho más grande que su respuesta al inciso (a), ¿cuál es el impacto sobre la política de pedidos de la compañía?

• **12.8** La tienda de Matthew Liotine, Dream Store, vende camas de agua y artículos relacionados. La demanda anual de su cama más vendida es de 400 unidades. El costo de ordenar es de \$40, mientras que el costo de mantener el inventario es de \$5 por unidad por año.

- a) Para disminuir al mínimo el costo total, ¿cuántas unidades deben solicitarse cada vez que se hace un pedido?
- b) Si el costo de mantener el inventario fuera de \$6 por unidad en lugar de \$5, ¿cuál sería la cantidad óptima a ordenar? **Px**

• **12.9** Southeastern Bell mantiene en inventario ciertos conectores en su almacén central para abastecer a las oficinas de servicio. La demanda anual de estos conectores es de 15000 unidades. Southeastern estima que el costo anual de mantener este artículo es de \$25 por unidad. El costo de ordenar es de \$75. La compañía opera 300 días al año y el tiempo de entrega de una orden por parte del proveedor es de 2 días de trabajo.

- a) Encuentre la cantidad económica a ordenar.
- b) Determine los costos de mantener inventarios anuales.
- c) Encuentre los costos anuales de ordenar.
- d) ¿Cuál es el punto de reorden? **Px**

• **12.10** El tiempo de entrega de uno de sus productos con más ventas es de 21 días. La demanda durante este periodo es de 100 unidades por día en promedio.

- a) ¿Cuál sería el punto de reorden apropiado?
- b) ¿Cómo cambiaría su respuesta si la demanda durante el tiempo de entrega se duplica?
- c) ¿Cómo cambiaría su respuesta si la demanda durante el tiempo de respuesta se reduce a la mitad?

• **12.11** La demanda anual de carpetas en Duncan's Stationary Shop es de 10000 unidades. Dana Duncan abre su negocio 300 días al año y sabe que su proveedor tarda en general 5 días hábiles en entregar las órdenes.

- a) Calcule el punto de reorden para las carpetas que Dana almacena.
- b) ¿Por qué esta cifra es importante para Duncan?

•• **12.12** Thomas Kratzer es el gerente de ventas en las oficinas generales de una gran cadena de seguros que tiene una operación de inventarios centralizada. El artículo en inventario que más se vende tiene una demanda de 6000 unidades por año. El costo de cada unidad es de \$100, y el costo por mantener el inventario es de \$10 por unidad por año. El costo de ordenar promedio es de \$30 por orden. Para que una orden llegue pasan aproximadamente 5 días, y la demanda para una semana es de 120 unidades. (Ésta es una operación corporativa, y hay 250 días hábiles al año).

- a) ¿Cuál es la EOQ?
- b) ¿Cuál es el inventario promedio si se usa la EOQ?
- c) ¿Cuál es el número óptimo de órdenes por año?
- d) ¿Cuál es el número óptimo de días entre dos órdenes cualesquiera?
- e) ¿Cuál es el costo anual de ordenar y mantener el inventario?
- f) ¿Cuál es el costo del inventario total anual, incluyendo el costo de las 6000 unidades? **Px**

•• **12.13** El taller de maquinaria de Joe Henry usa 2500 ménsulas a lo largo de un año. Estas ménsulas se compran a un proveedor que se encuentra a 90 millas de distancia. Se tiene la siguiente información sobre las ménsulas:

Demanda anual:	2500
Costo de mantener por ménsula por año:	\$1.50
Costo de ordenar por pedido:	\$18.75
Tiempo de entrega:	2 días
Días de trabajo al año:	250

- a) Dada la información anterior, ¿cuál sería la cantidad económica a ordenar (EOQ)?
- b) Dada la EOQ, ¿cuál sería el inventario promedio?, ¿cuál sería el costo anual de mantener el inventario?
- c) Dada la EOQ, ¿cuántos pedidos se harán cada año?, ¿cuál sería el costo de ordenar anual?
- d) Dada la EOQ, ¿cuál es el costo total anual del inventario?
- e) ¿Cuál es el tiempo entre órdenes?
- f) ¿Cuál es el punto de reorden (ROP)? **Px**

•• **12.14** Abey Kuruvilla, de Parkside Plumbing, utiliza 1200 partes de cierta refacción que cuesta \$25 ordenar y tiene un costo anual de mantener el inventario de \$24.

- a) Calcule el costo total para tamaños de orden de 25, 40, 50, 60 y 100 partes.
- b) Identifique la cantidad económica a ordenar y considere las implicaciones de cometer errores en el cálculo de la cantidad económica a ordenar. **Px**

••• **12.15** M. Cotteleer Electronics provee circuitos de microcomputadoras a una compañía que incorpora los microprocesadores en refrigeradores y otros electrodomésticos. La demanda anual de uno de los componentes es de 250 unidades y es constante a lo largo del año. Se estima que el costo de mantener el inventario es de \$1 por unidad por año, y que el costo de ordenar es de \$20 por pedido.

- a) Para disminuir al mínimo el costo, ¿cuántas unidades deben pedirse cada vez que se hace un pedido?
- b) ¿Cuántos pedidos se necesitan al año con la política óptima?
- c) ¿Cuál es el inventario promedio si se disminuyen los costos?
- d) Suponga que el costo de hacer el pedido no es de \$20, y que Cotteleer ha ordenado 150 unidades cada vez que hace un pedido. Para que esta política ($Q = 150$) sea óptima, determine cuál debería ser el costo de esto. **Px**

•• **12.16** Race One Motors es un fabricante indonesio de automóviles. En su mayor instalación de manufactura, en Yakarta, la compañía produce subcomponentes a una tasa de 300 por día, y usa estos subcomponentes a una tasa de 12500 al año (de 250 días hábiles). Los costos de mantener el inventario son de \$2 por artículo por año, y los costos de ordenar son de \$30 por orden.

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a producir?
- b) ¿Cuántas corridas de producción se harán al año?
- c) ¿Cuál será el máximo nivel de inventarios?
- d) ¿Qué porcentaje del tiempo la compañía estará produciendo componentes?
- e) ¿Cuál es el costo anual de ordenar y mantener el inventario? **Px**

•• **12.17** Radovitsky Manufacturing Company de Hayward, California, produce luces intermitentes para juguetes. La compañía opera sus instalaciones 300 días al año. Cuenta con órdenes por casi 12 000 luces al año y tiene una capacidad de producción de 100 al día. Preparar la producción de luces cuesta \$50. El costo de cada luz es de \$1. El costo de mantener el inventario es de \$0.10 por luz por año.

- a) ¿Cuál es el tamaño óptimo de la corrida de producción?
- b) ¿Cuál es el costo promedio anual de mantener el inventario?
- c) ¿Cuál es el costo promedio anual de preparación?
- d) ¿Cuál es el costo total anual, incluido el costo de las luces? **Px**

•• **12.18** Arthur Meiners es el gerente de producción en Wheel-Rite, una pequeña fábrica de partes de metal. Wheel-Rite abastece a Cal-Tex, una importante compañía ensambladora, de 10 000 cojinetes de neumático cada año. Esta orden se mantiene estable desde hace algún tiempo. El costo de preparación de Wheel-Rite es de \$40, y el costo de mantener por unidad por año es de \$0.60. Wheel-Rite puede producir 500 cojinetes de neumático al día. Cal-Tex es un fabricante justo a tiempo y requiere embarcar 50 unidades cada día hábil.

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima a producir?
- b) ¿Cuál es el número máximo de cojinetes que debe tener Wheel-Rite en su inventario?
- c) ¿Cuántas corridas de producción de cojinetes realizará Wheel-Rite en un año?
- d) ¿Cuál es el costo total de preparación + el costo total de mantener el inventario para Wheel-Rite? **Px**

•• **12.19** Cesar Rego Computers, una cadena de tiendas de hardware y software con sede en Mississippi, surte dispositivos de memoria y almacenamiento tanto a clientes comerciales como de carácter educativo. En la actualidad enfrenta la siguiente decisión de pedidos relacionada con la compra de discos de muy alta densidad:

$$D = 36\,000 \text{ discos}$$

$$S = \$25$$

$$H = \$0.45$$

$$\text{Precio de compra} = \$0.85$$

$$\text{Precio de descuento} = \$0.82$$

Cantidad necesaria para calificar para el descuento = 6000 discos.

¿Rego debe aprovechar el descuento? **Px**

•• **12.20** Bell Computers compra circuitos integrados a \$350 por unidad. El costo de mantener el inventario es de \$35 por unidad por año, el costo de ordenar es de \$120 por orden, y las ventas se mantienen estables en 400 al mes. El proveedor de la compañía, Rich Blue Chip Manufacturing, Inc., decide ofrecer concesiones de precio con la intención de atraer pedidos más grandes. La estructura de precios se muestra a continuación.

Estructura de precios para los circuitos de Rich Blue

CANTIDAD COMPRADA	PRECIO/UNIDAD
1-99 unidades	\$350
100-199 unidades	\$325
200 o más unidades	\$300

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar y el costo mínimo con el que Bell Computers ordena, compra y mantiene en inventario estos circuitos integrados?
- b) Bell Computers desea usar un costo de mantener el inventario del 10% en vez del costo de mantener fijo de \$35 que se usó en el inciso a). ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar y cuál es el costo óptimo?

Px

•• **12.21** Wang Distributors tiene una demanda anual de detectores de metal para aeropuertos de 1 400 unidades. El costo de un detector típico es de \$400. Se estima que el costo de mantener en inventario es un 20% del costo unitario y que el costo de ordenar es de \$25. Si Ping Wang, el dueño, solicita 300 o más unidades, obtendría un 5% de descuento sobre el costo de los detectores. ¿Deberá Wang aprovechar el descuento por cantidad? **Px**

•• **12.22** La gerente de abastecimiento del hotel La Vista, Lisa Ferguson, está contrariada por la cantidad de cubiertos que pierde cada semana. La última noche de viernes, cuando su personal trató de poner la mesa para 500 personas, no hubo suficientes cuchillos. Lisa decidió que tenía que ordenar un poco más de cubiertos, pero quiere tomar ventaja de cualquier descuento por cantidad que le ofrezca su proveedor.

Para un pedido pequeño (2000 piezas o menos) el proveedor establece un precio de \$1.80 por pieza.

Si ordena entre 2001 y 5000 piezas, el precio baja a \$1.60 por pieza. Una orden de 5001 a 10 000 piezas lleva el precio a \$1.40 por pieza, y de 10 001 en adelante el precio es de \$1.25

Los costos de ordenar de Lisa son de \$200 por orden, sus costos anuales por mantener el inventario son del 5%, y la demanda anual es de 45 000 piezas. Para la mejor alternativa:

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar?
- b) ¿Cuál es el costo anual de mantener el inventario?
- c) ¿Cuál es el costo anual de ordenar (preparar)?
- d) ¿Cuáles son los costos anuales de los cubiertos con una cantidad a ordenar óptima?
- e) ¿Cuál es el costo anual total, que incluye ordenar, de mantener y comprar los cubiertos? **Px**

•• **12.23** Rocky Mountain Tire Center vende al año 20 000 neumáticos de un tipo en particular. El costo de ordenar es de \$40 por pedido y el costo de mantener es un 20% del precio de compra de los neumáticos por año. El precio de compra es de \$20 por neumático si se piden menos de 500 de éstos a la vez; \$18 por neumático si se ordenan más de 500, pero menos de 1 000, y \$17 por neumático si se piden 1000 o más de éstos.

- a) ¿Cuántos neumáticos debe pedir Rocky Mountain cada vez que hace un pedido?
- b) ¿Cuál es el costo total de esta política? **Px**

•• **12.24** M. P. VanOyen Manufacturing publicó una licitación para comprar un componente de sus reguladores. La demanda esperada es de 700 unidades por mes. Sus alternativas son comprar el componente en Allen Manufacturing o en Baker Manufacturing. Sus listas de precios se muestran en la tabla siguiente. El costo de ordenar es de \$50 y el costo anual de mantener el inventario es de \$5 por unidad.

ALLEN MANUFACTURING		BAKER MANUFACTURING	
CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO
1-499	\$16.00	1-399	\$16.10
500-999	15.50	400-799	15.60
1,000+	15.00	800+	15.10

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a ordenar?
- b) ¿Qué proveedor debe elegirse?, ¿por qué?
- c) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar y el costo total anual que incluye ordenar, comprar y mantener el componente? **Px**

••• **12.25** Chris Sandvig Irrigation, Inc., resumió la lista de precios de cuatro proveedores potenciales de una válvula de control subterránea. Vea la tabla siguiente. El uso anual es de 2400 válvulas; el costo de ordenar es de \$10 por pedido y los costos anuales de mantener el inventario son de \$3.33 por unidad.

¿Qué vendedor debe elegirse y cuál es la mejor cantidad a ordenar si Sandvig Irrigation quiere disminuir al mínimo su costo total? **Px**

VENDEDOR A		VENDEDOR B	
CANTIDAD	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO
1-49	\$35.00	1-74	\$34.75
50-74	34.75	75-149	34.00
75-149	33.55	150-299	32.80
150-299	32.35	300-499	31.60
300-499	31.15	500+	30.50
500+	30.75		
VENDEDOR C		VENDEDOR D	
CANTIDAD	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO
1-99	\$34.50	1-199	\$34.25
100-199	33.75	200-399	33.00
200-399	32.50	400+	31.00
400+	31.10		

••• **12.26** Emery Pharmaceutical emplea un compuesto químico inestable cuyo manejo requiere un ambiente con temperatura y humedad controladas. Emery usa 800 libras por mes de este químico y estima un costo de mantener el inventario del 50% del precio de compra (por la descomposición) y un costo de ordenar de \$50 por pedido. A continuación se presentan los programas de costos de dos proveedores.

VENDEDOR 1		VENDEDOR 2	
CANTIDAD	PRECIO/LB	CANTIDAD	PRECIO/LB
1-499	\$17.00	1-399	\$17.10
500-999	16.75	400-799	16.85
1,000+	16.50	800-1199	16.60
		1200+	16.25

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a ordenar para cada proveedor?
- b) ¿Qué cantidad debe ordenarse y cuál es el proveedor a elegir?
- c) ¿Cuál es el costo total para la cantidad óptima a ordenar?
- d) ¿Qué factores deben considerarse además del costo total? **Px**

•• **12.27** Barbara Flynn está a cargo de mantener el inventario en el Hospital General. El año pasado, la demanda promedio durante el tiempo de entrega de vendas BX-5 fue de 60 (y tenía distribución normal). Además, la desviación estándar para las BX-5 fue 7. La señora Flynn desearía un nivel de servicio del 90 por ciento.

- a) ¿Qué nivel de inventario de seguridad recomienda para las BX-5?
- b) ¿Cuál es el punto de reorden adecuado? **Px**

•• **12.28** Con base en la información disponible, la demanda del tiempo de entrega para unidades de arranque de PC promedia 50 unidades (con distribución normal), la desviación estándar es de 5 unidades. La gerencia desea un nivel de servicio del 97 por ciento.

- a) ¿Qué valor Z debe aplicarse?
- b) ¿Cuántas unidades deben mantenerse en el inventario de seguridad?
- c) ¿Cuál es el punto de reorden adecuado? **Px**

••• **12.29** Las sillas de ratán de Authentic Thai (como la que se muestra en la fotografía) se entregan una vez al año a la cadena de tiendas minoristas The Kathmandu Shop, de Gary Schwartz. El pun-



Barry Render

to de reorden sin inventario de seguridad es de 200 sillas. El costo por manejo de las sillas es de \$30 por unidad por año, y el costo por faltantes es \$70 por unidad por año. Dadas las siguientes probabilidades de demanda durante el periodo de reorden, ¿qué inventario de seguridad debe mantenerse?

DEMANDA DURANTE EL TIEMPO DE ENTREGA	PROBABILIDAD
0	0.2
100	0.2
200	0.2
300	0.2
400	0.2

•• **12.30** Se envían cargamentos de tabaco desde Carolina del Norte a un fabricante de cigarrillos instalado en Camboya una vez al año. El punto de reorden, sin inventario de seguridad, es de 200 kilos. El costo por manejo es de \$15 por kilo por año, y el costo por faltantes es de \$70 por kilo por año. Dadas las siguientes probabilidades de demanda durante el tiempo de entrega, ¿qué inventario de seguridad debe mantenerse?

DEMANDA DURANTE EL TIEMPO DE ENTREGA (KILOS)	PROBABILIDAD
0	0.1
100	0.1
200	0.2
300	0.4
400	0.2

Px

••• **12.31** Mr. Beautiful, una organización que vende juegos de entrenamiento para el control de peso, tiene un costo de ordenar de \$40 para el juego BB-1. (BB-1 significa Body Beautiful número 1). El costo por manejo del BB-1 es de \$5 por juego por año. Para satisfacer la demanda, Mr. Beautiful pide grandes cantidades del BB-1 siete veces al año. Se estima que el costo por faltantes del BB-1 es de \$50 por juego. En los últimos años, Mr. Beautiful ha observado la siguiente demanda durante el tiempo de entrega del BB-1:

DEMANDA DURANTE EL TIEMPO DE ENTREGA	PROBABILIDAD
40	0.1
50	0.2
60	0.2
70	0.2
80	0.2
90	0.1
	1.0

El punto de reorden para el BB-1 es de 60 juegos. ¿Qué nivel de inventario de seguridad debe mantenerse para el BB-1? **Px**

•• **12.32** El hotel Hard Rock de Chicago distribuye un promedio de 1000 toallas para baño al día en la piscina y en las habitaciones de los huéspedes. Tomando como base la ocupación, esta demanda se distribuye normalmente con una desviación estándar de 100 toallas al día. La empresa de lavandería que tiene el contrato de lavado requiere un tiempo de entrega de 2 días. El hotel espera un nivel de servicio del 98% para satisfacer las expectativas de sus huéspedes.

- a) ¿Cuál es el inventario de seguridad?
- b) ¿Cuál es el ROP?

•• **12.33** First Printing tiene contratos con empresas jurídicas con sede en San Francisco para sacar copias de los documentos de sus juicios. La demanda diaria permanece casi constante en 12 500 páginas. El tiempo de entrega para el papel que usa First se distribuye normalmente con una media de 4 días y una desviación estándar de 1 día. Se espera un nivel de servicio del 97%. Calcule el ROP de First. **Px**

••• **12.34** Gainesville Cigar almacena puros cubanos que tienen tiempos de entrega variables por la dificultad existente en la importación del producto. El tiempo de entrega se distribuye por lo regular con una media de 6 semanas y una desviación estándar de 2 semanas. La demanda también es variable y se distribuye con una media de 200 puros por semana y una desviación estándar de 25 puros.

- a) Para un nivel de servicio del 90%, ¿cuál es el ROP?
- b) ¿Cuál es el ROP para un nivel de servicio del 95%?
- c) Explique qué significan estos dos niveles de servicio. ¿Cuál es más recomendable? **Px**

••• **12.35** Kim Clark le pide que le ayude a determinar la mejor política de ordenar para un nuevo producto. El pronóstico de demanda para este nuevo producto es de unas 1000 unidades al año. Para que tenga una idea de los costos de ordenar y mantener el inventario, Kim le proporciona la lista de los costos del año pasado; considera que son apropiados para el nuevo producto.

FACTOR DE COSTO	COSTO (\$)	FACTOR DE COSTO	COSTO (\$)
Impuestos para el almacén	2000	Suministros de almacén	280
Inspección de llegada y recepción	1500	Investigación y desarrollo	2750
Desarrollo de nuevos productos	2500	Salarios y sueldos de compras	30 000
Costos del departamento de contabilidad para pagar facturas	500	Salarios y sueldos de almacén	12 800
Seguro del inventario	600	Robo de inventario	800
Publicidad de producto	800	Suministros para órdenes de compra	500
Daños	750	Obsolescencia del inventario	300
Envío de órdenes de compra	800	Gastos generales del departamento de compras	1000

Kim también le dijo que estos datos se refieren a 10 000 artículos que se manejaron o almacenaron durante el año. Usted determinó también que el año anterior se hicieron 200 pedidos. Su trabajo como nuevo administrador de operaciones es ayudar a Kim para que establezca la cantidad óptima a ordenar para el nuevo producto.

•• **12.36** El bar de ostras de Cynthia Knott compra ostras frescas de Louisiana a \$5 por libra y las vende a \$9 la libra. Las ostras no vendidas ese día se venden a su primo, que posee una tienda de comestibles cercana, a \$2 por libra. Cynthia cree que la demanda sigue una distribución normal, con una media de 100 libras y una desviación estándar de 15 libras. ¿Cuántas libras debe ordenar cada día?

•• **12.37** La pastelería de Henrique Correa prepara todos sus pasteles entre las 4 a.m. y las 6 a.m. para que estén listos a la llegada de los clientes. Los pasteles preparados un día anterior se venden casi siempre, pero con un 50% de descuento sobre el precio regular de \$10. El costo por la preparación de cada pastel es de \$6, y se estima que la demanda está normalmente distribuida, con una media de 25 y una desviación estándar de 4. ¿Cuál es el nivel de inventario óptimo?

••• **12.38** Los programas de fútbol de la Universidad de Florida se imprimen 1 semana antes de cada partido como local. La asistencia promedia 90 000 entusiastas y leales aficionados lagartos, de los cuales dos tercios suelen comprar el programa, a \$4 cada uno, siguiendo una distribución normal. Los programas no vendidos se envían a un centro de reciclaje que paga sólo 10 centavos por programa. La desviación estándar es de 5000 programas, y el costo de impresión de cada programa es de \$1.

- a) ¿Cuál es el costo de subestimar la demanda para cada programa?
- b) ¿Cuál es el costo por excedentes para cada programa?
- c) ¿Cuántos programas deben ordenarse cada partido?
- d) ¿Cuál es el riesgo de los faltantes para este tamaño de orden?

•••• **12.39** Emarpy Appliance es una compañía que produce todo tipo de electrodomésticos grandes. El presidente de Emarpy, Bud Bannis, está preocupado por la política de producción del refrigerador que más se vende. Su demanda anual ha permanecido más o menos constante en 8000 unidades al año. La capacidad de producción es de 200 unidades por día. Cada vez que inicia su producción, llevar los materiales al lugar, restablecer la línea de ensamble, y limpiar el equipo le cuesta \$120 a la compañía. El costo por mantener cada refrigerador es de \$50 por año. De acuerdo con el plan de producción actual, en cada corrida de producción deben fabricarse 400 refrigeradores. Suponga que cada año tiene 250 días hábiles.

- a) ¿Cuál es la demanda diaria de este producto?
- b) Si la compañía sigue fabricando 400 unidades cada vez que inicia la producción de refrigeradores, ¿cuántos días debe continuar la producción?
- c) Con la política de producción actual, ¿cuántas corridas de producción serán necesarias al año?, ¿cuál será el costo anual de preparación?
- d) Si continúa la política de producción actual, ¿cuántos refrigeradores habrá en inventario cuando concluya la producción?, ¿cuál será el nivel promedio del inventario?
- e) Si la compañía produce 400 refrigeradores a la vez, ¿cuál será el costo total anual de preparación y el costo de mantener el inventario?
- f) Si Bud Bannis desea disminuir al mínimo el costo total anual del inventario, ¿cuántos refrigeradores debe fabricar en cada corrida de producción? ¿Cuánto ahorraría la compañía en el costo del inventario en comparación con la política actual de fabricar 400 refrigeradores en cada corrida de producción? **Px**

•••• **12.40** Una tienda de café gourmet localizada en el centro de San Francisco está abierta 200 días al año y vende un promedio diario de 75 libras de café Kona en grano. (Se puede suponer que la demanda se distribuye normalmente con una desviación estándar de 15 libras al día). Después de ordenar (costo fijo = \$16 por orden), los granos siempre se embarcan desde Hawaii en exactamente 4 días. Los costos anuales de mantener el café en grano son de \$3.

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a ordenar (EOQ) para el café Kona en grano?
- b) ¿Cuáles son los costos anuales totales de mantener el inventario para el café Kona en grano?
- c) ¿Cuáles son los costos anuales totales por ordenar café Kona en grano?

- d) Suponga que la gerencia ha especificado que no se puede aceptar un riesgo mayor al 1% de que ocurra un faltante. ¿Cuál debe ser el punto de reorden (ROP)?
- e) ¿Cuál es el inventario de seguridad necesario para lograr un riesgo del 1% en la ocurrencia de faltantes durante el tiempo de entrega?
- f) ¿Cuál es el costo anual de mantener un nivel de inventario de seguridad que garantice el riesgo del 1%?
- g) Si la gerencia especificó que se puede aceptar un riesgo del 2% en la ocurrencia de faltantes durante el tiempo de entrega, ¿el costo de mantener el inventario de seguridad disminuye o aumenta?

ESTUDIOS DE CASO

★ Zhou Bicycle Company

Zhou Bicycle Company (ZBC), ubicada en Seattle, es una cadena mayorista que distribuye bicicletas y refacciones. La compañía fue constituida en 1981 por el profesor Yong-Pin Zhou de la Universidad de Washington, y sus principales tiendas se encuentran ubicadas en un radio de 400 millas alrededor del centro de distribución. Estas tiendas reciben el pedido de ZBC en el transcurso de 2 días después de notificar al centro de distribución, siempre que haya inventario disponible. Sin embargo, si la compañía no cubre un pedido, no se hace ningún pedido nuevo; las tiendas se las arreglan para obtener el pedido de otros distribuidores, y ZBC pierde cierta parte del negocio.

La compañía ZBC distribuye una amplia variedad de bicicletas. El modelo más popular, y la fuente de ingresos más importante para la empresa, es la AirWing. ZBC recibe todos los modelos desde un solo fabricante con sede en China, y los envíos tardan 4 semanas en llegar después de hacer el pedido. Con el costo de comunicación, papeleo y la holgura incluidos, ZBC estima que cada vez que se hace un pedido incurre en un costo de \$65. El precio de compra pagado por ZBC, por bicicleta, es aproximadamente un 60% del precio al menudeo sugerido para todos los estilos disponibles, y el costo del manejo de inventarios es un 1% mensual (12% anual) del precio de compra pagado por ZBC. El precio de venta (pagado por los clientes) para la AirWing es de \$170 por bicicleta.

ZBC está interesada en hacer un plan de inventarios para 2013. La empresa quiere mantener un nivel de servicio del 95% con sus clientes a fin de disminuir al mínimo las pérdidas por órdenes no cubiertas. Los datos recopilados durante los últimos 2 años se resumen en la tabla siguiente. Se ha desarrollado un pronóstico de ventas para el modelo AirWing en 2013 y se usará para que ZBC realice su plan de inventarios.

Demandas para el modelo AirWing

MES	2011	2012	PRONÓSTICO PARA 2013
Enero	6	7	8
Febrero	12	14	15
Marzo	24	27	31
Abril	46	53	59
Mayo	75	86	97
Junio	47	54	60
Julio	30	34	39
Agosto	18	21	24
Septiembre	13	15	16
Octubre	12	13	15
Noviembre	22	25	28
Diciembre	38	42	47
Total	343	391	439

Preguntas para análisis

1. Desarrolle un plan de inventarios para ayudar a ZBC.
2. Analice los ROP y los costos totales.
3. ¿Cómo podría enfrentar una demanda que no esté al nivel del horizonte de planeación?

Fuente: Profesor Kala Chand Seal, Loyola Marymount University.

★ Parker Hi-Fi Systems

Parker Hi-Fi Systems, ubicada en Wellesley, Massachusetts, un suburbio de Boston, ensambla y vende los mejores sistemas de cine en casa. Los sistemas se ensamblan con componentes producidos por los mejores fabricantes de todo el mundo. Aunque la mayoría de los componentes se obtienen de mayoristas de la costa este, algunos elementos críticos, como las pantallas LCD, vienen directamente de su fabricante. Por ejemplo, las pantallas LCD se envían vía aérea desde Foxy, Ltd., en Taiwán, hasta el aeropuerto Logan de Boston, y las bocinas de última línea se compran al fabricante estadounidense de renombre mundial Boss.

El agente de compras de Parker, Raktim Pal, envía una liberación de orden para pantallas LCD, una vez cada 4 semanas. Las necesidades anuales de la compañía ascienden a 500 unidades (2 por día hábil), y el costo unitario de Parker es de \$1 500. (Debido a un volumen relativamente bajo y al enfoque en la calidad, en vez de en el volumen, de muchos de los suministros de Parker, ésta rara vez es capaz de obtener descuentos por volumen). Dado que Foxy promete entregar en el lapso de 1 semana después de la recepción de una orden, Parker nunca ha tenido un faltante de pantallas LCD. (El tiempo total entre la fecha de la liberación y la fecha de recepción es de 1 semana o 5 días hábiles).

El sistema de costos basado en las actividades de Parker ha generado los siguientes costos relacionados con el inventario. Los costos de adquisición, que ascienden a \$500 por orden, incluyen los costos reales de mano de obra que intervienen en el pedido, la inspección del encargo, la organización para la recepción en el aeropuerto, la entrega a la planta, el mantenimiento de los registros del inventario, y la adopción de medidas para que el banco emita un cheque. Los costos de mantener el inventario de Parker tienen en cuenta el almacenamiento, los daños, el seguro, los impuestos, etcétera, sobre una base en pies cuadrados. Estos costos son iguales a \$ 150 por LCD al año.

Con un énfasis añadido en la eficiencia de la cadena de suministro, el presidente de Parker ha pedido a Raktim evaluar seriamente la compra de pantallas

LCD. Un área que debe seguirse de cerca en busca de posibles ahorros en los costos es la adquisición del inventario.

Preguntas para análisis

1. ¿Cuál es el número óptimo de pantallas LCD que debe ordenarse en cada pedido?
2. ¿Cuál es el punto de reorden óptimo (ROP) para las pantallas LCD?
3. ¿Qué ahorro en costos obtendrá Parker si implementa un plan de pedidos basado en la EOQ?

★ Administración de inventarios en Frito-Lay

Caso en video

Frito-Lay ha florecido desde su origen: la compra en 1931 de una pequeña empresa en San Antonio por \$100 que incluía una receta, 19 cuentas de venta al por menor y una freidora de papas accionada manualmente. La multimillonaria compañía, con sede en Dallas, tiene ahora 41 productos: 15 con ventas de más de \$100 millones y 7 con más de mil millones de dólares en ventas anuales. La producción se lleva a cabo en 36 plantas enfocadas al producto en Estados Unidos y Canadá, las cuales cuentan con 48 000 empleados.

El inventario es una inversión importante y un activo costoso en la mayoría de las empresas. Los costos de mantener suelen superar el 25% del valor del producto, pero en la industria de alimentos preparados de Frito-Lay, el costo de mantener el inventario puede ser mucho mayor debido a que las materias primas son perecederas. En la industria alimentaria, el inventario se echa a perder. Así que la mala administración de inventarios no sólo resulta cara sino que también puede producir un producto insatisfactorio que en un caso extremo también puede arruinar la aceptación del mercado.

Los principales ingredientes en Frito-Lay son harina de maíz, maíz, papas, aceite y condimentos. Usando las papas fritas para ilustrar rápidamente el flujo del inventario: las papas se mueven mediante camiones desde el sitio de siembra, hacia las plantas regionales para su procesamiento, después al almacén y luego a la tienda. Esto sucede en cuestión de horas, no en días o semanas. Lo anterior conserva la frescura y reduce los costos de mantener el inventario.

Por ejemplo, las frecuentes entregas de los ingredientes principales en la planta de Florida, toman varias formas:

- ▶ Las papas se entregan en 10 camiones por día, con 150 000 libras consumidas en un turno: toda el área de almacenamiento de papa sólo servirá por 7½ horas.
- ▶ El inventario de aceite llega por tren y dura sólo 4 días y medio.
- ▶ La harina de maíz llega desde varias siembras en el Medio Oeste, y normalmente el inventario promedia 4 días de producción.
- ▶ El inventario de condimentos promedia 7 días.
- ▶ El inventario de empaques promedia de 8 a 10 días.

La instalación enfocada en el producto de Frito-Lay representa una gran inversión de capital. Esa inversión debe alcanzar una alta utilización para ser eficiente. El costo de capital debe repartirse entre un volumen sustancial para reducir el costo total de los productos elaborados. Esta necesidad de una alta utilización requiere un equipo confiable y un programa muy estricto. La maquinaria confiable requiere un inventario de los componentes críticos: esto se conoce como MRO, o suministros para el mantenimiento, la reparación y la operación. El inventario de MRO consiste en motores, interruptores, engranes, cojinetes y otros componentes críticos especializados puede ser costoso, pero es necesario.

El inventario de Frito-Lay que no es de MRO se mueve con rapidez. La materia prima se convierte en trabajo en proceso, pasando por el sistema y por la salida en forma de una bolsa de papas fritas en aproximadamente 1½ turnos. Los artículos terminados y empacados pasan de la producción a la cadena de distribución en menos de 1.4 días.

Preguntas para análisis*

1. ¿En qué difiere la mezcla de inventarios en Frito-Lay de la de un taller mecánico o gabinete (instalación enfocada en el proceso)?
2. ¿Cuáles son los principales artículos del inventario en Frito-Lay, y con qué rapidez se mueven a través del proceso?
3. ¿Cuáles son los cuatro tipos de inventario? Dé un ejemplo de cada uno de ellos en Frito-Lay.
4. ¿Cómo clasificaría la inversión monetaria en cada uno de los cuatro tipos de inventario (de mayor a menor inversión)?
5. ¿Por qué el inventario fluye con tanta rapidez a través de una planta de Frito-Lay?
6. ¿Por qué la empresa mantiene tantas plantas abiertas?
7. ¿Por qué Frito-Lay no elabora sus 41 productos en cada una de las plantas?

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

★ Control de inventarios en Wheeled Coach

Caso en video

Controlar el inventario es uno de los problemas más difíciles de resolver para Wheeled Coach. La gerencia sabe que al operar de acuerdo con una estrategia de personalización masiva y respuesta rápida, el éxito depende del control estricto de su inventario. De cualquier otra forma, el resultado es la incapacidad para entregar con prontitud, el caos en la línea de ensamble, y una cuantiosa inversión en inventario. Wheeled Coach descubre que casi 50% de cada ambulancia fabricada se aplica a la compra de materiales. Una gran porción de este 50% se asigna a la compra del chasis (a Ford), del aluminio (a Reynolds Metal), y de la chapa de madera que se usa para construir pisos y gabinetes (a provee-

dores locales). En consecuencia, Wheeled Coach da seguimiento a los artículos A del inventario, manteniendo un estrecho control y seguridad, y ordenando con sumo cuidado para incrementar al máximo los descuentos por cantidad y disminuir al mínimo el inventario. Como los tiempos de entrega de Reynolds son largos, el aluminio debe ordenarse hasta con 8 meses de anticipación.

En la atestada industria de las ambulancias, donde es el único gigante, sus 45 competidores no tienen el suficiente poder de compra como para aprovechar los mismos descuentos que Wheeled Coach. Pero esta ventaja competitiva en el costo no se puede tomar a la ligera, según comenta su presidente Bob Collins:

“El conteo cíclico en nuestros almacenes es crítico. Ninguna pieza puede salir de nuestros almacenes sin que se refleje en un listado de materiales”.

Para que los productos se construyan a tiempo, se requiere precisión en las listas de materiales. Además, por la naturaleza personalizada de cada vehículo, la mayoría de las órdenes se ganan sólo después de un proceso de licitación. Una lista de materiales precisa también resulta crucial para estimar los costos a considerar en la oferta de la licitación. Por estas razones, Collins fue enfático al precisar la necesidad de que Wheeled Coach mantuviera un control de inventarios ejemplar. El *Perfil global de una compañía* sobre Wheeled Coach (que abre el capítulo 14) ofrece más información acerca del control de inventarios para las ambulancias y el proceso de producción.

Preguntas para análisis*

1. Explique la forma en la que Wheeled Coach implementa el análisis ABC.
2. Si fuera el gerente de control de inventarios en Wheeled Coach, ¿qué políticas y técnicas adicionales pondría en marcha para asegurar la exactitud de los registros del inventario?
3. ¿Cómo procedería para implementar estas sugerencias?

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

Capítulo 12 Repaso rápido

Título principal Repaso del material

LA IMPORTANCIA DEL INVENTARIO (pp. 476-477)	<p>El inventario es uno de los activos más caros de muchas compañías. <i>El objetivo de la administración de inventarios es encontrar un equilibrio entre la inversión en el inventario y el servicio al cliente.</i></p> <p>Los dos aspectos básicos del inventario son cuánto y cuándo ordenar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Inventario de materias primas —Materiales que por lo regular se compran pero aún deben entrar al proceso de manufactura. ■ Inventario de trabajo en proceso (WIP) —Productos o componentes que ya no son materia prima pero todavía deben transformarse en productos terminados. ■ MRO —Materiales para mantenimiento, reparación y operaciones. ■ Inventario de bienes terminados —Artículos finales listos para venderse, pero que todavía son activos en los libros de la compañía. 	VIDEO 12.1
ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS (pp. 477-481)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Análisis ABC —Un método para dividir el inventario disponible en tres clases según el volumen anual en dinero. ■ Conteo cíclico —Una conciliación continua del inventario con los registros de inventario. ■ Merma —Inventario de tiendas al menudeo por el que nadie se responsabiliza entre la recepción y la venta. ■ Robo —Hurto en pequeñas cantidades. 	Problemas 12.1-12.4
MODELOS DE INVENTARIO (pp. 482-483)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Costo de mantener el inventario —Costo de guardar o llevar artículos en inventario. ■ Costo de ordenar —Costo del proceso de hacer el pedido. ■ Costo de preparación —El costo de preparar una máquina o un proceso para realizar la producción. ■ Tiempo de preparación —El tiempo necesario para preparar una máquina o un proceso a fin de efectuar la producción. 	VIDEO 12.2 Control de inventarios en Wheelled Coach Ambulance
MODELOS DE INVENTARIO PARA LA DEMANDA INDEPENDIENTE (pp. 483-494)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ) —Una técnica para el control de inventarios que disminuye al mínimo los costos totales de ordenar y mantener. $Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (12-1)$ $\text{Número esperado de órdenes} = N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} = \frac{D}{Q^*} \quad (12-2)$ $\text{Tiempo esperado entre órdenes} = T = \frac{\text{Número de días de trabajo por año}}{N} \quad (12-3)$ $\text{Costo total anual} = \text{Costo de preparación (ordenar)} + \text{Costo de mantener el inventario} \quad (12-4)$ $TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad (12-5)$ ■ Robusto —Modelo que proporciona respuestas satisfactorias incluso con variaciones sustanciales en sus parámetros. ■ Tiempo de entrega —En los sistemas de compras, es el tiempo que transcurre entre hacer y recibir un pedido; en los sistemas de producción, es el tiempo de espera, movimiento, cola, preparación y corrida para cada componente que se produce. ■ Punto de reorden (ROP) —Nivel (punto) de inventario en el cual se emprenden acciones para reabastecer el artículo almacenado. <i>ROP para una demanda conocida:</i> $\text{ROP} = (\text{Demanda por día}) \times (\text{Tiempo de entrega de nueva orden en días}) = d \times L \quad (12-6)$ ■ Inventario de seguridad (ss) —Inventario adicional agregado para satisfacer una demanda dispereja; es un amortiguador. ■ Modelo de la cantidad económica a producir —Una técnica para el lote económico a producir que se aplica a las órdenes de producción. $Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}} \quad (12-7)$ $Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H\left(1 - \frac{\text{Tasa de demanda anual}}{\text{Tasa de producción anual}}\right)}} \quad (12-8)$ ■ Descuento por cantidad —Un precio reducido de los artículos que se compran en grandes cantidades. $TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD \quad (12-9)$ $Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IP}} \quad (12-10)$ 	Problemas 12.5-12.26, 12.35, 12.39

Título principal Repaso del material

MODELOS PROBABILÍSTICOS E INVENTARIO DE SEGURIDAD (pp. 494-500)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modelo probabilístico —Un modelo estadístico aplicable cuando se desconoce la demanda del producto o cualquier otra variable, pero ésta puede especificarse mediante una distribución de probabilidad. ■ Nivel de servicio —El complemento de la probabilidad de un faltante. <p><i>ROP para una demanda desconocida</i></p> $ROP = d \times L + ss \quad (12-11)$ <p>Costo anual por faltantes = La suma de las unidades faltantes para cada nivel de demanda × La probabilidad de ese nivel de demanda × El costo de faltantes/unidad × El número de órdenes por año</p> $(12-12)$ <p><i>ROP para una demanda desconocida y un nivel de servicio dado:</i></p> $ROP = \text{Demanda esperada durante el tiempo de entrega} + Z\sigma_{dLT} \quad (12-13)$ $\text{Inventario de seguridad} = Z\sigma_{dLT} \quad (12-14)$ <p><i>ROP para una demanda variable y un tiempo de entrega constante:</i></p> $ROP = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega en días}) + Z\sigma_{dLT} \quad (12-15)$ <p><i>ROP para una demanda constante y un tiempo de entrega variable:</i></p> $ROP = (\text{Demanda diaria} \times \text{Tiempo de entrega promedio en días}) + Z \times \text{Demanda diaria} \times \sigma_{LT} \quad (12-16)$ <p><i>ROP para una demanda variable y un tiempo de entrega variable:</i></p> $ROP = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega promedio}) + Z\sigma_{dLT} \quad (12-17)$ <p>En cada caso, $\sigma_{dLT} = \sqrt{(\text{Tiempo de entrega promedio} \times \sigma_d^2) + d^2 \sigma_{LT}^2}$</p> <p>pero bajo demanda constante $\sigma_d^2 = 0$ y bajo tiempo de entrega constante $\sigma_{LT}^2 = 0$.</p>	Problemas 12.27-12.34
MODELO DE UN SOLO PERIODO (pp. 500-501)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modelo de inventarios de un solo periodo —Un sistema para ordenar artículos que tienen poco o ningún valor al final de un período de ventas (perecederos). $\text{Nivel de servicio} = \frac{C_s}{C_s + C_o} \quad (12-18)$	Problemas 12.36-12.38
SISTEMAS DE PERIODO FIJO (P) (pp. 501-502)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de cantidad fija (Q) —Un sistema de órdenes en el que cada vez se ordena la misma cantidad. ■ Sistema de inventario perpetuo —Un sistema que da seguimiento continuo a cada salida o entrada del inventario, de manera que los registros siempre están actualizados. ■ Sistema de periodo fijo (P) —Un sistema en el que las órdenes de inventario se realizan a intervalos de tiempo regulares. 	

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. El análisis ABC divide el inventario actual en tres clases, con base en:

- a) el precio unitario.
- b) el número de unidades disponibles.
- c) la demanda anual.
- d) los valores monetarios anuales.

OA2. El conteo cíclico:

- a) proporciona una medida de la rotación de inventarios.
- b) supone que todos los registros de inventario deben verificarse con la misma frecuencia.
- c) es un proceso mediante el cual los registros de inventario se verifican periódicamente.
- d) Todas las anteriores.

OA3. Las dos preguntas más importantes sobre el inventario que responde el modelo típico de inventarios son:

- a) cuándo hacer un pedido y su costo.
- b) cuándo hacer un pedido y cuánto ordenar de un artículo.
- c) cuánto pedir de un artículo y el costo del pedido.
- d) cuánto pedir de un artículo y con quién debe hacerse.

OA4. Las unidades adicionales mantenidas en inventario para reducir faltantes se llaman:

- a) punto de reorden.
- b) inventario de seguridad.
- c) inventario justo a tiempo.
- d) Todas las anteriores.

OA5. La(s) diferencia(s) entre el modelo básico EOQ y el modelo de la cantidad económica a producir es (son) que:

- a) el modelo de la cantidad económica a producir no requiere el supuesto de que la demanda es constante y conocida.
- b) el modelo EOQ no requiere el supuesto de que el tiempo de entrega es insignificante.
- c) el modelo de la cantidad económica a producir no requiere el supuesto de la entrega instantánea.
- d) Todas las anteriores.

OA6. El modelo EOQ con descuentos por volumen trata de determinar:

- a) la cantidad más baja de inventario necesaria para satisfacer un cierto nivel de servicio.
- b) el precio de compra más bajo.
- c) si se debe utilizar una política de pedidos con cantidad fija o con periodo fijo.
- d) cuántas unidades deben ordenarse.
- e) el tiempo de entrega más corto.

OA7. Por lo general, el nivel adecuado del inventario de seguridad está determinado por:

- a) la disminución al mínimo de un costo esperado por faltantes.
- b) la elección del nivel del inventario de seguridad que permita un nivel de servicio dado.
- c) la conservación de un inventario de seguridad suficiente para eliminar todos los faltantes.
- d) la demanda anual.

Respuestas: OA1. d; OA2. c; OA3. b; OA4. b; OA5. c; OA6. d; OA7. b.