

Planeación de la capacidad

Esquema del suplemento

Capacidad 288

Capacidad de diseño y capacidad efectiva 289

Capacidad y estrategia 290

Consideraciones de la capacidad 290

Manejo de la demanda 291

Manejo de la demanda y la capacidad en el sector servicios 293

Planeación de la capacidad 295

Análisis del punto de equilibrio 296

Caso de un solo producto 298

Caso de productos múltiples 298

Aplicación de árboles de decisión a las decisiones de capacidad 300

Aplicación del análisis de inversión a las inversiones impulsadas por la estrategia 301

Inversión, costo variable y flujo de efectivo 302

Valor presente neto 302

Resumen 305

Términos clave 305

Uso de software para el análisis del punto de equilibrio 305

Problemas resueltos 306

Autoevaluación 308

Ejercicios para el estudiante 308

Preguntas para análisis 308

Problemas 309

Caso en video: Planeación de la capacidad en el hospital Arnold Palmer 312

Estudios de casos adicionales 312

Bibliografía 313

Recursos en internet 313

Objetivos de aprendizaje

Al terminar este suplemento, usted será capaz de

1. Definir capacidad
2. Determinar la capacidad de diseño, la capacidad efectiva, y la utilización
3. Calcular el punto de equilibrio
4. Aplicar árboles de decisión a las decisiones de capacidad
5. Calcular el valor presente neto



► Cuando se diseña una sala de conciertos, la administración espera que la capacidad pronosticada (la mezcla de productos ópera, sinfonía y eventos especiales y la tecnología necesaria para realizar estos eventos) sea precisa y adecuada para operar por encima del punto de equilibrio. Sin embargo, en muchas salas de conciertos, aun cuando operan a toda su capacidad, no logran el punto de equilibrio y deben obtener fondos suplementarios.



CAPACIDAD

¿Cuántos asistentes debe alojar una sala de conciertos? ¿Cuántos clientes por día debe ser capaz de atender un Olive Garden o un Hard Rock Café? ¿Cuántas computadoras debe producir la planta de Dell basada en Nashville en un turno de 8 horas? ¿Y cómo debemos construir instalaciones para satisfacer estas demandas inciertas?

Después de realizar la selección de un proceso de producción (capítulo 7), necesitamos determinar la capacidad. La **capacidad** es el “volumen de producción” (throughput) o número de unidades que puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico de tiempo. A menudo, la capacidad determina los requerimientos de capital y, por consiguiente, una gran parte del costo fijo. La capacidad también determina si se cumplirá la demanda o si las instalaciones estarán desocupadas. Si la instalación es demasiado grande, algunas de sus partes estarán ociosas y agregarán costos a la producción existente. Si la instalación es demasiado pequeña, se perderán clientes y quizá mercados completos. Por lo tanto, la determinación del tamaño de las instalaciones, con el objetivo de alcanzar altos niveles de utilización y un elevado rendimiento sobre la inversión, resulta crítica.

La planeación de la capacidad puede verse en tres horizontes de tiempo. En la figura S7.1 se observa que la capacidad a largo plazo (mayor a 1 año) es una función de agregar instalaciones y equipos que tienen un tiempo de entrega largo. En el plazo intermedio (3 a 18 meses) podemos agregar equipo, personal y turnos; podemos subcontratar, y almacenar o utilizar el inventario. Ésta es la tarea de la planeación agregada. En el corto plazo (por lo general hasta 3 meses), la mayor preocupación consiste en programar los trabajos y las personas, así como asignar maquinaria. En el corto plazo es difícil modificar la capacidad; se usa la capacidad que ya existe.

Capacidad

“Volumen de producción (throughput)” o número de unidades que puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico de tiempo.

Objetivo de aprendizaje

1. Definir capacidad

► Figura S7.1

Tipos de planeación en un horizonte de tiempo

Planeación a largo plazo	Agregar instalaciones. Agregar equipo con tiempo de entrega largo.	*
Planeación a mediano plazo (planeación agregada)	Subcontratar. Agregar equipo. Agregar turnos.	Agregar personal. Construir o utilizar el inventario.
Planeación a corto plazo (programación)		* Programar trabajos. Programar personal. Asignar maquinaria.
	Modificar la capacidad	Utilizar la capacidad

* Existen posibilidades limitadas

Capacidad de diseño y capacidad efectiva

La **capacidad de diseño** es la producción teórica máxima de un sistema en un periodo dado bajo condiciones ideales. Normalmente se expresa como una tasa, como el número de toneladas de acero que se pueden producir por semana, por mes o por año. Para muchas compañías, medir la capacidad resulta sencillo: es el número máximo de unidades producidas en un tiempo específico. Sin embargo, para otras organizaciones, determinar la capacidad puede ser más difícil. La capacidad se puede medir en términos de camas (un hospital), miembros activos (una iglesia) o tamaño de los salones de clase (una escuela). Otras organizaciones usan el tiempo de trabajo total disponible como medida de su capacidad global.

La mayoría de las organizaciones operan sus instalaciones a una tasa menor que la capacidad de diseño. Lo hacen porque han encontrado que pueden operar con más eficiencia cuando no tienen que extender sus recursos hasta el límite. En vez de esto, prefieren operar quizá a un 82% de la capacidad de diseño. Este concepto se denomina capacidad efectiva.

La **capacidad efectiva** es la capacidad que una empresa *espera* alcanzar dadas las restricciones operativas actuales. A menudo la capacidad efectiva es menor que la capacidad diseñada debido a que la instalación puede haber sido diseñada para una versión anterior del producto o para una mezcla de productos diferente que la que se produce actualmente.

Dos medidas del desempeño del sistema son particularmente útiles: la utilización y la eficiencia. La **utilización** es simplemente el porcentaje de la *capacidad de diseño* que realmente se logra. La **eficiencia** es el porcentaje de la *capacidad efectiva* que se alcanza en realidad. Dependiendo de la forma en que se usen y administren las instalaciones, puede ser difícil o imposible alcanzar el 100% de eficiencia. Los administradores de operaciones tienden a ser evaluados con base en la eficiencia. La clave para mejorar la eficiencia se encuentra frecuentemente en la corrección de los problemas de calidad, así como en una programación, capacitación y mantenimiento efectivos. A continuación se calculan la utilización y la eficiencia:

$$\text{Utilización} = \text{Producción real} / \text{Capacidad de diseño} \quad (\text{S7-1})$$

$$\text{Eficiencia} = \text{Producción real} / \text{Capacidad efectiva} \quad (\text{S7-2})$$

En el ejemplo S1 se determinan estos valores.

Sara James Bakery tiene una planta procesadora de panecillos *Deluxe* para el desayuno y quiere entender mejor su capacidad. Determine la capacidad de diseño, la utilización y la eficiencia para esta planta al producir este panecillo *Deluxe*.

Método: La semana pasada la instalación produjo 148,000 panecillos. La capacidad efectiva es de 175,000 unidades. La línea de producción opera 7 días a la semana en tres turnos de 8 horas al día. La línea fue diseñada para procesar los panecillos *Deluxe*, rellenos de nuez y con sabor a canela, a una tasa de 1,200 por hora. La empresa calcula primero la capacidad de diseño y después usa la ecuación (S7-1) para determinar la utilización y la ecuación (S7-2) para determinar la eficiencia.

Solución:

Capacidad de diseño = (7 días × 3 turnos × 8 horas) × (1,200 panecillos por hora) = 201,600 panecillos

$$\text{Utilización} = \text{Producción real} / \text{Capacidad de diseño} = 148,000 / 201,600 = 73.4\%$$

$$\text{Eficiencia} = \text{Producción real} / \text{Capacidad efectiva} = 148,000 / 175,000 = 84.6\%$$

Razonamiento: La pastelería tiene ahora la información necesaria para evaluar la eficiencia.

Ejercicio de aprendizaje: Si la producción real es de 150,000, ¿cuál es la eficiencia? [Respuesta: 85.7%].

Problemas relacionados: S7.1, S7.2, S7.4, S7.5, S7.11

La capacidad diseñada, la eficiencia y la utilización son medidas importantes para un administrador de operaciones. Pero a menudo los administradores también necesitan conocer la producción esperada de una instalación o de un proceso. Para lograrlo, se despeja la producción real (o en este caso futura o esperada) como se muestra en la ecuación (S7-3).

$$\text{Producción real (o esperada)} = (\text{Capacidad efectiva})(\text{Eficiencia}) \quad (\text{S7-3})$$

En ocasiones, a la producción esperada se le denomina *capacidad tasada*. Con el conocimiento de la capacidad efectiva y la eficiencia, un administrador puede encontrar la producción esperada de una instalación. Esto se muestra en el ejemplo S2.

Capacidad de diseño

Producción teórica máxima de un sistema en un periodo dado bajo condiciones ideales.

Capacidad efectiva

Capacidad que espera lograr una compañía, dados su mezcla de productos, sus métodos de programación, su mantenimiento y sus estándares de calidad.

Utilización

Producción real como porcentaje de la capacidad de diseño.

Eficiencia

Producción real como porcentaje de la capacidad efectiva.

EJEMPLO S1

Determinación de la utilización de la capacidad y de la eficiencia



Modelo activo S7.1

El ejemplo S1 se ilustra con más detalle en el modelo activo S7.1 en su CD-ROM.

Objetivo de aprendizaje

2. Determinar la capacidad de diseño, la capacidad efectiva, y la utilización

EJEMPLO S2**Determinación de la producción esperada**

La administradora de Sara James Bakery (vea el ejemplo S1) ahora necesita incrementar la producción del cada vez más popular panecillo *Deluxe*. Para satisfacer la demanda, debe agregar una segunda línea de producción.

Método: La administradora debe determinar la producción esperada en esta segunda línea para el departamento de ventas. La capacidad efectiva en la segunda línea es la misma que en la primera línea, es decir, 175,000 panecillos *Deluxe*. Como se calculó en el ejemplo S1, la primera línea opera con una eficiencia del 84.6%. Pero la producción en la segunda línea será menor debido a que el personal será primordialmente de nueva contratación; así que se espera que la eficiencia no sea mayor al 75%. ¿Cuál es la producción esperada entonces?

Solución: Use la ecuación (S7-3) para determinar la producción esperada:

$$\text{Producción esperada} = (\text{Capacidad efectiva})(\text{Eficiencia}) = (175,000)(.75) = 131,250 \text{ panecillos}$$

Razonamiento: Ahora se le puede decir al departamento de ventas que la producción esperada es de 131,250 panecillos *Deluxe*.

Ejercicio de aprendizaje: Después de un mes de capacitación, se espera que el personal de la segunda línea de producción trabaje con una eficiencia del 80%. ¿Cuál es la producción esperada modificada de los panecillos *Deluxe*? [Respuesta: 140,000].

Problemas relacionados: S7.3, S7.6, S7.7, S7.8, S7.10

Si la producción esperada es inadecuada podría necesitarse capacidad adicional. Gran parte del resto de este suplemento se enfoca en cómo agregar esa capacidad de manera efectiva y eficiente.

Capacidad y estrategia

Las utilidades sostenidas provienen de la construcción de una ventaja competitiva, no sólo del buen rendimiento financiero de un proceso específico. Las decisiones sobre la capacidad deben estar integradas en la misión y la estrategia de la organización. Las inversiones no deben realizarse como gastos aislados, sino como parte de un plan coordinado para colocar a la empresa en una posición ventajosa.¹ Las preguntas que deben hacerse son: ¿estas inversiones nos permitirán ganar clientes en algún momento?, y ¿qué ventajas competitivas (como flexibilidad del proceso, velocidad de entrega, mejoramiento de la calidad, etc.) obtendremos?

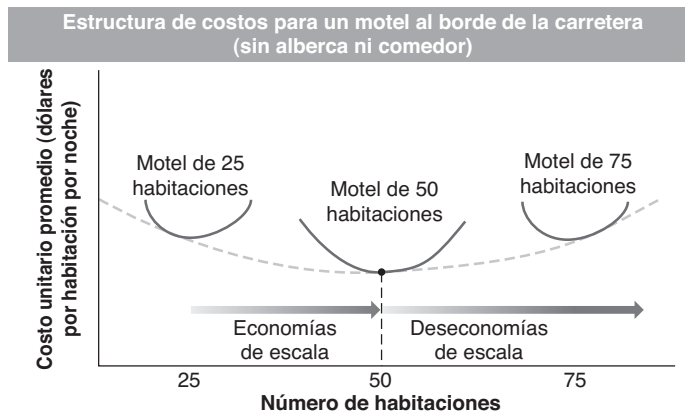
Las 10 decisiones de la administración de operaciones que se analizan en este texto, al igual que otros elementos organizacionales como marketing y finanzas, resultan afectadas por los cambios en la capacidad. El cambio en la capacidad tendrá implicaciones en las ventas y en el flujo de efectivo, de la misma forma que tiene implicaciones en la calidad, la cadena de suministro, los recursos humanos y el mantenimiento. Todo esto debe tomarse en cuenta.

Consideraciones de la capacidad

Además de la estrecha integración de la estrategia y las inversiones, existen cuatro consideraciones especiales para tomar una buena decisión sobre la capacidad.

1. **Pronosticar la demanda con exactitud:** Un pronóstico preciso resulta esencial para tomar una decisión sobre la capacidad. El nuevo producto puede ser gambas de ternera en el Olive Garden, un platillo que agrega demanda en el servicio de comida del restaurante, o una nueva instalación de maternidad en el hospital Arnold Palmer, o el nuevo modelo híbrido de Lexus. Cualquiera que sea el nuevo producto, se deben determinar las perspectivas y el ciclo de vida de los productos existentes. La administración debe saber cuáles productos se están agregando y cuáles descontinuoando, así como sus volúmenes esperados.
2. **Entender la tecnología y los incrementos en la capacidad:** El número de alternativas iniciales puede ser grande, pero una vez que se establece el volumen, las decisiones sobre tecnología pueden apoyarse en el análisis de costo, los recursos humanos necesarios, la calidad y la confiabilidad. Esta revisión suele reducir el número de alternativas a unas cuantas. La tecnología puede dictar el incremento en la capacidad. Satisfacer la demanda adicional con algunas mesas más en el Olive Garden tal vez no sea difícil, pero satisfacer el incremento en la demanda de un nuevo automóvil agregando una nueva línea de ensamble en BMW puede resultar muy complicado y caro. Los administradores de operaciones son responsables de la tecnología y del aumento correcto de la capacidad.
3. **Encontrar el nivel de operación óptimo (volumen):** La tecnología y los incrementos en la capacidad suelen dictar el tamaño óptimo de una instalación. Un motel al borde de la carretera puede

¹Para conocer un análisis excelente sobre inversiones que apoyan la ventaja competitiva, vea Terry Hill, *Operations Management*, 2da. ed. (Nueva York: Palgrave Macmillan, 2005).

◀ **Figura S7.2**

Economías y deseconomías de escala

requerir 50 habitaciones para ser viable. Si es más pequeño, el costo fijo resulta excesivo; si es más grande, la instalación se vuelve más de lo que un solo gerente puede supervisar. Un óptimo hipotético para el motel se muestra en la figura S7.2. Este aspecto se conoce como *economías y deseconomías de escala*. Alguna vez GM consideró que la planta de automóviles óptima debía tener 600 empleados. Como sugiere la foto de Krispy Kreme, la mayoría de los negocios tienen un tamaño óptimo al menos hasta que aparece alguien con un nuevo modelo de negocios. Durante décadas, las grandes fundidoras de acero integradas se consideraron óptimas. Hasta que surgieron Nucor, CMC y otras fundidoras pequeñas con un nuevo proceso y un nuevo modelo de negocios que cambió el tamaño óptimo para una fundidora de acero.

4. *Construir para el cambio*: En nuestro acelerado mundo el cambio es inevitable, por lo que los administradores de operaciones integran la flexibilidad a las instalaciones y al equipo (vea la figura S7.3). Evalúan la sensibilidad de la decisión, probando varias proyecciones de ingresos tanto hacia arriba como hacia abajo, para definir los riesgos potenciales. A menudo, los edificios se construyen en fases; y el equipo se diseña teniendo en mente las modificaciones necesarias para adaptarse a cambios futuros en el producto, la mezcla de productos, y los procesos.

En lugar de manejar la capacidad en forma estratégica, los administradores pueden manejar la demanda tácticamente.

Manejo de la demanda

Aún teniendo un buen pronóstico e instalaciones construidas de acuerdo con éste, puede haber una correspondencia deficiente entre la demanda real y la capacidad disponible. Una correspondencia deficiente significa que la demanda supera a la capacidad o que la capacidad excede a la demanda. Sin embargo, en ambos casos las empresas tienen alternativas.

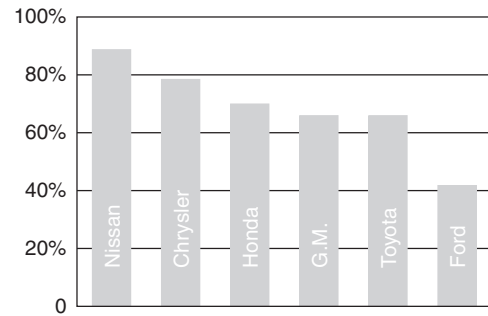


◀ En sus orígenes, Krispy Kreme tenía tiendas de 8,000 pies cuadrados, pero sus dueños descubrieron que resultaban demasiado grandes y costosas para muchos mercados. Entonces probaron con tiendas pequeñas de 1,300 pies cuadrados, las cuales requerían menos inversión, pero esos establecimientos resultaron demasiado pequeños como para proporcionar la experiencia de ver y oler una dona de Krispy Kreme mientras es preparada. Finalmente, Krispy Kreme acertó con una tienda de 2,600 pies cuadrados. Ésta incluye una enorme ventana de cristal para poder ver la producción de las donas.

► Figura S7.3 Porcentaje de vehículos estadounidenses fabricados en líneas de ensamble flexibles*

Un porcentaje de automóviles cada vez más grande se fabrica en líneas de ensamble flexibles. Por ejemplo, Chrysler descubrió hace varios años que su subutilizada planta de Belvidere, Illinois, no era lo suficientemente flexible como para pintar un PT Cruiser (que era demasiado alto por 1 pulgada). La compañía aprendió su lección y ahora es líder en inversión para la flexibilidad del diseño.

*Estimación de 2007, *The Wall Street Journal* (11 de abril de 2006): A1 y (14 y 15 de junio de 2006): B14.



La demanda excede a la capacidad Cuando la *demanda excede a la capacidad*, la empresa puede ser capaz de reprimir la demanda con el simple aumento de los precios, programando tiempos de entrega más largos (lo cual podría ser inevitable), y desestimulando otros negocios redituables marginalmente. Sin embargo, como instalaciones inadecuadas reducen los ingresos más de lo aceptable, la solución de largo plazo suele ser el incremento de la capacidad (como lo vemos en el recuadro de *AO en acción* “Capacidad insuficiente en Dalrymple Bay”).

La capacidad excede a la demanda Cuando la *capacidad excede a la demanda*, la empresa puede desear estimular la demanda mediante reducciones de precio o mercadotecnia agresiva, o puede adaptarse al mercado a través de cambios en el producto. Cuando la disminución de la demanda del cliente se combina con procesos viejos e inflexibles, pueden ser necesarios despidos y cierres de planta para poner a la capacidad en línea con la demanda. El recuadro de *AO en acción* “Demasiada capacidad en GM y Ford” indica qué tan difícil puede ser el ajuste de la capacidad para una demanda en declinación.

Ajuste a las demandas estacionales Un patrón estacional o cíclico de demanda representa otro reto para la capacidad. En estos casos, la administración encuentra útil ofrecer productos con patrones de demanda complementarios es decir, productos para los que la demanda es alta para uno cuando es baja para el otro. Por ejemplo, en la figura S7.4 la empresa está agregando una línea de motores de motocicletas para nieve a su línea de motores de motocicletas para agua a fin de equilibrar la demanda. Al complementar sus productos adecuadamente, quizá suavice la utilización de las instalaciones, del equipo y del personal.

AO en acción

Capacidad insuficiente en Dalrymple Bay

Una mañana reciente, cerca de 20 barcos estaban anclados en el Coral Sea. Esperaban ser cargados con carbón para surtir de combustible a las voraces fundidoras de acero ubicadas en Asia. Australia tiene algunas de las minas de carbón más prolíficas del mundo, pero su puerto clave de Dalrymple Bay, justo a las afueras de Queensland, no es lo suficientemente grande como para satisfacer la demanda. Por ello los barcos esperan desocupados durante días. La capacidad del puerto está muy por debajo de lo necesario para la demanda mundial actual. Esto hace de Dalrymple uno de los puntos que más retrasan el proceso.

El proceso es bastante sencillo pero costoso. En las minas, el carbón se carga en trenes, los cuales viajan varias horas hasta el puerto y descargan su carbón en montones que se rocían con agua para evitar que el polvo del carbón contamine casas y playas. En cierto tiempo, el carbón se carga en una banda transportadora que lo desplaza 2.5 millas hasta el Coral Sea, donde se sube a los barcos.

El plan actual consiste en invertir \$610 millones de dólares para expandir la capacidad del puerto a 85 millones de toneladas métricas de carbón en los siguientes 3 años. Pero esto sigue siendo menor al requerimiento de la demanda estimada, que es de 107 millones de toneladas métricas. Como resultado, las compañías de carbón, incluso después de completar la expansión, pueden encontrar que su acceso al embarque es limitado.

La demanda debe existir, el puerto se debe expandir, y las minas se deben agrandar. Sin esa seguridad, el riesgo permanece alto y el RSI (rendimiento sobre la inversión) no existe. Los administradores no pondrán una cantidad significativa de dinero en la expansión de la capacidad del puerto hasta que estén seguros de que tanto la demanda como el suministro de carbón dan soporte a un puerto más grande. Para justificar la inversión en capacidad, cada fase de la cadena debe soportar esa inversión.

Fuente: *Australasian Business Intelligence* (22 de junio de 2006); y *The Wall Street Journal* (7 de julio de 2005): C1, C4.

A0 en acción

Demasiada capacidad en GM y Ford

Durante décadas GM y Ford agregaron capacidad a sus plantas. El mercado de automóviles y camiones se expandía, y estas compañías se expandían junto con él. Eran las empresas automotrices más grandes del mundo. Construyeron plantas especializadas enfocadas en el producto con poca flexibilidad e hicieron crecer su capacidad a millones de automóviles al año. Sólo GM producía más de la mitad de los automóviles vendidos en Estados Unidos. Pero el mundo cambió, ahora los automóviles llegan a Estados Unidos de todos los rincones del mundo. Alemania, Italia, Japón, Corea e incluso México y Brasil están entrando al mercado estadounidense con China en el horizonte. Y GM ahora fabrica menos de un cuarto de los automóviles vendidos en Estados Unidos.

Toyota, VW, Honda, BMW, Mercedes y otros están ganando ventas. Captan las ventas con importaciones y producción local. Recientemente, las plantas de Toyota basadas en Estados Unidos operaban al 111% de la producción esperada, con un 87% para GM y un 79% para Ford.

GM y Ford no se han rendido. En un esfuerzo por disminuir costos, ambas compañías están aumentando su productividad y flexibilidad. Por ejemplo, en los últimos 6 años, las horas de trabajo por vehículo necesarias para el estampado, ensamble y producción de motores ha disminuido en un 26%, de 46.5 a 34.3 horas. El número de máquinas de estampado necesarias para hacer los guardafangos, el toldo, las puertas, etc., han disminuido de 330 a 241. Esta potente combinación de ventas más bajas y productividad más alta significa que GM y Ford deben reducir su capacidad. Para 2010, el empleo con estos dos fabricantes disminuirá en 50,000 personas. Los ajustes a la capacidad, particularmente hacia abajo, pueden ser dolorosos.

Fuente: The Wall Street Journal (21 y 22 de enero de 2006): A2; The Economist (7 de enero de 2006): 61; y Knight Ridder Tribune Business News (4 de enero de 2006): 1.

Tácticas para ajustar la capacidad a la demanda Existen diferentes tácticas para ajustar la capacidad a la demanda. Las alternativas de ajuste incluyen:

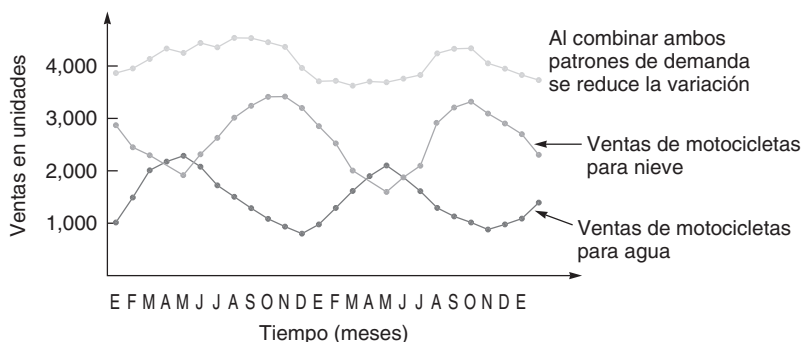
1. Cambios en el personal (aumentar o disminuir el número de empleados o turnos).
2. Ajustes al equipo (comprar maquinaria adicional o vender o rentar el equipo existente).
3. Mejora de los procesos para aumentar la producción.
4. Rediseño de los productos para facilitar más producción.
5. Aumento de la flexibilidad del proceso para satisfacer de mejor manera las cambiantes preferencias de producto.
6. Cierre de instalaciones.

Las tácticas anteriores sirven para ajustar la demanda a las instalaciones existentes. El asunto estratégico es, por supuesto, cómo tener las instalaciones del tamaño correcto.

Manejo de la demanda y la capacidad en el sector servicios

En el sector servicios, la programación de clientes es el *manejo de la demanda*, y la programación de la fuerza de trabajo es el *manejo de la capacidad*.

Manejo de la demanda Cuando la demanda y la capacidad tienen una buena correspondencia, a menudo el manejo de la demanda puede realizarse con citas, reservaciones o una regla del tipo primero en llegar-primero en ser atendido. En algunos negocios, como despachos legales o consultorios médicos, el programa consiste en un *sistema de citas* y resulta adecuado. Los *sistemas de reservaciones* funcionan bien en agencias para la renta de automóviles, hoteles y algunos restaurantes como



◀ Figura S7.4
La capacidad se utiliza de mejor manera si se combinan productos con patrones estacionales complementarios

Una demanda de ventas suavizada contribuye a mejorar la programación y las estrategias de recursos humanos.

► Muchos hospitales de Estados Unidos usan servicios a distancia para manejar la capacidad de sus radiólogos durante los turnos nocturnos. Night Hawk, un servicio basado en Idaho con 50 radiólogos localizados en Zurich y Sydney, tiene contrato con 900 instalaciones (un 20% de todos los hospitales estadounidenses). Estos expertos capacitados, completamente despiertos en sus horas de trabajo diurno, suelen regresar un diagnóstico en un lapso de entre 10 y 20 minutos, con una garantía de 30 minutos.



un medio para minimizar el tiempo de espera del cliente y evitar el desagrado de un servicio poco satisfactorio. En tiendas al menudeo, oficinas postales o restaurantes de comida rápida, una regla del tipo *primero en llegar-primero en ser atendido* para dar servicio a los clientes puede ser suficiente. Cada industria desarrolla sus propios métodos para lograr la correspondencia adecuada entre demanda y capacidad. Otros enfoques más agresivos para el manejo de la demanda incluyen muchas variaciones de descuentos: ofertas para “madrugadores” en restaurantes, descuentos para presentaciones matutinas o para conseguir asientos en las horas más desocupadas de una aerolínea, y llamadas telefónicas más baratas los fines de semana.

Manejo de la capacidad Cuando el manejo de la demanda no es factible, una alternativa es manejar la capacidad a través de cambios en el personal de tiempo completo, eventual, o de tiempo parcial. Éste es el enfoque en muchos servicios. Por ejemplo, los hospitales pueden encontrar capacidad limitada por la falta de radiólogos certificados que quieran cubrir los turnos difíciles. Contar con lecturas radiológicas rápidas y confiables puede ser la diferencia entre la vida y la muerte de un paciente en la sala de emergencias. Como lo ilustra la fotografía de arriba, cuando se requiere una lectura durante la noche (y el 40% de las tomografías computarizadas (CT scans) se realizan durante las 8 P.M. y las 8 A.M.), la imagen puede enviarse por correo electrónico a un médico residente en Europa o Australia para su análisis inmediato.

► La enorme flota aérea de FedEx se usa casi a toda su capacidad para la entrega nocturna de paquetes, pero está desocupada al 100% durante el día. En un intento por utilizar de mejor manera su capacidad (y apalancar sus activos), FedEx consideró la implementación de dos servicios con patrones de demanda opuestos o contracíclicos para su servicio nocturno: servicio de conmutador para pasajeros y servicio charter para pasajeros. Sin embargo, después de un análisis amplio, el 12 o el 13% del rendimiento sobre la inversión se juzgó insuficiente como para correr los riesgos involucrados. Por otra parte, aunque enfrenta problemas similares, UPS decidió iniciar operaciones con una aerolínea de servicio charter que opera los fines de semana.



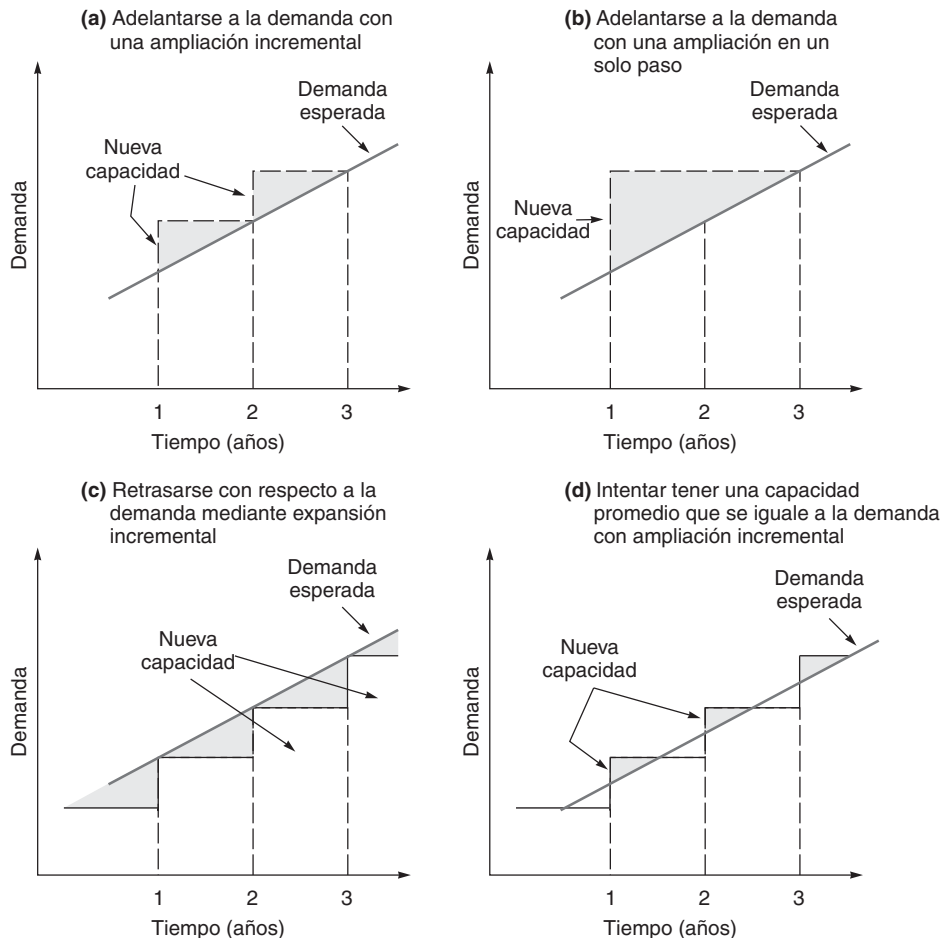
PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD

Establecer los requerimientos de capacidad futuros puede ser un procedimiento complicado, el cual se basa principalmente en la demanda futura. Cuando la demanda de bienes y servicios se puede pronosticar con un grado de precisión razonable, la definición de los requerimientos de capacidad puede resultar sencilla. Normalmente, la determinación de la capacidad requiere dos etapas. Durante la primera fase, la demanda futura se pronostica con los modelos tradicionales, como se vio en el capítulo 4. En la segunda fase, este pronóstico se usa para determinar los requerimientos de capacidad y el tamaño creciente de cada adición a la capacidad.² Resulta interesante que el crecimiento de la demanda suele ser gradual y en pequeñas unidades, mientras que las adiciones a la capacidad son por lo general instantáneas y en unidades grandes. Con frecuencia, esta contradicción dificulta la expansión de la capacidad.

En la figura S7.5 se revelan cuatro enfoques para la nueva capacidad. Como se observa en la figura S7.5(a), la nueva capacidad se adquiere al principio del año 1. Esa capacidad servirá para manejar el aumento de la demanda hasta iniciar el año 2. Al principio del año 2, se adquiere otra vez capacidad nueva con el fin de que la organización se adelante a la demanda prevista hasta que comience el año 3. Este proceso puede continuar de manera indefinida.

El plan de capacidad que se muestra en la figura S7.5(a) es sólo uno del casi ilimitado número de planes posibles para satisfacer la demanda futura. En esta figura, la nueva capacidad se adquirió en forma *incremental* al inicio del año 1 y al inicio del año 2. En la figura S7.5(b), se adquirió un gran incremento en la capacidad al comienzo del año 1 para satisfacer la demanda esperada hasta el inicio del año 3.

El exceso de capacidad proporcionado por los planes de las figuras S7.5(a) y S7.5(b) da flexibilidad a los administradores de operaciones. Por ejemplo, en la industria hotelera, la capacidad agregada en forma de habitaciones permite una mayor variedad de alternativas y quizá flexibilidad en la programación de la limpieza de las habitaciones. En la manufactura, el exceso de capacidad puede utilizarse para hacer más preparaciones que permitan acortar las corridas de producción y, por ende, disminuir



Planeación de la capacidad en el hospital Arnold Palmer

◀ **Figura S7.5**
Enfoques para la ampliación de la capacidad

²En este punto, suponemos que la administración conoce la tecnología y el tipo de instalaciones que se emplearán para satisfacer los requerimientos de la demanda futura que no es un asunto menor, pero está fuera del alcance de este libro.

el inventario. La capacidad adicional también puede permitir a la administración producir un inventario en exceso y, por consiguiente, demorar los gastos de capital y las interrupciones que implica agregar nueva capacidad adicional.³

Las alternativas de las figuras S7.5(a) y S7.5(b), *adelantan* la capacidad es decir, adquieren la capacidad para mantenerse por delante de la demanda pero en la figura S7.5(c) se muestra una posibilidad que *retrasa* la capacidad, quizá usando tiempo extra o subcontratando para adaptarse al excedente de la demanda. En la figura S7.5(d) se busca igualar la demanda al construir una capacidad “promedio”, a veces retrasándose con respecto a la demanda y en otras adelantándose a ésta.

En algunos casos, la decisión a tomar entre las distintas alternativas puede ser relativamente sencilla. Se puede calcular el costo total de cada alternativa y después seleccionar aquella que tenga el menor costo total. En otros casos, la determinación de la capacidad y cómo lograrla puede ser algo mucho más complicado. La mayor parte de las veces, numerosos factores subjetivos resultan difíciles de cuantificar y medir. Estos factores incluyen alternativas tecnológicas; estrategias de la competencia; restricciones en la construcción; costo de capital; alternativas de recursos humanos; así como leyes y regulaciones locales, estatales y federales.

Objetivo de aprendizaje

3. Calcular el punto de equilibrio

Análisis del punto de equilibrio

Medio para encontrar el punto, en dinero y unidades, donde los costos son iguales a los ingresos.

Costos fijos

Costos que continúan igual incluso cuando no se producen unidades.

Costos variables

Costos que varían con el volumen de unidades producidas.

Contribución

Diferencia entre precio de venta y costos variables.

Función de ingreso

Función que se incrementa con el precio de venta de cada unidad.

ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

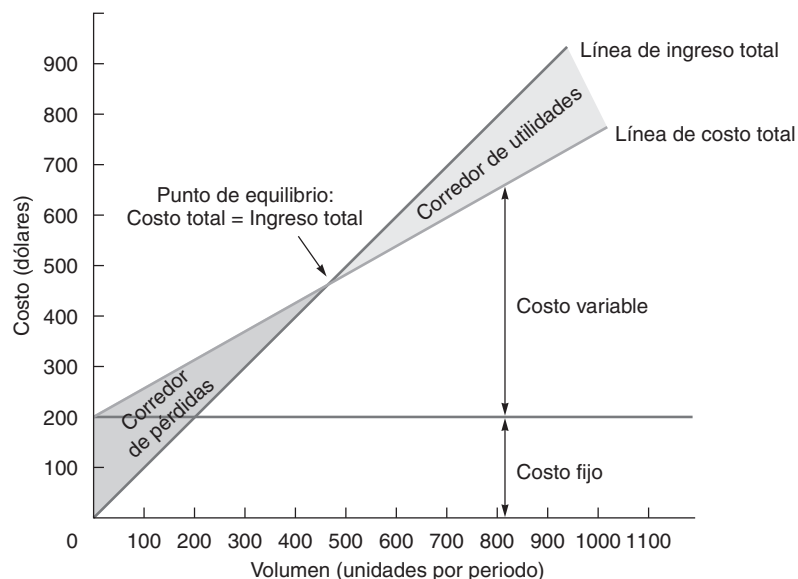
El análisis del punto de equilibrio es una herramienta crucial para determinar la capacidad que debe tener una instalación a fin de lograr rentabilidad. El objetivo del **análisis del punto de equilibrio** es encontrar el punto, en dinero y unidades, donde el costo y el ingreso sean iguales. Este punto se llama punto de equilibrio. Las compañías deben operar por arriba de este nivel para lograr rentabilidad. Como se muestra en la figura S7.6, el análisis del punto de equilibrio requiere una estimación de los costos fijos, de los costos variables, y del ingreso.

Los **costos fijos** son aquellos costos que continúan igual incluso cuando no se producen unidades. Los ejemplos incluyen pagos por concepto de depreciación, impuestos, deudas e hipotecas. Los **costos variables** son los que varían con el volumen de unidades producidas. Los componentes principales de los costos variables son mano de obra y materiales. Sin embargo, otros costos, como la porción de los suministros que varía con el volumen, también son costos variables. La diferencia entre el precio de venta y los costos variables es la **contribución**. Sólo cuando la contribución total exceda al costo fijo total se tendrán utilidades.

Otro elemento incluido en el análisis del punto de equilibrio es la **función de ingreso**. En la figura S7.6, el ingreso comienza en el origen y procede a subir hacia la derecha, incrementándose con el precio de venta de cada unidad. En el sitio donde la función de ingreso cruza la línea del costo total (la suma de los costos fijos y variables) está el punto de equilibrio, con un corredor de utilidad a la derecha y un corredor de pérdida hacia la izquierda.

Supuestos Cierta cantidad de supuestos representa el fundamento del modelo básico del punto de equilibrio. Resulta notable que los costos y el ingreso se presenten como líneas rectas. Se muestran

► **Figura S7.6**
Punto de equilibrio básico



³Vea un análisis relacionado en S. Rajagopalan y J. M. Swaminathan, “Coordinated Production Planning Model with Capacity Expansion and Inventory Management”, *Management Science* 47, núm. 11 (noviembre de 2001): 1562-1580.

con un incremento lineal es decir, en proporción directa con el volumen de unidades producidas. Sin embargo, ni los costos fijos ni los costos variables (y por tal razón, ni la función de ingreso) necesitan ser líneas rectas. Por ejemplo, los costos fijos cambian en la medida en que se usan más bienes de capital o más espacio de almacén; los costos de mano de obra cambian con el tiempo extra o si se emplean trabajadores no calificados; la función de ingreso puede cambiar con factores como los descuentos por volumen.

Enfoque gráfico El primer paso en el enfoque gráfico para el análisis del punto de equilibrio es definir los costos que son fijos y sumarlos. Los costos fijos se trazan como una línea horizontal que comienza en la cantidad en dólares anotada sobre el eje vertical. Después se estiman los costos variables mediante el análisis de los costos por mano de obra, materiales y otros costos relacionados con la producción de cada unidad. Los costos variables se muestran como un costo creciente incremental, cuyo origen está en la intersección de los costos fijos con el eje vertical y que aumenta con cada cambio suscitado en el volumen cuando nos movemos hacia la derecha sobre el eje del volumen (o eje horizontal). Por lo general, la información de los costos fijos y variables está disponible en el departamento de contabilidad de la empresa, aunque también el departamento de ingeniería industrial puede almacenar información de costos.

Enfoque algebraico A continuación se muestran las fórmulas respectivas del punto de equilibrio en unidades y dólares. Sean

PEQ_x = punto de equilibrio en unidades	IT = ingreso total = Px
PEQ_s = punto de equilibrio en dólares	F = costos fijos
P = precio por unidad (después de todos los descuentos)	V = costos variables por unidad
x = número de unidades producidas	CT = costos totales = $F + Vx$

El punto de equilibrio ocurre cuando el ingreso total es igual a los costos totales. Por lo tanto:

$$IT = CT \quad \text{o} \quad Px = F + Vx$$

Al despejar x , se obtiene

$$PEQ_x = \frac{F}{P - V}$$

y

$$\begin{aligned} PEQ_s &= PEQ_x P = \frac{F}{P - V} P = \frac{F}{(P - V)/P} \\ &= \frac{F}{1 - V/P} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Utilidad} &= IT - CT \\ &= Px - (F + Vx) = Px - F - Vx \\ &= (P - V)x - F \end{aligned}$$

Los costos fijos no permanecen constantes para todo el volumen; nuevos almacenes y nuevos cargos por gastos generales resultan en funciones escalonadas para los costos fijos.



◀ Algunas compañías se adaptan para un cambio en la capacidad modificando la maquinaria o utilizando equipo antiguo aunque no sea el más eficiente. Por ejemplo, los administradores de la empresa familiar que produce las mezclas de la marca Jiffy decidieron que la estrategia de AO de su compañía no contemplaba una inversión de capital adicional en nuevo equipo. En consecuencia, al hacer reparaciones, modificaciones de equipo o ajustes para las cargas pico, utilizan equipo de repuesto, a menudo antiguo.

Mediante estas ecuaciones se despejan directamente el punto de equilibrio y la rentabilidad. Las dos fórmulas de interés particular son:

$$\text{Punto de equilibrio en unidades} = \frac{\text{Costo fijo total}}{\text{Precio} - \text{Costo variable}} \quad (\text{S7-4})$$

$$\text{Punto de equilibrio en dólares} = \frac{\text{Costo fijo total}}{1 - \frac{\text{Costo variable}}{\text{Precio de venta}}} \quad (\text{S7-5})$$

Caso de un solo producto

En el ejemplo S3 se determina el punto de equilibrio en dólares y en unidades para un producto.

EJEMPLO S3

Análisis del punto de equilibrio para un solo producto



Archivo de datos para Excel OM
Ch07SExS3.xls



Modelo activo S7.2

El ejemplo S3 se ilustra con más detalle en el modelo activo S7.2 del CD-ROM.

Stephens Inc., quiere determinar el volumen mínimo necesario en dólares y unidades para lograr el punto de equilibrio en su nueva instalación.

Método: La compañía determina primero que en este periodo tiene costos fijos de \$10,000. La mano de obra directa cuesta \$1.50 por unidad, y el material \$.75 por unidad. El precio de venta unitario es de \$4.00.

Solución: El punto de equilibrio en dólares se calcula de la siguiente manera:

$$PEQ_{\$} = \frac{F}{1 - (V/P)} = \frac{\$10,000}{1 - [(1.50 + .75)/(4.00)]} = \frac{\$10,000}{.4375} = \$22,857.14$$

El punto de equilibrio en unidades es:

$$PEQ_x = \frac{F}{P - V} = \frac{\$10,000}{4.00 - (1.50 + .75)} = 5,714$$

Observe que se utilizan los costos variables totales (es decir, mano de obra y material).

Razonamiento: Ahora la administración de Stephens Inc., ya tiene una estimación tanto en dólares como en unidades del volumen necesario para la nueva instalación.

Ejercicio de aprendizaje: Si Stephens encuentra que el costo fijo se incrementará a \$12,000, ¿qué le pasa al punto de equilibrio en unidades y en dólares? [Respuesta: El punto de equilibrio en unidades aumenta a 6,857, y el punto de equilibrio en dólares se incrementa a \$27,428.57].

Problemas relacionados: S7.9, S7.12, S7.13, S7.14, S7.15, S7.16, S7.17, S7.18, S7.19, S7.20, S7.21, S7.22, S7.23

Caso de productos múltiples

La mayoría de las empresas, desde las manufactureras hasta los restaurantes (incluso restaurantes de comida rápida), tienen una variedad de ofertas. Cada producto ofrecido puede tener precio de venta y costo variable diferentes. Utilizando el análisis del punto de equilibrio, modificamos la ecuación (S7-5) para reflejar la proporción de las ventas de cada producto. Esto se hace “ponderando” la contribución de cada producto mediante su proporción de ventas. Entonces la fórmula es:

$$PEQ_{\$} = \frac{F}{\sum \left[\left(1 - \frac{V_i}{P_i} \right) \times (W_i) \right]} \quad (\text{S7-6})$$

donde V = costo variable por unidad
 P = precio por unidad
 F = costo fijo
 W = porcentaje de cada producto de las ventas totales en dólares
 i = cada producto

En el ejemplo S4 se muestra cómo determinar el punto de equilibrio para el caso de productos múltiples en el restaurante Le Bistro.



◀ Las máquinas de papel como las que se muestran aquí, de International Paper, requieren una inversión de capital alta. Esta inversión resulta en un costo fijo alto, pero permite una producción de papel con costo variable muy bajo. El trabajo del gerente de producción es mantener la utilización por arriba del punto de equilibrio para lograr rentabilidad.

Le Bistro elabora más de un producto y le gustaría conocer su punto de equilibrio en dólares.

Método: La información de Le Bistro es como se muestra en la tabla siguiente. Los costos fijos son de \$3,500 al mes.

Artículo	Precio	Costo	Ventas anuales pronosticadas en unidades
Emparedado	\$2.95	\$1.25	7,000
Refresco	.80	.30	7,000
Papa al horno	1.55	.47	5,000
Té	.75	.25	5,000
Barra de ensaladas	2.85	1.00	3,000

Con una variedad de productos a la oferta, procedemos con el análisis del punto de equilibrio igual que en el caso de un solo producto, excepto que ponderamos cada uno de los productos por su proporción de las ventas totales usando la ecuación (S7.6).

Solución: Punto de equilibrio para múltiples productos: Determinación de la contribución

1	2	3	4	5	6	7	8
Artículo (i)	Precio de venta (P)	Costo variable (V)	(V/P)	1 - (V/P)	Pronóstico de ventas anuales \$	% de ventas	Contribución ponderada (col. 5 × col. 7)
Emparedado	\$2.95	\$1.25	.42	.58	\$20,650	.446	.259
Refresco	.80	.30	.38	.62	5,600	.121	.075
Papa al horno	1.55	.47	.30	.70	7,750	.167	.117
Té	.75	.25	.33	.67	3,750	.081	.054
Barra de ensaladas	2.85	1.00	.35	.65	8,550	.185	.120
					\$46,300	1.000	.625

Nota: El ingreso por emparedados es de \$20,650 (2.95 × 7,000), que es un 44.6% del ingreso total de \$46,300. Por lo tanto, la contribución de los emparedados se “pondera” por .446. La contribución ponderada es .446 × .58 = .259. De esta manera, su contribución *relativa* se refleja apropiadamente.

Si usamos este enfoque para cada producto, encontramos que la contribución total ponderada es de .625 por cada dólar de ventas, y el punto de equilibrio en dólares es igual a \$67,200:

$$PEQ_{\$} = \frac{F}{\sum \left[\left(1 - \frac{V_i}{P_i} \right) \times (W_i) \right]} = \frac{\$3,500 \times 12}{.625} = \frac{\$42,000}{.625} = \$67,200$$

EJEMPLO S4

Análisis del punto de equilibrio con productos múltiples

La información de este ejemplo implica ventas totales diarias (52 semanas de 6 días cada una) de:

$$\frac{\$67,200}{312 \text{ días}} = \$215.38$$

Razonamiento: Ahora la administración de Le Bistro ya sabe que debe generar ventas promedio de \$215.38 al día para lograr el equilibrio. La administración también sabe que si las ventas pronosticadas de \$46,300 son correctas, Le Bistro perderá dinero, puesto que el punto de equilibrio es de \$67,200.

Ejercicio de aprendizaje: Si el administrador de Le Bistro quiere hacer \$2,000 adicionales por mes y considera esto como un costo fijo, ¿cuál es el nuevo punto de equilibrio en las ventas diarias promedio? [Respuesta: \$338.46].

Problemas relacionados: S7.24a, S7.25, S7.26a

Las cifras del punto de equilibrio por producto proporcionan al administrador un conocimiento adicional del realismo de su pronóstico de ventas. Indican exactamente lo que debe venderse cada día, como se ilustra en el ejemplo S5.

EJEMPLO S5

Ventas unitarias en el punto de equilibrio

Le Bistro también quiere conocer el punto de equilibrio para el número de emparedados que se debe vender cada día.

Método: Usando los datos del ejemplo S4, tomamos el pronóstico de ventas de emparedados del 44.6% veces el punto de equilibrio diario de \$215.38 dividido entre el precio de venta de cada bocadillo (\$2.95).

Solución: Entonces, en el punto de equilibrio, las ventas de emparedados deben ser:

$$\frac{.446 \times \$215.38}{\$2.95} = \text{Número de emparedados} = 32.6 \approx 33 \text{ emparedados diarios}$$

Razonamiento: Con el conocimiento de las ventas de los productos individuales, el administrador tiene una base para determinar los requerimientos de materiales y mano de obra.

Ejercicio de aprendizaje: Con un punto de equilibrio en dólares de \$338.46 diarios, ¿cuántos emparedados debe vender Le Bistro cada día?

Problemas relacionados: S7.24b, S7.26b, S7.35

Después de haber preparado, analizado y juzgado en forma razonable el análisis del punto de equilibrio, es posible tomar las decisiones sobre el tipo y la capacidad del equipo que se necesita. De hecho, ahora se puede realizar un mejor juicio sobre la probabilidad de éxito de la empresa.

Cuando los requerimientos de capacidad están sujetos a factores significativos que son desconocidos, se recomienda aplicar los modelos “probabilísticos”. Una técnica para tomar decisiones exitosas con respecto a la planeación de la capacidad con demanda incierta es la teoría de decisiones, la cual incluye el uso de árboles de decisión.

APLICACIÓN DE ÁRBOLES DE DECISIÓN A LAS DECISIONES DE CAPACIDAD

Objetivo de aprendizaje

4. Aplicar árboles de decisión a las decisiones de capacidad

Los árboles de decisión requieren que las alternativas y los distintos estados de naturaleza se especifiquen. Para situaciones donde se planea la capacidad, el estado de naturaleza normalmente es la demanda futura o la preferencia del mercado. Al asignar valores de probabilidad a los diversos estados de naturaleza, podemos tomar decisiones que maximicen el valor esperado de las alternativas. En el ejemplo S6 se muestra la forma de aplicar árboles de decisión a una decisión de capacidad.

EJEMPLO S6

Árbol de decisión aplicado a una decisión de capacidad

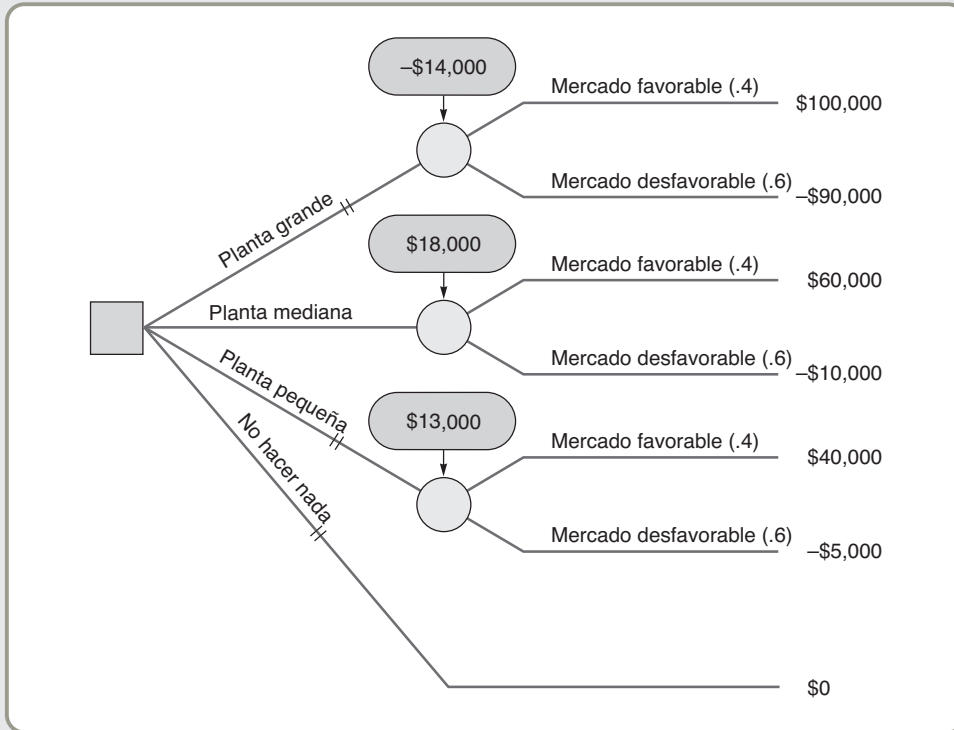
Southern Hospital Supplies, una compañía que fabrica batas de hospital, está considerando aumentar su capacidad.

Método: Las alternativas principales de Southern son: no hacer nada, construir una planta pequeña, construir una planta mediana, o construir una planta grande. La nueva instalación produciría un nuevo tipo de bata cuyo potencial de comercialización se desconoce. Si se construye una planta grande y existe un mercado favorable, podría obtenerse una utilidad de \$100,000. Un mercado desfavorable produciría

una pérdida de \$90,000. Sin embargo, con una planta mediana y un mercado favorable las utilidades llegarían a \$60,000. El resultado de un mercado desfavorable sería una pérdida de \$10,000. Por otra parte, con una planta pequeña se tendrían utilidades por \$40,000 con condiciones de mercado favorables y se perderían sólo \$5,000 en un mercado desfavorable. Por supuesto, siempre está la alternativa de no hacer nada.

Una investigación de mercado reciente indica que existe una probabilidad de .4 de tener un mercado favorable, lo cual significa que también existe una probabilidad de .6 de que el mercado sea desfavorable. Con esta información se selecciona la alternativa que dará como resultado el mayor valor monetario esperado (VME).

Solución: Prepare un árbol de decisión y calcule el VME para cada rama:



$$\begin{aligned} \text{VME (planta grande)} &= (.4)(\$100,000) + (.6)(-\$90,000) = -\$14,000 \\ \text{VME (planta mediana)} &= (.4)(\$60,000) + (.6)(-\$10,000) = +\$18,000 \\ \text{VME (planta pequeña)} &= (.4)(\$40,000) + (.6)(-\$5,000) = +\$13,000 \\ \text{VME (no hacer nada)} &= \$0 \end{aligned}$$

Con base en el criterio de VME, Southern debe construir una planta mediana.

Razonamiento: Si Southern toma muchas decisiones como ésta, entonces la determinación del VME para cada rama y la selección del VME más alto es un buen criterio de decisión.

Ejercicio de aprendizaje: Si una nueva estimación de la pérdida resultante por la construcción de una planta mediana en un mercado desfavorable aumenta a -\$20,000, ¿cuál es el nuevo VME para esta rama? [Respuesta: \$12,000, lo cual cambia la decisión porque ahora el VME de la planta pequeña es más alto].

Problemas relacionados: S7.27, S7.28

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE INVERSIÓN A LAS INVERSIONES IMPULSADAS POR LA ESTRATEGIA

Después de haber considerado las implicaciones estratégicas de las inversiones potenciales, es adecuado realizar un análisis tradicional de la inversión. A continuación presentamos los aspectos de la inversión que están relacionados con la capacidad.

Un administrador de operaciones puede ser el responsable del rendimiento sobre la inversión (ROI, return on investment).

La inversión de capital requiere flujo de efectivo, así como una evaluación del rendimiento sobre la inversión.

Valor presente neto

Medio para determinar el valor descontado de una serie de ingresos de efectivo futuros.

Inversión, costo variable y flujo de efectivo

Debido a que existen alternativas para capacidad y proceso, también las hay para las inversiones de capital y el costo variable. Los administradores deben elegir entre las diferentes posibilidades financieras, así como entre las alternativas de capacidad y proceso. El análisis debe mostrar la inversión de capital, el costo variable y los flujos de efectivo, así como el valor presente neto para cada alternativa.

Valor presente neto

La determinación del valor descontado de una serie de ingresos de efectivo futuros se conoce como técnica del **valor presente neto**. A manera de introducción, consideremos el valor del dinero en el tiempo. Digamos que usted invirtió \$100.00 en un banco al 5% anual. Su inversión valdrá $\$100.00 + (\$100.00)(.05) = \$105.00$. Si usted invierte los \$105.00 un año más, su valor será $\$105.00 + (\$105.00)(.05) = \$110.25$ al final del segundo año. Por supuesto que podemos calcular el valor futuro de \$100.00 al 5% para el número de años que queramos simplemente extendiendo este análisis. Sin embargo, existe una forma más sencilla de expresar matemáticamente esta relación. Para el primer año:

$$\$105 = \$100(1 + .05)$$

Para el segundo año:

$$\$110.25 = \$105(1 + .05) = \$100(1 + .05)^2$$

En general:

$$F = P(1 + i)^N \quad (S7-7)$$

donde F = valor futuro (tal como \$110.25 o \$105)
 P = valor presente (tal como \$100.00)
 i = tasa de interés (tal como .05)
 N = número de años (tal como 1 año o 2 años)

Objetivo de aprendizaje

5. Calcular el valor presente neto

Sin embargo, en la mayoría de las decisiones de inversión nos interesa calcular el valor presente de una serie de pagos futuros. Si despejamos P , obtenemos:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^N} \quad (S7-8)$$

Cuando el número de años no es demasiado grande, la ecuación anterior es efectiva. Sin embargo, cuando el número de años, N , es grande, la fórmula se vuelve difícil de manejar. Para 20 años usted tendría que calcular $(1 + i)^{20}$. Sin una calculadora sofisticada este cálculo resultaría complicado.



▲ Lograr la correspondencia apropiada entre capacidad y demanda puede ser un reto. Cuando una participación en el mercado está disminuyendo y las instalaciones son antiguas e inflexibles, como en el caso de esta planta de General Motors, la disparidad entre la demanda y la capacidad implica vaciar las plantas y despedir empleados (foto izquierda). Por otro lado, cuando la demanda excede a la capacidad, como en esta apertura de la tienda Apple en las afueras de Roma, Italia, la disparidad implica la frustración de los clientes y la pérdida de ingresos (foto derecha).

Año	5%	6%	7%	8%	9%	10%	12%	14%
1	.952	.943	.935	.926	.917	.909	.893	.877
2	.907	.890	.873	.857	.842	.826	.797	.769
3	.864	.840	.816	.794	.772	.751	.712	.675
4	.823	.792	.763	.735	.708	.683	.636	.592
5	.784	.747	.713	.681	.650	.621	.567	.519
6	.746	.705	.666	.630	.596	.564	.507	.456
7	.711	.665	.623	.583	.547	.513	.452	.400
8	.677	.627	.582	.540	.502	.467	.404	.351
9	.645	.592	.544	.500	.460	.424	.361	.308
10	.614	.558	.508	.463	.422	.386	.322	.270
15	.481	.417	.362	.315	.275	.239	.183	.140
20	.377	.312	.258	.215	.178	.149	.104	.073

◀ Tabla S7.1

Valor presente de \$1

Las tablas de tasas de interés, como la tabla S7.1, simplifican esta situación. Primero, replanteamos la ecuación del valor presente:

$$P = \frac{F}{(1+i)^N} = FX \tag{S7-9}$$

donde $X =$ un factor de la tabla S7.1 que se define como $= 1/(1+i)^N$ y $F =$ valor futuro

Así, todo lo que tenemos que hacer es encontrar el factor X y multiplicarlo por F para calcular el valor presente, P . Los factores son, por supuesto, una función de la tasa de interés, i , y el número de años, N . En la tabla S7.1 se relacionan algunos de estos factores.

Las ecuaciones (S7-8) y (S7-9) se usan para determinar el valor presente de una cantidad futura de efectivo, pero hay algunas situaciones en las que una inversión genera una serie de cantidades uniformes e iguales de efectivo. Este tipo de inversión se llama *anualidad*. Por ejemplo, considere una inversión que reditúa \$300 por año durante 3 años. Por supuesto, puede usarse tres veces la ecuación (S7-8), para los años 1, 2 y 3, aunque hay un método más corto. Aún cuando existe una fórmula para calcular el valor presente de una serie anual de flujos de efectivo iguales y uniformes (una anualidad), se ha desarrollado una tabla fácil de usar para este propósito. De igual forma que los cálculos acostumbrados del valor presente, este cálculo involucra un factor. Los factores para las anualidades se presentan en la tabla S7.2. La relación básica es

$$S = RX$$

donde $X =$ factor de la tabla S7.2

$S =$ valor presente de una serie de pagos anuales uniformes

$R =$ pagos que se reciben cada año durante la vigencia de la inversión (la anualidad)

El valor presente de una serie anual uniforme de cantidades es una extensión del valor presente de una cantidad única y, por lo tanto, la tabla S7.2 se puede construir directamente a partir de la tabla S7.1. Los factores para una tasa de interés dada en la tabla S7.2 no son sino la suma acumulada de valores de la tabla S7.1. Por ejemplo, en la tabla S7.1, .952, .907 y .864 son los factores para los años 1, 2 y 3

Año	5%	6%	7%	8%	9%	10%	12%	14%
1	.952	.943	.935	.926	.917	.909	.893	.877
2	1.859	1.833	1.808	1.783	1.759	1.736	1.690	1.647
3	2.723	2.673	2.624	2.577	2.531	2.487	2.402	2.322
4	3.546	3.465	3.387	3.312	3.240	3.170	3.037	2.914
5	4.329	4.212	4.100	3.993	3.890	3.791	3.605	3.433
6	5.076	4.917	4.766	4.623	4.486	4.355	4.111	3.889
7	5.786	5.582	5.389	5.206	5.033	4.868	4.564	4.288
8	6.463	6.210	5.971	5.747	5.535	5.335	4.968	4.639
9	7.108	6.802	6.515	6.247	5.985	5.759	5.328	4.946
10	7.722	7.360	7.024	6.710	6.418	6.145	5.650	5.216
15	10.380	9.712	9.108	8.559	8.060	7.606	6.811	6.142
20	12.462	11.470	10.594	9.818	9.128	8.514	7.469	6.623

◀ Tabla S7.2

Valor presente de una anualidad de \$1

cuando la tasa de interés es del 5%. La suma acumulada de estos factores es $2.723 = .952 + .907 + .864$. Ahora observe en la tabla S7.2 el punto donde la tasa de interés es del 5% y el número de años es 3. El factor para el valor presente de una anualidad es 2.723, como era de esperarse. La tabla S7.2 es muy útil para disminuir la cantidad de operaciones necesarias para tomar decisiones financieras. (Sin embargo, observe que pueden presentarse pequeñas diferencias de redondeo entre las tablas).

En el ejemplo S7 se muestra cómo determinar el valor presente de una anualidad.

EJEMPLO S7

Determinación del valor presente neto de pagos futuros con el mismo valor

La clínica River Road Medical está pensando invertir en un nuevo y sofisticado equipo médico. Esta inversión generará ingresos por \$7,000 anuales durante 5 años.

Método: Determine el valor presente de este flujo de efectivo; suponga una tasa de interés del 6%.

Solución: El factor de la tabla S7.2 (4.212) se obtiene al encontrar el valor cuando la tasa de interés es del 6% y el número de años es 5:

$$S = RX = \$7,000(4.212) = \$29,484$$

Razonamiento: Hay otra forma de ver este ejemplo. Si usted fuera a un banco y tomara un préstamo por \$29,484 el día de hoy, sus pagos serían de \$7,000 anuales durante 5 años si el banco empleara una tasa de interés del 6% compuesto anual. Por lo tanto, el valor presente es de \$29,484.

Ejercicio de aprendizaje: Si la tasa de interés es del 8%, ¿cuál es el valor presente? [Respuesta: \$27,951].

Problemas relacionados: S7.29, S7.30, S7.31

El método del valor presente neto es uno de los mejores que existen para calificar las alternativas de inversión. El procedimiento es directo: simplemente calcule el valor presente de todos los flujos de efectivo para cada alternativa de inversión. Para decidir entre las alternativas de inversión, se elige la inversión que tenga el valor presente neto más alto. De manera similar, cuando se realizan varias inversiones, aquellas con mayores valores presentes netos son preferibles a las inversiones con valores presentes netos inferiores.

En el ejemplo S8 se muestra cómo usar el valor presente neto para elegir entre varias alternativas de inversión.

EJEMPLO S8

Determinación del valor presente neto de pagos futuros con valor diferente

Quality Plastics, Inc., está considerando dos alternativas de inversión diferentes.

Método: Para encontrar el valor presente neto de cada inversión, Quality necesita determinar primero la inversión inicial, los flujos de efectivo, y la tasa de interés. La inversión A tiene un costo inicial de \$25,000, y la inversión B un costo inicial de \$26,000. Ambas inversiones tienen una vida útil de 4 años. A continuación se presentan los flujos de efectivo de dichas inversiones. El costo de capital o tasa de interés (*i*) es del 8%. (Los factores se tomaron de la tabla S7.1).

Flujo de efectivo de la inversión A	Flujo de efectivo de la inversión B	Año	Factor de valor presente al 8%
\$10,000	\$9,000	1	.926
9,000	9,000	2	.857
8,000	9,000	3	.794
7,000	9,000	4	.735

Solución: Para encontrar el valor presente de los flujos de efectivo para cada inversión, multiplicamos el factor de valor presente por el flujo de efectivo de cada inversión para cada año. La suma de estos cálculos del valor presente menos la inversión inicial es el valor presente neto para cada inversión. Los cálculos aparecen en la tabla siguiente:

Año	Flujo de efectivo de la inversión A	Flujo de efectivo de la inversión B
1	\$ 9,260 = (.926)(\$10,000)	\$ 8,334 = (.926)(\$9,000)
2	7,713 = (.857)(\$9,000)	7,713 = (.857)(\$9,000)
3	6,352 = (.794)(\$8,000)	7,146 = (.794)(\$9,000)
4	5,145 = (.735)(\$7,000)	6,615 = (.735)(\$9,000)
Totales	\$28,470	\$29,808
Menos inversión inicial	<u>-25,000</u>	<u>-26,000</u>
Valor presente neto	\$ 3,470	\$ 3,808

Razonamiento: El criterio del valor presente neto muestra que la inversión B es más atractiva que la inversión A porque tiene un valor presente más alto.

Ejercicio de aprendizaje: Si la tasa de interés fuera del 10%, ¿cambiaría esto la decisión? [Respuesta: No, pero la diferencia entre las dos inversiones se reduce. El VPN de la inversión A = \$2,243 y el de la inversión B = \$2,500].

Problemas relacionados: S7.32, S7.33, S7.34, S7.36

En el ejemplo S8 no fue necesario realizar todos los cálculos del valor presente para la inversión B. Debido a que todos los flujos de efectivo son uniformes, la tabla S7.2 de anualidades proporciona el factor de valor presente. Por supuesto, esperaríamos tener la misma respuesta. Como recordamos, la tabla S7.2 proporciona los factores para el valor presente de una anualidad. En este ejemplo, para pagos de \$9,000, el costo de capital es del 8% y el número de años es 4. Buscamos en la tabla S7.2 la intersección de 8% y 4 años y encontramos el factor 3.312. Así, el valor presente para esta anualidad es $(3.312)(\$9,000) = \$29,808$; el mismo valor que en el ejemplo S8.

Aunque el valor presente neto es uno de los mejores enfoques existentes para evaluar las alternativas de inversión, tiene sus fallas. Las limitaciones del método de valor presente neto incluyen lo siguiente:

1. Inversiones con el mismo valor presente neto llegan a tener una vida proyectada significativamente diferente y valores de recuperación distintos.
2. Inversiones con el mismo valor presente neto pueden tener flujos de efectivo diferentes. Estos flujos de efectivo distintos pueden establecer diferencias sustanciales en la capacidad de una compañía para pagar sus cuentas.
3. El supuesto es que conocemos las tasas de interés que habrá en el futuro, lo cual no es cierto.
4. Los pagos siempre se realizan al final del periodo (semana, mes o año), lo que no siempre sucede en la realidad.

Resumen

Los administradores vinculan la selección de equipo y las decisiones sobre la capacidad con la misión y la estrategia de la compañía. Diseñan su equipo y sus procesos para obtener capacidades que superen la tolerancia requerida por sus clientes mientras aseguran la flexibilidad necesaria para realizar ajustes en tecnología, características y volúmenes.

Las técnicas de pronóstico, el análisis del punto de equilibrio, los árboles de decisión, el flujo de efectivo y el valor presente neto (VPN) resultan particularmente útiles para los admi-

nistradores de operaciones cuando se toman decisiones acerca de la capacidad.

Las inversiones en capacidad son efectivas cuando se asegura que apoyen una estrategia de largo plazo. Los criterios para tomar las decisiones de inversión son la contribución al plan estratégico global y obtener pedidos redituables, no sólo el rendimiento sobre la inversión. Las empresas eficientes seleccionan los procesos correctos y la capacidad correcta que contribuyen con su estrategia de largo plazo.

Términos clave

Análisis del punto de equilibrio (p. 296)
Capacidad (p. 288)
Capacidad de diseño (p. 289)
Capacidad efectiva (p. 289)

Contribución (p. 296)
Costos fijos (p. 296)
Costos variables (p. 296)
Eficiencia (p. 289)

Función de ingreso (p. 296)
Utilización (p. 289)
Valor presente neto (p. 302)

Uso de software para el análisis del punto de equilibrio

Excel, Excel OM y POM para Windows manejan problemas de análisis del punto de equilibrio y de costo-volumen.

Uso de Excel

En Excel, desarrollar las fórmulas para realizar un análisis del punto de equilibrio es una tarea sencilla. Aunque aquí no se demuestran todos los pasos básicos, la mayor parte del análisis en hoja de cálculo se puede ver en el software preprogramado en Excel OM que acompaña a este texto.