



8ª edición

Dirección de la producción y de operaciones

Decisiones estratégicas

Jay Heizer
Barry Render

PEARSON
Prentice
Hall

DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE OPERACIONES

DECISIONES ESTRATÉGICAS

DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE OPERACIONES

DECISIONES ESTRATÉGICAS

OCTAVA EDICIÓN

Jay Heizer

*Jesse H. Jones Professor of Business Administration
Texas Lutheran University*

Barry Render

*Charles Harwood Professor of Operations Management
Crummer Graduate School of Business
Rollins College*

Traducción:

Yago Moreno López

yagomoreno@blueyonder.co.uk

Revisión Técnica:

José Luis Martínez Parra

Universidad Autónoma de Barcelona



Madrid • México • Santafé de Bogotá • Buenos Aires • Caracas • Lima
Montevideo • San Juan • San José • Santiago • São Paulo • White Plains

Jay Heizer y Barry Render
Dirección de la producción y de operaciones.
Decisiones estratégicas, 8.ª edición

PEARSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid, 2007

ISBN: 978-84-832-2533-2
Materia: Producción (Economía) 338

Formato 195 × 250 mm Páginas: 616

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sgts. Código Penal).

DERECHOS RESERVADOS

© 2007 PEARSON EDUCACIÓN, S. A.

C/ Ribera del Loira, 28
28042 Madrid

Jay Heizer, Barry Render

Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones Estratégicas. 8.ª edición

Authorized translation from the English language edition, entitled OPERATIONS MANAGEMENT, 8th Edition by HEIZER, JAY; RENDER, BARRY, published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall, Copyright © 2006.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

SPANISH language edition published by PEARSON EDUCATION, S.A., Copyright © 2007

Depósito Legal: M.

Equipo editorial:

Editor: Alberto Cañizal

Técnico editorial: Elena Bazaco

Equipo de producción:

Director: José Antonio Clares

Técnico: José Antonio Hernán

Diseño de cubierta: Equipo de diseño de PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

Composición: JOSUR TRATAMIENTO DE TEXTOS, S. L.

Impreso por:

IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN

*A Donna, Kira y Janée, en honor a las mujeres
en que os habéis convertido*

—JH

A mi familia

—BR

SOBRE LOS AUTORES



Jay Heizer ostenta la cátedra Jesse H. Jones Chair of Business Administration en la Texas Lutheran University en Senguin, Texas. Se licenció y obtuvo un master de la Universidad de North Texas y se doctoró en dirección y estadística en la Arizona State University (1969). Anteriormente ejerció como docente en la Universidad de Memphis, en la Universidad de Oklahoma, en la Virginia Commonwealth University y en la Universidad de Richmond. También ha sido profesor invitado en la Universidad de Boston, la Universidad George Mason, el Centro de Dirección Checo y la Universidad Otto-Von-Guericka University Magdeburg.

La experiencia industrial del doctor Heizer es muy amplia. Aprendió el lado práctico de la dirección de operaciones como aprendiz de maquinista en Foringer & Company, planificador de la producción en Westinghouse Airbrake y en General Dynamics, donde trabajó en ingeniería administrativa. Además, ha participado activamente en actividades de consultoría de dirección de operaciones y dirección de sistemas de información para diversas organizaciones, entre las que se encuentran Philip Morris, Firestone, Dixie Container Corporation, Columbia Industries y Tenneco. Tiene la certificación CPIM de la APICS, la Asociación de Dirección de Operaciones.

El catedrático Heizer es coautor de cinco libros y ha publicado más de treinta artículos sobre diversos temas relacionados con la dirección. Sus artículos han sido publicados en *Academy of Management Journal*, *Journal of Purchasing*, *Personnel Psychology*, *Production & Inventory Control Management*, *APICS-the Performance Advantage*, *Journal of Management History*, *IIE Solutions* y *Engineering Management*, entre otras publicaciones. Ha ejercido la docencia de cursos de dirección de operaciones para estudiantes universitarios, estudios de postgrado y ejecutivos.

Barry Render ejerce la cátedra Charles Harwood Endowed Professorship en Dirección de Operaciones en el Crummer Graduate School of Business del Rollins College, en Winter Park, Florida. Se licenció en matemáticas y física en la Universidad Roosevelt, obteniendo un postgrado en Investigación de Operaciones y un doctorado en Análisis Cuantitativo en la Universidad de Cincinnati. Anteriormente ejerció la docencia en la Universidad George Washington, la Universidad de Nueva Orleans, la Universidad de Boston y la Universidad George Mason, donde ejerció la cátedra GM Foundation Professorship en Ciencias de la Decisión y fue Director del Departamento de Ciencias de la Decisión. El doctor Render también ha trabajado en la industria aeroespacial para General Electric, McDonnell Douglas y la NASA.

El catedrático Render es coautor de diez manuales publicados por Prentice Hall, entre ellos *Managerial Decision Modeling with Spreadsheets*, *Quantitative Analysis for Management*, *Service Management*, *Introduction to Management Science* y *Cases and Readings in Management Science*. *Quantitative Analysis for Management* está ahora en su novena edición, y es el manual líder en esa disciplina, tanto en Estados Unidos como en el resto del mundo. Sus más de cien artículos sobre diversos temas relacionados con la dirección han sido publicados en revistas como *Decision Sciences*, *Production and Operations Management*, *Interfaces*, *Information and Management*, *Journal of Management Information Systems*, *Socio-Economic Planning Sciences*, *IIE Solutions* y *Operations Management Review*, entre otras.

El doctor Render también ha sido galardonado como AACSB Fellow y ha sido nombrado en dos ocasiones Senior Fullbright Scholar. Ha sido Vicepresidente del Decision Science Institute Southwest Region y ha sido Software Review Editor de *Decision Line* durante seis años. También ha sido editor de los números especiales de Dirección de Operaciones del *New York Times* de 1996 a 2001. Finalmente, el catedrático Render ha participado de forma activa en tareas de consultoría para organismos gubernamentales y muchas empresas, entre las que se encuentran NASA, FBI, U.S. Navy, Fairfax County, Virginia, y C&P Telephone.

Ejerce la docencia de cursos de dirección de operaciones en los programas de MBA y Executive MBA del Rollins College. Ha sido galardonado como Catedrático del Año y recientemente fue elegido por la Universidad Roosevelt para ser galardonado con el premio St. Claire Drake Award for Outstanding Scholarship.



Resumen del contenido

DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE OPERACIONES

Decisiones estratégicas

PRIMERA PARTE: INTRODUCCIÓN A LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

- 1. Operaciones y productividad**
- 2. Estrategia de operaciones en un entorno global**
- 3. Dirección de proyectos**
- 4. Previsión**

SEGUNDA PARTE: DISEÑO DE LAS OPERACIONES

- 5. Diseño de bienes y servicios**
 - 6. Gestión de Calidad**
 - SUPLEMENTO 6. Control estadístico de procesos**
 - 7. Estrategia del proceso**
 - SUPLEMENTO 7. Planificación de la capacidad**
 - 8. Estrategias de localización**
 - 9. Estrategia de layout**
 - 10. Recursos humanos y diseño del trabajo**
 - SUPLEMENTO 10. Medida del trabajo**
- Apéndices**
Índice analítico

Contenido

Sobre los autores.....	VI
Prólogo.....	XXI

PRIMERA PARTE: INTRODUCCIÓN A LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

1 Operaciones y productividad.....	1
Perfil de una empresa global: Hard Rock Café.....	2
Qué es la dirección de operaciones.....	3
Organización para producir bienes y servicios.....	3
Por qué estudiar dirección de operaciones.....	5
Qué hacen los directores de operaciones.....	6
<i>Cómo se estructura este libro</i>	6
Historia de la dirección de operaciones.....	8
Operaciones en el sector servicios.....	10
<i>Diferencias entre bienes y servicios</i>	10
<i>Crecimiento de los servicios</i>	12
<i>Remuneración de los servicios</i>	14
Interesantes nuevas tendencias en la dirección de operaciones.....	14
El reto de la productividad.....	16
<i>Medición de la productividad</i>	18
<i>Variables de la productividad</i>	20
<i>Productividad y sector servicios</i>	22
Ética y responsabilidad social.....	23
Resumen.....	24
Términos clave.....	24
Problemas resueltos.....	24
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno.....	26
Cuestiones para el debate.....	26
Dilema ético.....	26
Problemas.....	27
Problemas para resolver con Internet.....	29
Caso de estudio: National Air Express.....	30
Caso de estudio: Zychol Chemicals Corporation.....	31
Caso de estudio en vídeo: Hard Rock Café: dirección de operaciones en los servicios.....	31
Caso de estudio adicional.....	32
Bibliografía.....	33
Recursos en Internet.....	33
2 Estrategia de operaciones en un entorno global.....	35
Perfil de una empresa global: Boeing.....	36
Una visión global de las operaciones.....	38
<i>Cuestiones éticas y culturales</i>	41
Desarrollo de misiones y estrategias.....	42
<i>Misión</i>	42

<i>Estrategia</i>	44
Cómo lograr ventaja competitiva mediante las operaciones	44
<i>Competencia mediante la diferenciación</i>	44
<i>Competencia en coste</i>	45
<i>Competencia en respuesta</i>	47
Diez decisiones estratégicas de dirección de operaciones	48
Cuestiones relativas a la estrategia de operaciones	52
<i>Investigación</i>	53
<i>Requisitos previos</i>	53
<i>Dinámica</i>	54
Desarrollo e implementación de la estrategia.....	55
<i>Identificación de los factores críticos del éxito</i>	56
<i>Crear la organización y dotarla de personal</i>	58
<i>Integrar la dirección de operaciones con otras actividades</i>	58
Opciones de estrategia para las operaciones globales	58
<i>Estrategia internacional</i>	59
<i>Estrategia multinacional</i>	60
<i>Estrategia global</i>	60
<i>Estrategia transnacional</i>	60
Resumen.....	61
Términos clave.....	61
Problema resuelto	62
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	62
Preguntas para el debate	63
Dilema ético.....	63
Problemas.....	63
Caso de estudio: Minit-Lube, Inc.	65
Caso de estudio: La estrategia de Regal Marine	65
Caso de estudio en vídeo: La estrategia global de Hard Rock Café.....	66
Caso de estudio adicional	67
Bibliografía	68
Recursos en Internet	68
3 Dirección de proyectos	69
Perfil de una empresa global: Bechtel Group.....	70
La importancia estratégica de la dirección de proyectos	71
Planificación del proyecto	72
<i>El director del proyecto</i>	73
<i>Estructura de trabajo desagregada</i>	74
Programación del proyecto	75
Control de proyectos.....	77
Técnicas de dirección de proyectos: PERT y CPM	77
<i>El marco de la PERT y el CPM</i>	77
<i>Diagramas de red y enfoques</i>	78
<i>Ejemplo de actividad en nodo</i>	80
<i>Ejemplo de actividad en flecha (AOA)</i>	82
Determinación del programa (calendario) de un proyecto.....	83
<i>Programación hacia delante</i>	84
<i>Programación hacia atrás</i>	87
<i>Cálculo de tiempos de holgura e identificación del camino crítico</i>	88
Variabilidad en las duraciones de las actividades.....	90

<i>Tres estimaciones de duración en el método PERT</i>	90
<i>Probabilidad de finalización del proyecto</i>	92
Equilibrio entre coste y duración y aceleración de la duración de un proyecto	96
Crítica a los métodos PERT y CPM	99
Cómo utilizar Microsoft Project para gestionar proyectos	101
<i>Creación del programa del proyecto utilizando MS Project</i>	101
<i>Seguimiento del avance y control de costes utilizando MS Project</i>	105
Resumen	106
Términos clave	107
Cómo utilizar programas informáticos para resolver problemas de dirección de proyectos	107
Problemas resueltos	108
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	112
Cuestiones para el debate	112
Dilema ético	113
Ejercicio Active Model	114
Problemas	115
Problemas para resolver con Internet	124
Caso de estudio: Universidad de Southwestern: (A)	125
Caso de estudio en vídeo: Dirección de proyectos en el Arnold Palmer Hospital	126
Caso de estudio en vídeo: Organización del festival Rockfest de Hard Rock	128
Casos de estudio adicionales	129
Bibliografía	130
Recursos en Internet	130
4 Previsión	131
Perfil de una compañía de proyección mundial: Tupperware Corporation	132
¿Qué es la previsión?	133
<i>Horizontes temporales de la previsión</i>	133
<i>La influencia del ciclo de vida del producto</i>	134
Tipos de previsiones	134
La importancia estratégica de la previsión	135
<i>Recursos humanos</i>	135
<i>Capacidad</i>	135
<i>Gestión de la cadena de suministros</i>	135
Siete etapas en el sistema de previsión	135
Enfoques de la previsión	136
<i>Revisión de los métodos cualitativos</i>	137
<i>Revisión de los métodos cuantitativos</i>	138
Previsión de series temporales	138
<i>Descomposición de una serie temporal</i>	138
<i>Enfoque simple</i>	140
<i>Medias móviles</i>	140
<i>Alisado exponencial</i>	142
<i>Medición del error de previsión</i>	144
<i>Alisado exponencial con ajuste de tendencia</i>	147
<i>Proyecciones de tendencia</i>	151
<i>Variaciones estacionales en los datos</i>	154
<i>Variaciones cíclicas en los datos</i>	159
Métodos de previsión causal: análisis de regresión y correlación	160
<i>Utilización del análisis de regresión para realizar previsiones</i>	160
<i>Error estándar de la estimación</i>	162

<i>Coefficientes de correlación para las rectas de regresión</i>	163
<i>Análisis de regresión múltiple</i>	165
Seguimiento y control de las previsiones	166
<i>Alisado adaptativo</i>	169
<i>Previsión enfocada</i>	169
Previsión en el sector servicios.....	169
Resumen.....	171
Términos clave.....	172
Utilización de software para hacer previsiones	173
<i>Creación de sus propias hojas de cálculo con Excel</i>	173
Problemas resueltos	175
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	177
Cuestiones para el debate	177
Dilema ético.....	178
Ejercicio Active Model	178
Problemas.....	179
Problemas para resolver con Internet	191
Caso de estudio: Universidad de Southwester: (B)	191
Caso de estudio: Digital Cell Phone, Inc.....	193
Caso de estudio en vídeo: Previsiones para Hard Rock Café	193
Casos de estudio adicionales	195
Bibliografía	195
Recursos en Internet	196

SEGUNDA PARTE: DISEÑO DE LAS OPERACIONES

5 Diseño de bienes y servicios	197
Perfil de una empresa global: Regal Marine	198
Selección de bienes y servicios	199
<i>Las opciones en la estrategia de producto respalda una ventaja competitiva</i>	199
<i>Ciclos de vida en los productos</i>	200
<i>Ciclo de vida y estrategia</i>	201
<i>Análisis del producto por valor</i>	202
Generación de nuevos productos	202
<i>Oportunidades de nuevos productos</i>	202
<i>Importancia de los nuevos productos</i>	204
Desarrollo del producto	205
<i>Sistema de desarrollo del producto</i>	205
<i>Despliegue de la función de calidad (DF/QFD)</i>	206
<i>Organización para el desarrollo de un producto</i>	209
<i>Diseño para la fabricación e ingeniería del valor</i>	210
Cuestiones relativas al diseño del producto.....	211
<i>Diseño robusto</i>	211
<i>Diseño modular</i>	211
<i>Diseño asistido por computadora (CAD)</i>	211
<i>Fabricación asistida por computadora (CAM)</i>	213
<i>Tecnología de realidad virtual</i>	213
<i>Análisis del valor</i>	213
<i>Diseños éticos y ecológicos</i>	214
Competencia basada en el tiempo	217

<i>Compra de tecnología mediante la adquisición de una empresa</i>	219
<i>Empresas juntas (joint ventures)</i>	219
<i>Alianzas</i>	219
Definición del producto	220
<i>Fabricar o comprar</i>	222
<i>Tecnología de grupos</i>	222
Documentos para la producción	223
<i>Gestión del ciclo de vida del producto (Product Life-Cycle Management - PLM)</i>	224
Diseño de servicios	226
<i>Documentación de los servicios</i>	228
Aplicación de árboles de decisión al diseño de productos	229
Transición a la producción	231
Resumen	231
Términos clave	232
Problema resuelto	232
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	233
Cuestiones para el debate	234
Dilema ético	234
Ejercicio Active Model	235
Problemas	236
Problemas para resolver con Internet	238
Caso de estudio: Estrategia de producto de De Mar	239
Caso de estudio en vídeo: Diseño del producto en Regal Marine	239
Casos de estudio adicionales	240
Bibliografía	241
Recursos en Internet	241
6 Gestión de la calidad	243
Perfil de una empresa global: Hospital Arnold Palmer	244
Calidad y estrategia	245
Definición de la calidad	246
<i>Implicaciones de la calidad</i>	247
<i>Premio Nacional Malcolm Baldrige a la Calidad</i>	247
<i>Coste de la calidad</i>	248
<i>Ética y gestión de la calidad</i>	248
Normas internacionales de la calidad	249
<i>ISO 9000</i>	249
<i>ISO 14000</i>	250
Gestión de calidad total	250
<i>Mejora continua</i>	251
<i>Seis Sigma</i>	252
<i>Potenciación de los empleados</i>	253
<i>Definición de referencias (benchmarking)</i>	254
<i>Justo a tiempo (JIT)</i>	255
<i>Conceptos de Taguchi</i>	256
<i>Conocimiento de las herramientas de TQM</i>	257
Herramientas de TQM	257
<i>Hojas de control</i>	259
<i>Diagramas de dispersión</i>	259
<i>Diagramas de causa-efecto</i>	259
<i>Gráficos de Pareto</i>	260

<i>Diagramas de flujo</i>	261
<i>Histogramas</i>	261
<i>Control estadístico de procesos (SPC)</i>	262
El papel de la inspección	263
<i>Cuándo y dónde inspeccionar</i>	263
<i>Inspección de la fuente</i>	264
<i>Inspección en el sector servicios</i>	264
<i>Inspección de atributos frente a inspección de variables</i>	264
La GCT TQM en los servicios	265
Resumen.....	269
Términos clave.....	269
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	269
Cuestiones para el debate	270
Dilema ético.....	270
Ejercicio Active Model	271
Problemas.....	271
Caso de estudio: Universidad de Southwester: (C)	275
Caso de estudio en vídeo: La cultura de la calidad en el hospital Arnold Palmer.....	277
Caso de estudio en vídeo: La calidad en la empresa de Hoteles Ritz-Carlton	278
Casos de estudio adicionales	279
Bibliografía	280
Recursos en Internet	280
SUPLEMENTO 6 Control estadístico de procesos	281
Control estadístico de procesos (CEP)	282
<i>Gráficos de control para variables</i>	284
<i>El teorema central del límite</i>	285
<i>Fijación de los límites del gráfico de medias (gráfico \bar{x})</i>	286
<i>Fijación de límites del gráfico de rangos (gráfico R)</i>	289
<i>Utilización de los gráficos de medias y los gráficos de rango</i>	289
<i>Gráficos de control para los atributos</i>	291
<i>Cuestiones directivas y gráficos de control</i>	295
Capacidad del proceso	297
<i>Ratio de capacidad del proceso (C_p)</i>	297
<i>Índice de capacidad del proceso (C_{pk})</i>	298
Muestreo de aceptación	300
<i>Curva de característica operativa</i>	300
<i>Calidad media de salida</i>	302
Resumen.....	303
Términos clave.....	303
Utilización de software para el CEP.....	303
Problemas resueltos	305
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	307
Cuestiones para el debate	307
Ejercicio Active Model	307
Problemas.....	308
Problemas para resolver con Internet	316
Caso de estudio: Bayfield Mud Company.....	316
Caso de estudio: Programación puntual de Alabama Airlines	318

Casos de estudio adicionales	319
Bibliografía	320
Recursos en Internet	320
7 Estrategia del proceso	321
Perfil de una empresa global: Dell Computer	322
Cuatro estrategias de procesos.....	323
<i>Enfoque a proceso</i>	324
<i>Enfoque repetitivo</i>	325
<i>Enfoque a producto</i>	327
<i>Enfoque de personalización en masa</i>	328
<i>Comparación de las diferentes estrategias de proceso</i>	331
Análisis y diseño de procesos.....	335
<i>Diagramas de flujo</i>	336
<i>Mapas en función del tiempo</i>	336
<i>Mapa de flujo de valor</i>	337
<i>Gráficos de proceso</i>	337
<i>Diagrama de servicio</i>	338
Diseño de procesos de servicio.....	339
<i>Interacción con el cliente y diseño del proceso</i>	340
<i>Más oportunidades para mejorar los procesos en servicios</i>	342
Selección de equipos y tecnología.....	342
Tecnología de producción.....	343
<i>Maquinaria de control numérico</i>	343
<i>Sistemas de identificación automática (AIS)</i>	344
<i>Control de procesos</i>	344
<i>Sistemas de visión</i>	345
<i>Robots</i>	345
<i>Sistemas automatizados del almacenamiento y recuperación (ASRS)</i>	346
<i>Vehículos autoguiados (AGV)</i>	346
<i>Sistema de fabricación flexible (FMS)</i>	346
<i>Fabricación integrada por computadora (CIM)</i>	347
Tecnología en los servicios.....	348
Rediseño (reingeniería) de procesos.....	349
Procesos éticos y ecológicos	351
Resumen.....	352
Términos clave.....	353
Problema resuelto	353
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	353
Cuestiones para el debate	354
Dilema ético.....	354
Ejercicio Active Model	355
Problemas.....	355
Caso de estudio: Rochester Manufacturing Corporation	357
Caso de estudio en vídeo: Análisis de procesos en el hospital Arnold Palmer.....	358
Caso de estudio en vídeo: Estrategia de proceso en Wheeled Coach	359
Casos de estudio adicionales	360
Bibliografía	360
Recursos en Internet	360
SUPLEMENTO 7 Planificación de la capacidad.....	361
Capacidad.....	362

<i>Capacidad diseñada o proyectada y capacidad efectiva o real</i>	362
<i>Capacidad y estrategia</i>	364
<i>Consideraciones sobre la capacidad</i>	364
<i>Gestión de la demanda</i>	366
Planificación de las necesidades de capacidad.....	367
Análisis del umbral de rentabilidad o punto de equilibrio.....	369
<i>Caso de un único producto</i>	371
<i>Caso con múltiples productos</i>	372
Aplicación de los árboles de decisión a las decisiones sobre la capacidad	373
Aplicación del análisis de inversiones a las inversiones soporte de la estrategia	375
<i>Inversión, coste variable y flujos de caja</i>	375
<i>Valor actual neto</i>	375
Resumen.....	379
Términos clave.....	379
Utilización de programas de software para el análisis del umbral de rentabilidad.....	379
Problemas resueltos	380
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	382
Cuestiones para el debate	382
Problemas.....	382
Problemas en Internet	389
Caso de estudio en vídeo: Planificación de la capacidad en el hospital Arnold Palmer.....	389
Casos de estudio adicionales	390
Bibliografía	391
Recursos en Internet	391
8 Estrategias de localización	393
Perfil de una empresa global: Federal Express	394
Importancia estratégica de la localización.....	395
Factores que afectan a la decisión de localización.....	396
<i>Productividad de la mano de obra</i>	398
<i>Tipos de cambio y riesgo cambiario</i>	399
<i>Costes</i>	399
<i>Actitudes</i>	400
<i>Proximidad a los mercados</i>	401
<i>Proximidad a los proveedores</i>	401
<i>Proximidad a los competidores (Cluster de empresas)</i>	402
Métodos de evaluación de las alternativas de localización	403
<i>Método de los factores ponderados</i>	403
<i>Análisis del umbral de rentabilidad de la localización</i>	404
<i>Método del centro de gravedad</i>	406
<i>Modelo de transporte</i>	408
Estrategia de localización de servicios	408
<i>Cómo eligen las localizaciones las cadenas hoteleras</i>	411
<i>La industria del telemarketing</i>	412
<i>Sistemas de información geográfica</i>	412
Resumen.....	413
Términos clave.....	414
Utilización de software para resolver problemas de localización	414
Problemas resueltos	415
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	417
Cuestiones para el debate	417

Dilema ético.....	418
Ejercicio Active Model.....	418
Problemas.....	419
Problemas para resolver con Internet.....	427
Caso de estudio: Southern Recreational Vehicle Company.....	427
Caso de estudio en vídeo: Dónde situar el próximo local de Hard Rock Café.....	428
Casos de estudio adicionales.....	430
Bibliografía.....	430
Recursos en Internet.....	430
9 Estrategia de layout.....	431
Perfil de una empresa global: McDonald's.....	432
Importancia estratégica de las decisiones de layout.....	433
Tipos de layout.....	433
Layout de oficinas.....	435
Layout de comercios.....	437
<i>Entorno del servicio.....</i>	438
Layout de almacenes.....	439
<i>Cross docking.....</i>	439
<i>Almacenamiento aleatorio.....</i>	440
<i>Personalización.....</i>	440
Layout de posición fija o de proyecto.....	441
Layout orientado al proceso.....	441
<i>Programas informáticos para determinar el layout orientado al proceso.....</i>	447
Células de trabajo.....	448
<i>Requisitos de las células de trabajo.....</i>	448
<i>Dotación de personal para células de trabajo.....</i>	449
<i>El centro de trabajo enfocado y la fábrica enfocada.....</i>	452
Layout repetitivo y orientado al producto.....	453
<i>Equilibrado de la línea de montaje.....</i>	455
Resumen.....	458
Términos clave.....	459
Cómo utilizar programas informáticos para resolver problemas de dirección de proyectos.....	459
Problemas resueltos.....	461
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno.....	464
Cuestiones para el debate.....	465
Dilema ético.....	465
Ejercicio Active Model.....	465
Problemas.....	466
Problemas para resolver con Internet.....	476
Caso de estudio: Renovación de los permisos de conducir.....	476
Caso de estudio en vídeo: Definiendo el layout del nuevo edificio del hospital Arnold Palmer ...	477
Caso de estudio en vídeo: Layout de instalaciones en Wheeled Coach.....	479
Casos de estudio adicionales.....	480
Bibliografía.....	480
Recursos en Internet.....	481
10 Recursos humanos y diseño del trabajo.....	483
Perfil de una empresa global: Southwest Airlines.....	484
Estrategia de recursos humanos para conseguir una ventaja competitiva.....	485
<i>Restricciones en la estrategia de recursos humanos.....</i>	485

Planificación de la mano de obra	486
<i>Políticas de estabilidad del empleo</i>	486
<i>Horario laboral</i>	487
<i>Clasificaciones y definición de puestos de trabajo</i>	488
Diseño del trabajo.....	488
<i>Especialización del trabajo</i>	488
<i>Diversificación del trabajo</i>	489
<i>Componentes psicológicos en el diseño del trabajo</i>	490
<i>Equipos autodirigidos</i>	492
<i>Motivación y sistemas de incentivos</i>	494
<i>Ergonomía y métodos de trabajo</i>	495
El lugar del trabajo visual.....	500
Ética y el entorno laboral.....	502
Tiempos estándares de trabajo.....	503
Resumen.....	503
Términos clave.....	504
Problema resuelto	504
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno	506
Cuestiones para el debate	506
Dilema ético.....	506
Problemas.....	506
Problemas para resolver con Internet	508
Caso de estudio: Karstadt frente a J. C. Penney.....	509
Caso de estudio: La flota inestable.....	510
Caso de estudio en vídeo: La estrategia de recursos humanos en Hard Rock	510
Casos de estudio adicionales	512
Bibliografía	512
Recursos en Internet	513
SUPLEMENTO 10 Medida del trabajo	515
Estándares de trabajo y medida del trabajo	516
Experiencia histórica	516
Estudio de tiempos (cronometrajes)	517
Sistemas de tiempos predeterminados.....	522
Muestreo de trabajo	525
Resumen.....	528
Términos clave.....	528
Problemas resueltos	528
Ejercicios en Internet y del CD-ROM del alumno.....	531
Cuestiones para el debate	531
Ejercicio Active Model	532
Problemas.....	533
Problemas para resolver con Internet	539
Caso de estudio: Jackson Manufacturing Company.....	539
Casos de estudio adicionales	540
Bibliografía	541
Recursos en Internet	541
Apéndices	543
Índice analítico	559

Tutoriales del CD-ROM

1. Herramientas estadísticas para los directivos	T1-1
Distribuciones de probabilidad discretas	T1-2
<i>Valor esperado de una distribución de probabilidad discreta</i>	T1-3
<i>Varianza de una distribución de probabilidad discreta</i>	T13
Distribuciones de probabilidad continuas.....	T14
<i>La distribución normal</i>	T1-4
<i>Resumen</i>	T1-7
<i>Conceptos clave</i>	T1-7
<i>Preguntas para el análisis</i>	T1-7
<i>Problemas</i>	T1-7
<i>Bibliografía</i>	T1-8
2. Muestreo de aceptación.....	T2-1
Planes de muestreo	T2-2
<i>Muestreo simple</i>	T2-2
<i>Muestreo doble.....</i>	T2-2
<i>Muestreo secuencial.....</i>	T2-2
Curvas de características operativas	T2-2
Riesgo del productor y el consumidor.....	T2-3
Calidad media de salida.....	T2-5
<i>Resumen</i>	T2-6
<i>Conceptos clave</i>	T2-6
<i>Problema resuelto</i>	T2-7
<i>Preguntas para el análisis</i>	T2-7
<i>Problemas</i>	T2-7
3 El método del simplex de la programación lineal	T3-1
Conversión de las restricciones en ecuaciones	T3-2
Definición de la primera tabla del simplex	T3-2
Procedimientos de solución del simplex	T3-4
Resumen de los pasos del simplex para los problemas de maximización	T3-6
Variables artificiales y excedentes.....	T3-7
Resolución de problemas de minimización.....	T3-7
<i>Resumen</i>	T3-8
<i>Conceptos clave</i>	T3-8
<i>Problema resuelto</i>	T3-8
<i>Preguntas para el análisis</i>	T3-8
<i>Problemas</i>	T3-9
4. Los métodos MODI y VAM de resolución de los problemas de transporte	T4-1
Método MODI.....	T4-2
<i>Cómo utilizar el método MODI.....</i>	T4-2
Resolución del problema de Arizona Plumbing con el método MODI	T4-2
<i>El método de aproximación de Vogel: Otra forma de encontrar una solución inicial</i>	T4-4

<i>Preguntas para el análisis</i>	T4-8
<i>Problemas</i>	T4-8
5. Horarios y rutas de vehículos	T5-1
Introducción	T5-1
<i>Ejemplo de entrega de un servicio: Meals-for-ME</i>	T5-2
Objetivos de los problemas de horarios y rutas.....	T5-2
Características de los problemas de horarios y rutas	T5-2
Clasificación de los problemas de horarios y rutas	T5-3
Resolución de los problemas de horarios y rutas	T5-4
Rutas de los vehículos de servicios	T5-5
El problema del vendedor viajante	T5-5
Problema de múltiples vendedores viajantes.....	T5-8
El problema de las rutas de los vehículos	T5-9
Planteamiento del agrupamiento primero, ruta segunda	T5-10
Programación de vehículos de servicios.....	T5-11
El planteamiento del programador concurrente	T5-13
Otros problemas de horarios y rutas.....	T5-13
<i>Resumen</i>	T5-14
<i>Conceptos clave</i>	T5-15
<i>Preguntas para el análisis</i>	T5-15
<i>Problemas</i>	T5-15
<i>Caso de estudio: Horarios y rutas de Phlebotomists</i>	T5-17
<i>Bibliografía</i>	T5-17

Prólogo

Bienvenidos a su curso de dirección de operaciones. En este manual presentamos una perspectiva puntera de las actividades de la función de operaciones. Las operaciones constituyen una excitante área de la dirección que tiene un profundo efecto sobre la productividad, tanto en las manufacturas como en los servicios. En efecto, pocas actividades tienen tanto impacto sobre la calidad de nuestras vidas. El objetivo de este manual es presentar una amplia introducción al campo de las operaciones de forma práctica y realista. La dirección de operaciones incluye una mezcla de temas de la contabilidad, la ingeniería industrial, la dirección, la ciencia directiva y la estadística. Incluso si no piensa desarrollar su carrera en el área de las operaciones, es probable que tenga relaciones con profesionales de dicha área. Este libro también le ayudará a comprender cómo afecta la dirección de operaciones a la sociedad y a su vida. Sin duda, comprenderá mejor lo que ocurre entre bastidores cuando cene en Hard Rock Café, haga un pedido en Amazon.com, compre un PC personalizado a Dell Computer en Internet o acuda al Hospital Arnold Palmer para recibir atención sanitaria.

Aunque muchos de nuestros lectores no son estudiantes de dirección de operaciones, sabemos que muchos estudiantes de marketing, finanzas, contabilidad y MIS encontrarán el material tanto interesante como útil porque desarrollamos un conocimiento fundamental sobre la empresa. Más de 400.000 lectores de las ediciones anteriores parecen respaldar esta afirmación.

ENFOQUE DE LA NUEVA EDICIÓN

La nueva edición sigue prestando una atención especial a facetas importantes de la dirección de operaciones, incluyendo:

- **Estrategia y ética:** como temas unificadores en todos los capítulos.
- **Operaciones globales:** y cómo afectan al producto y al diseño del proceso, la localización, los recursos humanos y otras cuestiones.
- **Operaciones en los servicios:** reconociendo la proporción dominante de puestos de trabajo y decisiones de operaciones en los servicios.
- **Programas informáticos para la dirección de operaciones:** nuestro complemento gratuito Excel OM, POM para Windows y Lekin® Flexible Job Shop Scheduling System vienen incluidos en el CD-ROM que acompaña al texto. También se puede obtener Microsoft Project 2003 en un CD gratuito separado previa solicitud.
- **Cobertura de temáticas modernas:** con cobertura de las cadenas de suministros, Sigma Seis, Internet, Microsoft Project, comercio electrónico, planificación de los recursos de la empresa, gestión del rendimiento y personalización en masa.
- **Ejemplos del mundo real en la dirección de operaciones:** para maximizar el interés y el entusiasmo de los alumnos.
- **Ejercicios Active Model:** para utilizar hojas de cálculo interactivas de Excel de ejemplos en el libro y análisis de cuestiones hipotéticas.

NUEVO EN ESTA EDICIÓN

Integración de servicios con el Hospital Arnold Palmer y siete nuevos casos de estudio en vídeo

En esta edición ilustramos cómo se aplica en la práctica la dirección de operaciones en el Hospital Arnold Palmer, uno de los mejores hospitales del mundo. El Hospital Arnold Palmer nos ha invitado a grabar “entre bastidores” las funciones de operaciones de su organización, permitiendo a los alumnos tener una perspectiva interna de cuestiones como la dirección de proyectos, la calidad, el análisis de procesos, la planificación de la capacidad, la disposición de las instalaciones, la gestión de la cadena de suministros y la gestión de inventarios con un sistema de justo a tiempo. Esta excitante y renovada organización, ubicada en Orlando, Florida, pone el énfasis en las operaciones en un entorno de servicios y se ilustra a lo largo de todo el manual con ejemplos, fotografías, casos en vídeo y un perfil de empresa global en el Capítulo 6. Los profesores que adopten este manual como libro de texto tienen disponible una cinta VHS o un DVD que incluye siete episodios de entre ocho y diez minutos de cada tema. El CD-ROM del alumno también incluye una versión de 2 minutos de cada uno de estos vídeos. Los vídeos acaban de recibir importantes premios en la convocatoria anual de los Telly Award Competitions. De 10.000 candidatos, el vídeo sobre Calidad fue elegido como Ganador y el vídeo sobre Análisis de Procesos fue elegido Finalista.

Nuestra edición anterior se centraba en el caso de Hard Rock Café, uno de los nombres más famosos del mundo. Los siete casos de estudio en vídeo creados para Hard Rock también aparecen en esta edición, haciendo que la combinación de los casos de Hard Rock y del Hospital Arnold Palmer sean la forma perfecta de integrar los servicios en un curso de dirección de operaciones.



Caso de estudio en vídeo

Layout de instalaciones en Wheeled Coach

Cuando el Presidente Bob Collins empezó su carrera en Wheeled Coach, el mayor fabricante mundial de ambulancias, la empresa sólo tenía unos pocos empleados. Ahora, la planta de la empresa en Florida tiene una plantilla de 350 trabajadores. La planta desde un punto de vista físico también se ha ampliado, con oficinas departamento de I+D, área de montaje final, y células de trabajo para la instalación del cableado, la instalación de armarios, y la colocación de la tapicería están en un gran edificio. Debido a este crecimiento, la célula de trabajo de pintura ocupa ahora un segundo edificio, las secciones de fabricación de componentes de aluminio e instalación de carrocerías en un tercero, la inspección y envíos un cuarto edificio, y el almacén en otro más.

Como muchas empresas en crecimiento, Wheeled Coach no podía diseñar sus instalaciones partiendo de cero. Y aunque la dirección se da cuenta de que los costes de manipulación de material son un poco más altos de lo que serían en un layout ideal, Collins está satisfecho con la evolución de las instalaciones y con la adaptación de los trabajadores. La célula de trabajo de corte de aluminio se encuentra junto a la de fabricación de carrocerías que, a su vez, está junto a la célula de trabajo de montaje de carrocerías. Y aunque cada vehículo debe llevarse a un edificio del otro lado de la calle para pintarlo, y después a otro para el montaje final, por lo menos la ambulancia va sobre ruedas. Collins también está satisfecho con la flexibilidad mostrada en el diseño de las células de trabajo. La construcción de las células de trabajo es muy modular, y

puede acomodarse a cambios en la variedad y volumen de los productos. Además, las células de trabajo son habitualmente pequeñas y móviles, con muchos bancos de trabajo y andamiajes con estantes sobre ruedas y por lo tanto móviles, de forma que se pueden reorganizar fácilmente, y los productos pueden transportarse a la línea de montaje.

El equilibrado de la línea de montaje es un problema clave al que se enfrenta Wheeled Coach, como cualquier otra industria de proceso repetitivo. Producida en un programa que requiere 4 días de 10 horas de trabajo por semana, una vez que una ambulancia se encuentra en una de las seis líneas de montaje final, tiene que pasar cada día a la estación de trabajo siguiente. El preciso equilibrio de trabajadores y tareas en cada una de las siete estaciones de trabajo es un reto sin fin. Si hay demasiados trabajadores, terminan topándose unos con otros y, si no hay suficientes, no pueden terminar una ambulancia en 7 días. Los constantes cambios en el diseño y en las combinaciones de productos a producir y los análisis de mejoras provocan cambios frecuentes.

Preguntas para el debate*

1. ¿Qué técnicas analíticas existen para ayudar a una empresa como Wheeled Coach a resolver sus problemas de layout?
2. ¿Qué le sugeriría a Bob Collins respecto a su layout?
3. ¿Cómo mediría la “eficiencia” de este layout?

* Puede que quiera ver este caso en vídeo en su CD-ROM antes de responder a las preguntas.

Material de problemas a resolver en casa Este manual es reconocido por su amplio espectro de materiales que se pueden asignar como deberes a realizar en casa. Ofrecemos Ejercicios Active Model, Cuestiones para el Debate, Problemas, Problemas en Internet, Casos de Estudio, Casos de Estudio en Internet y Casos de Estudio en Vídeo. Con esta edición incorporamos las cinco siguientes características nuevas:

1. Ética en la dirección de operaciones. La toma de decisiones éticas es ahora más importante que nunca en nuestro dinámico y excitante campo de estudio. Los directores de operaciones, como otros altos ejecutivos, tienen que hacer una gran cantidad de elecciones difíciles que ponen a prueba su ética todos los días. Cada capítulo ofrece un nuevo recuadro sobre un “Dilema Ético” y la mayoría de los capítulos también ofrecen un análisis más integrado de las cuestiones éticas. Estos ejercicios constituyen la forma ideal de hacer pensar y debatir este tema.



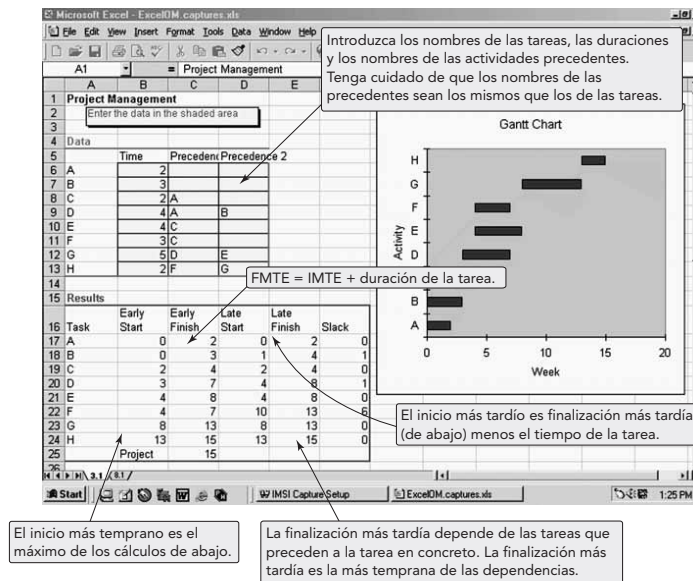
CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. ¿Cuáles son las siete estrategias de layout presentadas en este capítulo?
2. ¿Cuáles son los tres factores que complican el layout de posición fija?
3. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del layout orientado al proceso?
4. ¿Cómo obtendría datos un analista y determinaría el número de desplazamientos en:
 - a. un hospital
 - b. un taller de maquinaria
 - c. un taller de reparación de automóviles?
5. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del layout orientado al producto?
6. ¿Cuáles son los cuatro supuestos (o condiciones previas) para diseñar un layout para productos de elevado volumen y baja variedad?
7. ¿Qué tres formas de células de trabajo se han analizado en el capítulo?
8. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las células de trabajo?
9. ¿Qué condiciones son necesarias para que sea adecuado un centro de trabajo enfocado o una fábrica **enfocada**?
10. ¿Cuáles son las dos principales tendencias que influyen en el layout de oficinas?
11. ¿Qué variables de layout puede considerar especialmente importantes en el layout de una oficina donde se hacen programas informáticos?
12. ¿Qué innovaciones de layout ha percibido recientemente en los establecimientos comerciales (tiendas minoristas)?
13. ¿Cuáles son las variables con las que un directivo puede jugar en el layout de una tienda?
14. Visite un supermercado local y haga un esbozo de su layout. ¿Cuáles son sus principales observaciones con respecto a los departamentos y a sus localizaciones?
15. ¿Qué es el almacenamiento aleatorio?
16. ¿Qué información es necesaria para que funcione el almacenamiento aleatorio?
17. Explique el concepto de cross docking.
18. ¿Qué es una heurística? Nombre varias que se pueden utilizar en el equilibrado de las líneas de montaje.

2. Nuevos problemas más estimulantes. Una de las características distintivas de nuestro manual siempre ha sido la gran oferta de ejemplos, problemas resueltos, problemas en Internet y problemas para resolver en casa. Nuestros 763 problemas para resolver en casa brindan la oferta de problemas más grande, más clara, y ahora más diversa, de cualquier manual de dirección de operaciones. En esta edición hemos elevado nuestra clasificación de 1, 2 o 3 puntos de dificultad de los problemas a un sistema de 1, 2, 3 y 4 puntos de dificultad, añadiendo a cada capítulo nuevos problemas de cuatro puntos más estimulantes. Estos nuevos problemas para resolver en casa están diseñados para estimular la reflexión del alumno.

3. Hojas de datos de Excel. La dirección de operaciones es un campo ideal en el que el análisis de las hojas de cálculo ayuda a encontrar la mejor solución a un problema. Excel OM, nuestro complemento de Excel, se encuentra en el CD-ROM del alumno y puede utilizarse para abordar muchos de los problemas de este manual. Pero muchos profesores prefieren que sean los alumnos los que construyan sus propios modelos en Excel. Como nueva característica de este manual, se ofrecen ejemplos sobre cómo hacerlo.

A lo largo del manual se pueden encontrar otros ejercicios de construcción de modelos con Excel.



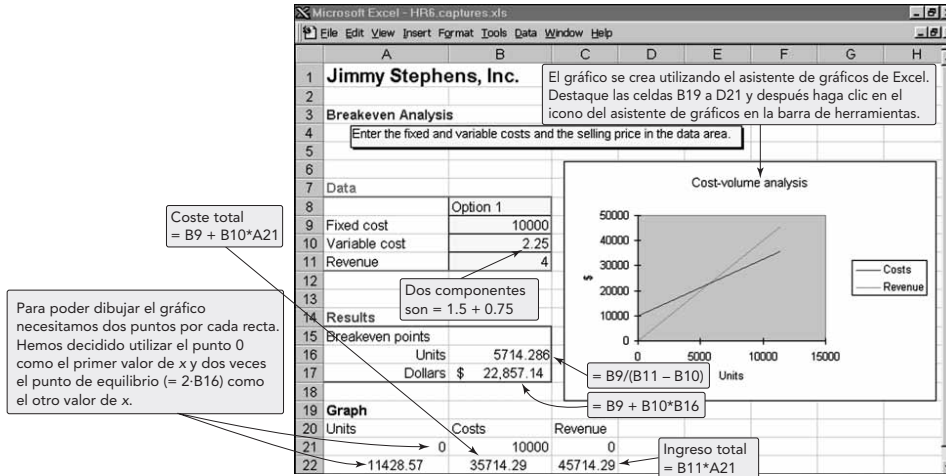
PROGRAMA 3.8 ■ Utilización de Excel Om con los datos de Milwaukee Paper Manufacturing de los Ejemplos 4 y 5

4. OneKey con PH Grade Assist. OneKey proporciona un sitio de fácil utilización para todos los recursos digitales disponibles con nuestro manual, incluyendo nuestra potente nueva opción *homework/exam* denominada PH Grade Assist. Con PH Grade Assist se pueden asignar ahora online muchos de los problemas de este manual y de los problemas/preguntas de nuestro archivo Test Item File. Con docenas de opciones para hacer que la secuencia, el momento y las cifras sean aleatorios, PH Grade Assist hace que sea más fácil diseñar y calificar los deberes para hacer en casa y los exámenes. Las cifras de estos problemas también han sido convertidas por los autores a un formato “algorítmico”, lo que significa que hay numerosas versiones (a veces centenares) de cada problema, con datos distintos para cada alumno. Si el profesor lo desea, puede entregar las soluciones a cada problema y su conjunto de datos a los alumnos inmediatamente después de haber resuelto el problema. La calificación obtenida por el alumno es registrada automáticamente por el software en el cuaderno de notas del profesor.

5. Ejercicios sobre toma de decisiones. En el CD del profesor hay cuatro nuevos ejercicios para el aula, junto con sus archivos de datos. El primero es un ejercicio de MSProject diseñado como una ampliación del caso de estudio en vídeo “Dirección del festival Rockfest de Hard Rock Café” (Capítulo 3). El segundo es una simulación en Excel de un juego de dirección de proyectos denominado Rock’n Bands. El tercero es un juego de dados para el control estadístico de procesos (Suplemento 6). El cuarto es una simulación de inventarios, también en Excel, llamada “He shoots, He Scores” (Capítulos 2 y 4 del volumen *Decisiones Tácticas*).

POM para Windows se incluye gratuitamente en todos los CD del alumno POM para Windows, que lleva mucho tiempo siendo el principal programa informático de ayu-

da para la toma de decisiones de dirección de operaciones, está ahora disponible, *gratis*, en todos los CD-ROM del alumno. A continuación se muestran los 24 programas de dirección de operaciones de POM para Windows. Todos los problemas del final de los capítulos que se pueden resolver con este programa están marcados con una **P**. Con esta incorporación, el manual ofrece ahora dos elecciones de software para resolver los problemas: POM para Windows y Excel OM.



PROGRAMA S7.1 ■ Análisis del umbral de rentabilidad con Excel OM, utilizando los datos del Ejemplo S3

CAMBIOS DE CADA CAPÍTULO

Para destacar hasta qué punto se ha revisado la edición anterior, he aquí unos pocos cambios capítulo a capítulo. Hay cinco capítulos que se han redactado de nuevo casi por completo: Dirección de la Calidad (Capítulo 6 de *Decisiones Estratégicas*), Estrategia de Procesos (Capítulo 7 de *Decisiones Estratégicas*), Gestión de la Cadena de Suministros (Capítulo 1 de *Decisiones Tácticas*), Gestión de la Cadena de Suministros (Capítulo 2 de *Decisiones Tácticas*) y Programación a Corto Plazo (Capítulo 5 de *Decisiones Tácticas*). En cada capítulo hay un nuevo ejercicio sobre un Dilema Ético.

Capítulo 1 de *Decisiones Estratégicas*: Operaciones y productividad. Nuevo material sobre el crecimiento de los servicios, la productividad, y una nueva sección denominada Ética y Responsabilidad Social.

Capítulo 2 de *Decisiones Estratégicas*: Estrategia de operaciones en un entorno global. Un nuevo Perfil de una Empresa Global sobre el Boeing 787 abre el capítulo, y un nuevo recuadro sobre *Dirección de operaciones en acción* analiza la estrategia del minorista belga de alimentos Franz Colruyt.

Capítulo 3 de *Decisiones Estratégicas*: Dirección de proyectos. El capítulo incluye ahora una sección sobre cuestiones éticas en la dirección de proyectos, y un nuevo recuadro de *Dirección de operaciones en acción* sobre el proyecto Acela Amtrak, así como un nuevo caso de estudio en vídeo denominado "Dirección de proyectos en el hospital Arnold Palmer". También hemos incorporado un nuevo ejercicio de reducción de plazos de proyectos utilizando MSPProject y el caso del festival Rockfest de Hard Rock Café, y un jue-

go de simulación de proyectos llamado Rock'n Bands. Ambos aparecen en el CD del profesor.

Capítulo 4 de Decisiones Estratégicas: Previsión. Hemos añadido una sección sobre cómo crear modelos de previsión con Excel y hemos ampliado el caso de estudio de Hard Rock para incluir datos para la previsión cuantitativa.

Capítulo 5 de Decisiones Estratégicas: Diseño de bienes y servicios. Nuestro análisis incluye ahora una importante sección sobre “Diseños éticos y respetuosos del medio ambiente”, dos nuevos recuadros sobre *Dirección de operaciones en acción* sobre “La búsqueda de las modas pasajeras en la industria de la telefonía móvil” y “La renovación de Toyota se está remodelando con los programas PLM”, así como material sobre la gestión del ciclo de vida del producto. También hay cuatro nuevos problemas.

Capítulo 6 de Decisiones Estratégicas: Gestión de la calidad. Este capítulo se inicia con un nuevo perfil de una empresa global sobre el Hospital Arnold Palmer y termina con un caso de estudio en vídeo sobre la calidad en esa organización. Hay una nueva sección en el capítulo llamada líderes en calidad, cobertura de la gestión de la calidad y la dirección ética, y un análisis ampliado del programa Sigma Seis. También hemos ampliado nuestro análisis de la gestión de calidad total en los servicios con nuevos ejemplos sobre UPS y Marriott.

Suplemento al Capítulo 6 de Decisiones Estratégicas: Control estadístico de los procesos. Hemos añadido una nueva sección sobre creación de hojas de datos en Excel para calcular los límites de control, y hemos incluido tres nuevos problemas para resolver en casa y un juego de dados para el control estadístico.

Capítulo 7 de Decisiones Estratégicas: Estrategia de procesos. Este capítulo incluye varios temas nuevos, tales como el concepto de fabricación alemana, el análisis de los procesos enfocados, un análisis ampliado de los mapas sobre los flujos del valor, los procesos éticos y respetuosos del medio ambiente, y nuevas tecnologías para la cirugía por control remoto. También hay un nuevo recuadro sobre *Dirección de operaciones en acción* sobre los cambios de procesos en una peluquería japonesa y un nuevo caso de estudio en vídeo llamado “Análisis de procesos en el Hospital Arnold Palmer”, que requiere a los alumnos que dibujen 3 diagramas de flujos.

Suplemento al Capítulo 7 de Decisiones Estratégicas: Planificación de la capacidad. Un nuevo caso de estudio en vídeo, “planificación de la capacidad en el Hospital Arnold Palmer”, requiere utilizar el análisis de regresión para prever cuándo deben abrirse nuevas plantas del hospital. También hay un nuevo problema de cuatro puntos (más difícil).

Capítulo 8 de Decisiones Estratégicas: Estrategias de localización. Los nuevos temas comprenden localización e innovación, cuestiones éticas relativas a las decisiones sobre localización, una nueva Tabla 8.3 sobre aglomeración, un nuevo recuadro sobre *Dirección de operaciones en acción* que aborda la entrada de Starbucks en Japón, y un nuevo problema de cuatro puntos, así como una revisión del caso de estudio sobre Hard Rock Café para incluir datos para el análisis cuantitativo.

Capítulo 9 de Decisiones Estratégicas: Estrategia sobre disposición. Hemos empleado la cobertura de las celdas de trabajo, incluido un ejemplo sobre dotación de perso-

nal y equilibrio con “tiempo takt”, y alterado el orden del análisis de los siete tipos de disposiciones. El nuevo caso de estudio en vídeo sobre “Disposición de las nuevas instalaciones de Arnold Palmer” incluye una comparación cuantitativa de dos disposiciones en las instalaciones hospitalarias.

Capítulo 10 de *Decisiones Estratégicas: Recursos humanos y diseño del puesto de trabajo*. Este capítulo incluye nuevas secciones sobre el lugar de trabajo visual y la ética en el entorno laboral.

Suplemento al Capítulo 10 de *Decisiones Estratégicas: Medición del trabajo*. Hemos añadido un nuevo problema de cuatro puntos (más difícil) a los otros 29 problemas existentes.

Tutoriales en el CD-ROM. Hay cinco pequeños capítulos de la edición que no han cambiado. Los capítulos son Tutorial 1, Herramientas estadísticas para directivos; Tutorial 2, Muestreo de aceptación; Tutorial 3, El método del Simplex en la programación lineal; Tutorial 4, Los métodos MODI y VAM para resolver los problemas de transporte; Tutorial 5, Rutas y programación de vehículos.

CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS

Nuestro objetivo consiste en ofrecer a los alumnos los medios pedagógicos más refinados para ayudar a mejorar el aprendizaje y la docencia.

- **Equilibrio entre servicios y manufacturas.** Los ejemplos sobre servicios y manufacturas son críticos para un curso de dirección de operaciones. Hemos combinado cuidadosamente los dos a lo largo del manual. Para destacar cada campo, hemos hecho un seguimiento de dos organizaciones manufactureras, una cadena de restaurantes, un hospital y una universidad: Regal Marine (tres casos en vídeo y un perfil de una empresa global en el Capítulo 5 de *Decisiones Estratégicas*); Wheeled Coach (cuatro casos en vídeo y un perfil de una empresa global en el Capítulo 4 de *Decisiones Tácticas*); Hard Rock Café (siete casos en vídeo y un perfil de una empresa global en el Capítulo 1 de *Decisiones Estratégicas*); el Hospital Arnold Palmer (siete casos en vídeo y un perfil de una empresa global en el Capítulo 6 de *Decisiones Estratégicas*); Southwestern University (siete casos de vídeo integrados sobre esta universidad de ficción). Además, ofrecemos cientos de otros ejemplos de empresas de servicios y manufactureras a lo largo del texto, los ejemplos y los problemas para resolver en casa.
- **Ejemplos resueltos.** Los ejemplos de problemas de dirección de operaciones, resueltos paso a paso, resultan extremadamente útiles en un curso analítico como éste. Los capítulos incluyen 141 ejemplos, que son reforzados con 66 problemas resueltos al final de los capítulos. Además, el CD del alumno y el sitio web del manual incluyen más de 100 problemas prácticos.
- **Excelentes problemas para resolver en casa.** Como manual líder sobre dirección de operaciones, nos enorgullecemos de tener el mayor conjunto de problemas para resolver en casa. Los 597 problemas del texto tienen una codificación del grado de dificultad de cuatro puntos. Estos problemas están complementados con 166 problemas adicionales en el sitio web del manual. Las soluciones a todos estos problemas se encuentran en el manual de soluciones del profesor redactado por los autores.

- **Perfiles de una empresa global.** Cada capítulo se inicia con un análisis de dos páginas a todo color de una organización global líder. Entre éstas se incluye a Amazon, Volkswagen, Dell, el Hospital Arnold Palmer, Delta Airlines, McDonald's, Boeing y muchas más.



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: BOEING

La estrategia global de Boeing genera una ventaja competitiva

Con el diseño de vanguardia del 787, un interior más espacioso y proveedores globales, Boeing está consiguiendo ventas en todo el mundo.

La tecnología de colaboración de Boeing permite un "espacio de trabajo virtual" que permite que los ingenieros del 787, incluidos sus socios en Australia, Japón, Italia, Canadá y todo Estados Unidos, hagan cambios del diseño simultáneamente en tiempo real.

La estrategia del 787 Dreamliner de Boeing es única, tanto desde un punto de vista global como desde un punto de vista de ingeniería. El Dreamliner incorpora muchas de las últimas tecnologías de la industria aeroespacial, desde el diseño del armazón y del motor del avión, hasta laminados superligeros de grafito de titanio, fibra de carbón y epoxi, y compuestos. Otra innovación es el sistema de supervisión electrónico que permite que el aeroplano envíe necesidades de mantenimiento a sistemas informáticos en tierra. Boeing también está trabajando con General Electric y Rolls-Royce para desarrollar motores más eficientes. Los avances esperados en tecnología de motores contribuirán con hasta un 8 por ciento de mayor eficiencia de combustible/carga del nuevo aeroplano, lo que representa un salto de casi dos generaciones en tecnología.

Este Boeing 787 de última tecnología también es global. Liderado por Boeing desde sus instalaciones de Everett, Washington, un equipo internacional de empresas del sector aeroespacial desarrolló el avión. Nueve

- **Recuadros sobre dirección de operaciones en acción.** Se han extraído 58 ejemplos de media página de prácticas recientes de dirección de operaciones de diversas fuentes, incluyendo *The Wall Street Journal*, *New York Times*, *Fortune*, *Forbes* y *Harvard Business Review*. Estos recuadros dan vida a la dirección de operaciones.

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

PREVISIÓN EN DISNEY WORLD

Cuando el Consejero Delegado de Disney, Robert Iger, recibe el informe diario de sus grandes parques temáticos en Orlando, Florida, el informe sólo incluye dos cifras: la *previsión* de público ayer en los parques (Magic Kingdom, Epcot, Animal Kingdom, MGM Studios y Blizzard Beach) y la cantidad *real* de público. Se espera un error próximo a cero (utilizando como indicador el EPAM). Iger se toma muy en serio sus previsiones.

El equipo de previsiones de Disney World no hace, sin embargo, una única predicción diaria, y además Iger no es su único consumidor. El equipo también elabora previsiones diarias, semanales, mensuales, anuales y quinquenales para la dirección de recursos humanos, mantenimiento, operaciones, finanzas y para el departamento de programación de parques. Los que las hacen utilizan modelos de juicios de valor, modelos econométricos, modelos de medidas móviles y análisis de regresión. La *previsión* anual realizada por el equipo en 1999 sobre el volumen total de público para el año 2000 obtuvo un EPAM de 0.

Puesto que el 20 por ciento de los clientes de Disney World proviene de fuera de Estados Unidos, su modelo económico incluye variables como el índice de confianza del consumidor y el producto nacional bruto de siete países. Disney también encuesta a un millón de personas todos los años para analizar sus planes futuros de viaje y sus experiencias en los parques. Esto ayudará a hacer previsiones, no sólo de la cantidad de público, sino del comportamiento en cada atracción (cuánto tiempo está dispuesta la gente a esperar en la cola y cuántas veces se subirá a una atracción). Inputs para el modelo de *previsión* mensual son las ofertas especiales de las compañías aéreas, los discursos del presidente de la Reserva Federal, y las tendencias de Wall Street. Disney hace incluso un seguimiento de 3.000 distritos escolares dentro y fuera de Estados Unidos para saber las fechas de las vacaciones y festivos.

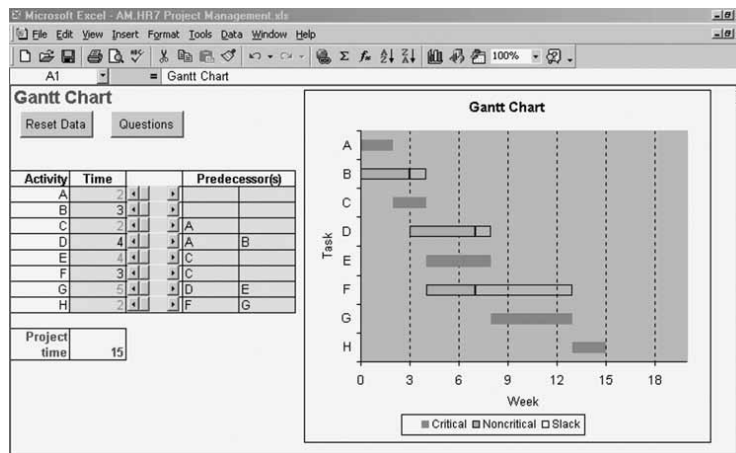
Fuente: J. Newkirk y M. Haskell, "Forecasting in the Service Sector", presentación en la duodécima reunión anual de la Production and Operations Management Society, 1 de abril de 2001, Orlando, FL.

- **Ejercicios Active Model.** Los ejercicios Active Model son hojas de cálculo interactivas de Excel de ejemplos del manual que permiten al alumno analizar y comprender mejor estos importantes conceptos cuantitativos. Los alumnos y los profesores pueden ajustar los datos de entrada del modelo y, en efecto, responder a toda una serie de preguntas hipotéticas (por ejemplo, ¿qué pasaría si una actividad de una red PERT tarda tres días más? Capítulo 3 de *Decisiones Estratégicas*. ¿Qué pasaría si se duplica el coste de mantenimiento o la demanda en un modelo de inventarios? Capítulo 2 de *Decisiones Tácticas*. ¿Qué ocurre si la constante del suavizado exponencial es 0,3 en vez de 0,5? Capítulo 4 de *Decisiones Estratégicas*). Estos ejercicios Active Model son excelentes para las presentaciones en el aula y/o como deberes para hacer en casa. Se incluyen 28 ejercicios de este tipo en el CD-ROM del alumno, y muchos aparecen en el texto.



EJERCICIO ACTIVE MODEL

Milwaukee Paper Manufacturing. Este ejercicio Active Model le permite evaluar cambios en importantes elementos de la red del hospital que hemos visto en el capítulo, utilizando su CD-ROM. Véase Active Model 3.1.



ACTIVE MODEL 3.1 ■ Dirección de proyectos

Otros recursos para el alumno incluyen las notas y definiciones en los márgenes y las soluciones a los problemas pares.

CD-ROM DEL ALUMNO GRATIS CON CADA MANUAL

Cada nueva copia de este manual incluye un CD-ROM del alumno que contiene estimulantes recursos para avivar el curso y ayudar a los alumnos a aprender.

- **Lecciones en PowerPoint.** A partir de un amplio conjunto de más de 1.000 diapositivas actualizadas de PowerPoint, estas notas para las clases ofrecen un refuerzo de los puntos principales de cada capítulo, y permiten a los alumnos revisar el material del capítulo. Se han vuelto a diseñar todas las diapositivas para mejorar la claridad.
- **Veintidós excitantes casos en vídeo.** Estos casos en vídeo muestran a empresas reales (Regal Marine, Hard Rock Café, Ritz Carlton, Wheeled Coach y el Hospital Arnold Palmer) y permiten a los alumnos ver pequeños videoclips, leer los temas clave, responder a las preguntas y enviar por correo electrónico sus respuestas al pro-

fesor. Estos casos de estudio también pueden encomendarse como deberes sin utilizar el tiempo de la clase para mostrar los vídeos. Cada uno ha sido desarrollado y redactado por los autores del manual para complementar de forma específica el contenido del libro.

- **Videoclips del CD-ROM.** Otra nueva característica del CD-ROM son los 34 vídeos de uno a dos minutos que aparecen a lo largo de todo el manual y que están indicados en los márgenes. Estos videoclips ilustran temas relacionados con los capítulos, con vídeos sobre Harley-Davidson, Ritz Carlton, Hard Rock Café y otras empresas.
- **Ejercicios Active Model.** Los 28 ejercicios Active Model, descritos anteriormente, aparecen en archivos del CD-ROM del alumno. En la mayoría de los capítulos del manual se ofrecen muestras de estos modelos.
- **Problemas prácticos.** Ofrecen experiencia en la resolución de problemas. Complementan los ejemplos y problemas resueltos que aparecen en cada capítulo.
- **Preguntas de autoevaluación.** En cada capítulo se ofrece un vínculo a nuestro sitio web que acompaña al manual, donde estas preguntas permiten a los alumnos probar su comprensión de cada tema. También se puede acceder a través de este sitio web a giras por fábricas.
- **Software POM para Windows.** POM para Windows es una potente herramienta para resolver fácilmente problemas de dirección de operaciones. Se pueden utilizar sus 24 módulos para resolver la mayoría de los problemas que aparecen al final de los capítulos.
- **Software para la resolución de problemas.** Excel OM es nuestro complemento exclusivo, de fácil manejo, para Excel. Excel OM crea de forma automática hojas de cálculo para modelizar y resolver problemas. Los usuarios eligen un tema de un menú desplegable, rellenan los datos y a continuación Excel mostrará y representará gráficamente (cuando sea pertinente) los resultados. Este software es excelente para ayudar a los alumnos a resolver los problemas en casa, para hacer análisis hipotéticos, o para demostraciones en el aula.

Microsoft Excel - HR6.captures.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Oat Flakes	No cambiar esta celda sin alterar el número de filas en la tabla de datos.						
2								
3	Quality Control							
4								
5	Number of samples	12						
6	Sample size	9						
7	Population standard deviation	1						
8	Data							
9		Mean						
10	Hour 1	16.1						
11	Hour 2	16.8						
12	Hour 3	15.5						
13	Hour 4	16.5						
14	Hour 5	16.5						
15	Hour 6	16.4						
16	Hour 7	15.2						
17	Hour 8	16.4						
18	Hour 9	16.3						
19	Hour 10	14.8		Below LCL				
20	Hour 11	14.2		Below LCL				
21	Hour 12	17.3		Above UCL				
22	Average	16						

Results

x-bar value	16	= B22
z value	3	Introducir el número deseado de desviaciones estándar
Sigma x bar	0.33333	= B7/SQRT(B6)
Upper control limit	17	
Center line	16	
Lower control limit	15	

Utilizar el promedio global como línea central; sume y reste el número deseado de desviaciones estándar con el fin de crear los límites de control superiores e inferiores; ej.: LCL = F10 - F11 · F12.

Calcular x barra (el promedio de peso global de todas las muestras) = PROMEDIO (B10:B21).

- **Archivos de datos para Excel OM.** Los ejemplos del manual que se pueden resolver con Excel OM se encuentran en archivos de datos del CD-ROM. Están identificados con un icono en el margen del texto.
- **Capítulos adicionales en el CD-ROM.** Se ofrecen como material los siguientes capítulos adicionales: *Statistical Tools for Managers, Acceptance Sampling, The Simplex Method of Linear Programming, The MODI and VAM Methods of Solving Transportation Problems y Vehicle Routing and Scheduling.*
- **Microsoft Project 2003.** MSProject, el programa informático más potente y popular de la dirección de proyectos, está ahora disponible en un segundo CD-ROM del alumno (free Value-Pack). Esta versión queda documentada en el Capítulo 3 y está activada para que funcione durante 120 días.

RECURSOS PARA EL PROFESOR

Archivo de temas de examen El archivo de temas de examen (*Test Item File*), ampliamente actualizado por el catedrático L. Wayne Shell, incluye una serie de preguntas de tipo verdadero/falso, test, rellene el espacio en blanco, breve respuesta y resolución de problemas para cada capítulo. Los profesores también pueden descargar este archivo del sitio web acompañante de Prentice Hall en <http://www.prenhall.com/heizer>.

Nuevo software TestGen Los bancos de exámenes *Test Banks* están diseñados para utilizarlos con el software de generación de exámenes TestGen. Este paquete informático permite al profesor diseñar, guardar y crear exámenes para la clase de forma personalizada. El programa de exámenes permite a los profesores editar, añadir o borrar preguntas del banco de exámenes; editar gráficos existentes y crear nuevos gráficos; analizar los resultados; y organizar una base de datos de exámenes y resultados de los alumnos. Este nuevo software permite una mayor flexibilidad y facilidad de uso. Ofrece muchas opciones para organizar y presentar los exámenes, además de una herramienta de búsqueda y clasificación.

Manual de soluciones para el profesor El manual de soluciones para el profesor, redactado por los autores, incluye respuestas a todas las preguntas, dilemas éticos, ejercicios Active Model y casos de estudio del manual, así como soluciones paso a paso a todos los problemas del final del capítulo, los problemas de Internet y los casos de estudio en Internet. Los profesores también pueden descargar el manual de soluciones del sitio web acompañante de Prentice Hall en <http://www.prenhall.com/heizer>.

Presentaciones en PowerPoint Un amplio conjunto de nuevas presentaciones en PowerPoint, creadas por el catedrático Jeff Heyl de la Universidad Lincoln, está disponible en cada capítulo. Con más de 2.000 diapositivas, el catedrático Heyl ha creado este nuevo conjunto de diapositivas con excelente claridad y color. También hemos incluido cientos de diapositivas del sistema de respuesta personal, creado por el catedrático Bill Swart de la Universidad de East Carolina, ofreciendo análisis y ejercicios interactivos. Estas diapositivas también se pueden descargar del sitio web acompañante de Prentice Hall en <http://www.prenhall.com/heizer>.

Manual de recursos para el profesor El manual de recursos del profesor, actualizado por el catedrático Jeff Heyl, incluye muchos recursos útiles para el profesor: sumarios del curso, notas sobre vídeos, ejercicios en Internet, recursos docentes adicionales y notas docentes. Los profesores también pueden descargar el manual de recursos para el profesor del sitio web acompañante de Prentice Hall en <http://www.prenhall.com/heizer>.

CD-ROM de recursos para el profesor El CD-ROM de recursos para el profesor también ofrece archivos electrónicos de todo el manual de soluciones del profesor (en MS Word), presentaciones PowerPoint, Test Item File (en MS Word) y el banco de exámenes informatizado (TestGen). Estos archivos también se pueden descargar de la página Instructor Catalog.

Paquetes de vídeos Diseñados específicamente para los manuales Heizer/Render, los paquetes de vídeos incluyen los siguientes 32 vídeos:

- Dirección de operaciones en Hard Rock (Cap. 1 de *Decisiones Estratégicas*)
- Una gira por la fábrica de Winnebago Industries (Cap. 1 de *Decisiones Estratégicas*)
- Regal Marine: Estrategia de operaciones (Cap. 2 de *Decisiones Estratégicas*)
- La estrategia global de Hard Rock Café (Cap. 2 de *Decisiones Estratégicas*)
- Revisión de la dirección de operaciones y de la estrategia de Whirlpool (Cap. 2 de *Decisiones Estratégicas*)
- Dirección de proyectos en el Hospital Arnold Palmer (Cap. 3 de *Decisiones Estratégicas*)
- Dirección del festival Rockfest de Hard Rock Café (Cap. 3 de *Decisiones Estratégicas*)
- Previsión en Hard Rock Café (Cap. 4 de *Decisiones Estratégicas*)
- Regal Marine: diseño del producto (Cap. 5 de *Decisiones Estratégicas*)
- Diseño del producto y asociación con proveedores en Motorola (Cap. 5 de *Decisiones Estratégicas*)
- La cultura de la calidad en el hospital Arnold Palmer (Cap. 6 de *Decisiones Estratégicas*)
- Ritz Carlton: Calidad (Cap. 6 de *Decisiones Estratégicas*)
- Competitividad y mejora continua en Xerox (Cap. 6 de *Decisiones Estratégicas*)
- Diseño y calidad de los servicios en Marriott (Cap. 6 de *Decisiones Estratégicas*)
- Control estadístico de los procesos en Kart Manufacturing (Suplemento 6 de *Decisiones Estratégicas*).
- Wheeled Coach: Estrategia de procesos (Cap. 7 de *Decisiones Estratégicas*)
- Análisis de los procesos en el Hospital Arnold Palmer (Cap. 7 de *Decisiones Estratégicas*)
- Estrategia y elección de procesos (Cap. 7 de *Decisiones Estratégicas*)
- Tecnología y manufacturas: sistemas de producción flexibles (Cap. 7 de *Decisiones Estratégicas*)
- Planificación de la capacidad en el Hospital Arnold Palmer (Cap. 7 de *Decisiones Estratégicas*)
- Dónde abrir el próximo restaurante de Hard Rock Café (Cap. 8 de *Decisiones Estratégicas*)
- Wheeled Coach: disposición de las instalaciones (Cap. 9 de *Decisiones Estratégicas*)
- Disposición de las nuevas instalaciones del Hospital Arnold Palmer (Cap. 9 de *Decisiones Estratégicas*)
- Estrategia de recursos humanos de Hard Rock Café (Cap. 10 de *Decisiones Estratégicas*)
- Equipos y participación de los empleados en Hewlett-Packard (Cap. 10 de *Decisiones Estratégicas*)

- Regal Marine: Gestión de la cadena de suministros (Cap. 1 de *Decisiones Tácticas*)
- La cadena de suministros del Hospital Arnold Palmer (Cap. 1 de *Decisiones Tácticas*)
- Comercio electrónico y las sandalias deportivas Teva (Supl. 1 de *Decisiones Tácticas*)
- Wheeled Coach: control de inventarios (Cap. 2 de *Decisiones Tácticas*)
- Wheeled Coach: planificación de las necesidades de materiales (Cap. 4 de *Decisiones Tácticas*)
- Programación en Hard Rock Café (Cap. 5 de *Decisiones Tácticas*)
- Sistema justo a tiempo en el hospital Arnold Palmer (Cap. 6 de *Decisiones Tácticas*)

SITIO WEB ACOMPAÑANTE

Visite nuestro sitio web acompañante en www.prenhall.com/heizer para encontrar recursos específicos para este manual, tanto para los alumnos como para los profesores. Algunos de los recursos que podrá encontrar son:

Para los alumnos:

Preguntas de autoevaluación Estas numerosas preguntas incluyen una amplia variedad de cuestiones, con 20 a 25 preguntas por capítulo, que incluyen preguntas tipo test, verdadero o falso y preguntas para desarrollar. Las preguntas de autoevaluación pueden ser calificadas y transmitidas al profesor para recibir créditos adicionales, o servir de práctica para los exámenes.

Giras virtuales Estas giras por empresas ofrecen vínculos directos a empresas que incluyen desde un hospital hasta un fabricante de automóviles, para poner en práctica conceptos clave. Tras la gira por cada sitio web se pide a los alumnos que respondan a preguntas relacionadas directamente con los conceptos analizados en el capítulo.

Problemas en Internet En el sitio web hay una serie de problemas para resolver que ofrecen material de trabajo adicional para los alumnos.

Casos de estudio en Internet Asigne material adicional de casos de estudio gratuitos desde este sitio web.

Para los docentes:

Se pueden descargar materiales de apoyo a la docencia del catálogo online de Prentice Hall en www.prenhall.com. Esta zona protegida con contraseña ofrece a los docentes los materiales de apoyo más actualizados y avanzados disponibles: manual de soluciones para el profesor, manual de recursos para el profesor, diapositivas en PowerPoint, diapositivas del sistema de respuesta personal, y preguntas de examen.

RECONOCIMIENTOS

Queremos dar las gracias a los muchos individuos que han tenido la amabilidad de ayudarnos en esta empresa. Los siguientes catedráticos nos han dado sus opiniones que nos han guiado en la revisión:

- Shahid Ali
Rockhurst University
- Stephen Allen
Truman State University
- William Barnes
Emporia State University
- Leon Bazil
Stevens Institute of Technology
- Victor Berardi
Kent State University
- Mark Berenson
Montclair State University
- Joe Biggs
California Polytechnic State University
- Peter Billington
Colorado State University-Pueblo
- Lesley Buehler
Ohlone College
- Darlene Burk
Western Michigan University
- David Cadden
Quinnipiac College
- James Campbell
University of Missouri-St. Louis
- William Christensen
Dixie State College of Utah
- Roy Clinton
University of Louisiana at Monroe
- Hugh Daniel
Lipscomb University
- Anne Deidrich
Warner Pacific College
- John Drabowski
DeVry University
- Richard E. Dulski
Daemen College
- Charles Englehardt
Salem International University
- Wade Ferguson
Western Kentucky University
- Rita Gibson
Embry-Riddle Aeronautical University
- Eugene Hahn
Salisbury University
- John Hoft
Columbus State University
- Garland Hunnicutt
Texas State University
- Wooseung Jang
University of Missouri-Columbia
- Dana Johnson
Michigan Technological University
- William Kime
University of New Mexico
- Beate Klingenberg
Marist College
- Jean Pierre Kuilboer
University of Massachusetts-Boston
- Gregg Lattier
Lee College
- Ronald Lau
Hong Kong University of Science and Technology
- Mary Marrs
University of Missouri-Columbia
- Richard Martin
California State University-Long Beach
- Gordon Miller
Portland State University
- John Miller
Mercer University
- Donna Mosier
SUNY Potsdam
- Arunachalam Narayanan
Texas A&M University
- Susan Norman
Northern Arizona University
- Prafulla Oglekar
LaSalle University
- David Pentico
Duquesne University
- Elizabeth Perry
SUNY Binghamton
- Frank Pianki
Anderson University
- Michael Plumb
Tidewater Community College
- Leonard Presby
William Paterson University
- Zinovy Radovilsky
California State University, Hayward
- William Reisel
St. John's University
- Spyros Reveliotis
Georgia Institute of Technology

Scott Roberts <i>Northern Arizona University</i>	Samuel Y. Smith Jr. <i>University of Baltimore</i>
Stanford Rosenberg <i>LaRoche College</i>	Victor Sower <i>San Houston State University</i>
Edward Rosenthal <i>Temple University</i>	John Stec <i>Oregon Institute of Technology</i>
Peter Rourke <i>Wentworth Institute of Technology</i>	A. Lawrence Summers <i>University of Missouri</i>
X. M. Safford <i>Milwaukee Area Technical College</i>	Rajendra Tibrewala <i>New York Institute of Technology</i>
Robert Schlesinger <i>San Diego State University</i>	Ray Walters <i>Fayetteville Technical Community College</i>
Daniel Shimshak <i>University of Massachusetts-Boston</i>	Jianghua Wu <i>Purdue University</i>
Theresa A. Shotwell <i>Florida A&M University</i>	Lifang Wu <i>University of Iowa</i>
Ernest Silver <i>Curry College</i>	Xin Zhai <i>Purdue University</i>

También queremos agradecer la ayuda de los revisores de las ediciones anteriores de este manual. Sin la ayuda de estos compañeros docentes, nunca habiéramos recibido la información necesaria para crear un manual útil. Los revisores aparecen en orden alfabético.

Sema Alptekin <i>University of Missouri-Rolla</i>	Warren W. Fisher <i>Stephen F. Austin State University</i>
Suad Alwan <i>Chicago State University</i>	Larry A. Flick <i>Norwalk Community Technical College</i>
Jean-Pierre Amor <i>University of San Diego</i>	Barbara Flynn <i>Wake Forest University</i>
Moshen Attaran <i>California State University-Bakersfield</i>	Damodar Golhar <i>Western Michigan University</i>
Ali Behnezhad <i>California State University-Northridge</i>	Jim Goodwin <i>University of Richmond</i>
John H. Blackstone <i>University of Georgia</i>	James R. Gross <i>University of Wisconsin-Oshkosh</i>
Theodore Boreki <i>Hofstra University</i>	Donald Hammond <i>University of South Florida</i>
Rick Carlson <i>Metropolitan State University</i>	John Harpell <i>West Virginia University</i>
Wen-Chyuan Chiang <i>University of Tulsa</i>	Marilyn K. Hart <i>University of Wisconsin-Oshkosh</i>
Mark Coffin <i>Eastern California University</i>	James S. Hawkes <i>University of Charleston</i>
Henry Crouch <i>Pittsburgh State University</i>	George Heinrich <i>Wichita State University</i>

- Sue Helms
Wichita State University
- Johnny Ho
Columbus State University
- Zialu Hug
University of Nebraska-Omaha
- Peter Ittig
University of Massachusetts
- Paul Jordan
University of Alaska
- Larry LaForge
Clemson University
- Hugh Leach
Washburn University
- B. P. Lingeraj
Indiana University
- Andy Litteral
University of Richmond
- Laurie E. Macdonald
Bryant College
- Henry S. Maddux III
Sam Houston State University
- Mike Maggard
Northeastern University
- Mark McKay
University of Washington
- Arthur C. Meiners, Jr.
Marymount University
- Zafar Malik
Governors State University
- Doug Moodie
Michigan Tech University
- Philip F. Musa
University of Alabama at Birmingham
- Joao Neves
Trenton State College
- John Nicolay
University of Minnesota
- Susan K. Norman
Northern Arizona University
- Niranjana Pati
University of Wisconsin-LaCrosse
- Michael Pesch
St. Cloud State University
- David W. Pentico
Duquesne University
- Leonard Presby
William Patterson State College-NJ
- Zinovy Radovilsky
California State University-Hayward
- Ranga V. Ramasesh
Texas Christian University
- Emma Jane Riddle
Winthrop University
- M. J. Riley
Kansas State University
- Narendrea K. Rustagi
Howard University
- Teresita S. Salinas
Washburn University
- Chris Sandvig
Western Washington University
- Ronald K. Satterfield
University of South Florida
- Robert J. Schlesinger
San Diego State University
- Shane J. Schvaneveldt
Weber State University
- Avanti P. Sethi
Wichita State University
- Girish Shambu
Canisius College
- L. Wayne Shell (retired)
Nicholls State University
- Susan Sherer
Lehigh University
- Vicki L. Smith-Daniels
Arizona State University
- Vic Sower
Sam Houston State University
- Stan Stockton
Indiana University
- John Swearingen
Bryant College
- Susan Sweeney
Providence College
- Kambiz Tabibzadeh
Eastern Kentucky University
- Rao J. Taikonda
University of Wisconsin-Oshkosh
- Cecelia Temponi
Texas State University
- Madeline Thimmes
Utah State University
- Doug Turner
Auburn University

V. Udayabhanu
San Francisco State University
John Visich-Disc
University of Houston

Rick Wing
San Francisco State University
Bruce M. Woodworth
University of Texas-El Paso

Además, queremos dar las gracias a la excelente plantilla de Prentice Hall, que nos ha dado tanto ayuda como asesoría: Mark Pfaltzgraff, nuestro editor ejecutivo de ciencias de las decisiones; Debbie Clare, nuestra directora ejecutiva de marketing; Jane Avery, nuestra ayudante editorial ejecutiva; Nancy Welcher, nuestra directora de desarrollo de proyectos mediáticos; Cynthia Regan, nuestra editora ejecutiva, y Karen Misler, nuestra editora de suplementos. Reva Shader desarrolló los sobresalientes índices analíticos del manual. Donna Render y Kay Heizer proporcionaron un preciso mecanografiado y corrección ortotipográfica, tan críticas en un manual riguroso. Nos sentimos realmente privilegiados por disponer de un equipo tan maravilloso de expertos para dirigirnos, guiarnos y ayudarnos.

También agradecemos los esfuerzos de los colegas que nos han ayudado a dar forma a todo el paquete de materiales de estudio que acompaña a este manual. El catedrático L. Wayne Shell nos ayudó a crear nuestro nuevo conjunto de problemas y editó/revisó el anterior; el catedrático Howard Weiss (Temple University) desarrolló los programas informáticos Active Model, Excel OM y POM para Windows; el catedrático Jeff Heyl (Universidad Lincoln) creó las diapositivas en PowerPoint y también redactó el manual de recursos para el profesor; el doctor Vijay Gupta desarrolló los discos de datos de Excel OM y POM para Windows; el catedrático L. Wayne Shell preparó el banco de exámenes; Beverly Amer (Universidad de Northern Arizona) produjo y dirigió nuestra serie de casos de estudio en vídeo en el CD-ROM; los catedráticos Keith Willoughby (Universidad Bucknell) y Ken Klassen (Universidad Brock) contribuyeron a los dos juegos de simulación con Excel; el catedrático Gary LaPoint (Universidad de Siracusa) desarrolló el ejercicio de reducción de plazos con MS Project y el juego de dados del control estadístico de procesos; y el catedrático Bill Swart (Universidad de East Carolina) creó las actividades en Powerpoint del sistema de respuesta personal. Nos sentimos afortunados por haber podido trabajar con todos ellos.

Les deseamos una agradable y productiva presentación a la dirección de operaciones.

BARRY RENDER
GRADUATE SCHOOL OF BUSINESS
ROLLINS COLLEGE
WINTER PARK, FL 32789
EMAIL: BARRY.RENDER@ROLLINS.EDU

JAY HEIZER
TEXAS LUTHERAN UNIVERSITY
1000 W. COURT STREET
SEGUIN, TX 78155
EMAIL: JHEIZER@TLU.EDU

OPERACIONES Y PRODUCTIVIDAD

1

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: HARD ROCK CAFÉ

QUÉ ES LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

ORGANIZACIÓN PARA PRODUCIR BIENES Y SERVICIOS

POR QUÉ ESTUDIAR DIRECCIÓN DE OPERACIONES

QUÉ HACEN LOS DIRECTORES DE OPERACIONES

Cómo se estructura este libro

HISTORIA DE LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

OPERACIONES EN EL SECTOR SERVICIOS

Diferencias entre bienes y servicios
Crecimiento de los servicios
Remuneración en los servicios

INTERESANTES NUEVAS TENDENCIAS EN LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

EL RETO DE LA PRODUCTIVIDAD

Medición de la productividad
Variables de la productividad
Productividad y sector servicios

ÉTICA Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM
DEL ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

DILEMA ÉTICO

PROBLEMAS

PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

CASOS DE ESTUDIO: NATIONAL AIR EXPRESS;
ZYCHOL CHEMICALS CORPORATION

CASO DE ESTUDIO EN VÍDEO: HARD ROCK
CAFÉ: DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN
LOS SERVICIOS

CASO DE ESTUDIO ADICIONAL

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

*Cuando haya
completado este
capítulo, deberá ser
capaz de:*

Identificar o definir:

Producción y
productividad
Dirección de
operaciones (OM)
Qué hacen los
directores de
operaciones
Servicios

Describir o explicar:

La historia de la
dirección de
operaciones de
forma sucinta
Las salidas
profesionales del
área de dirección
de operaciones
El futuro de esta
disciplina
La medida de la
productividad



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: HARD ROCK CAFÉ

Dirección de operaciones en Hard Rock Café

Para deleitar al cliente hace falta una disposición eficiente de la cocina, personal motivado, horarios estrictos, y los ingredientes adecuados en el lugar adecuado, en el momento adecuado.

Hard Rock Café en Orlando, Florida, prepara más de 3.500 comidas todos los días. Con capacidad para 1.500 comensales, es uno de los restaurantes más grandes del mundo. Pero los directores de operaciones de Hard Rock consiguen que la comida caliente se sirva caliente, y la fría, fría, cuando y donde el consumidor la quiere.

Los directores de operaciones están interesados en el atractivo de la presentación del local, pero también deben asegurarse de que la disposición del mobiliario contribuye a un movimiento eficaz de las personas y los materiales, con los controles necesarios para garantizar que se sirven las comidas adecuadas.

Hace falta mucho trabajo para diseñar, probar y analizar los costes de las comidas. Después, los proveedores tienen que entregar productos de calidad a tiempo, siempre a cocineros bien formados que preparan comidas de calidad. Pero nada de eso sirve para nada salvo que unos camareros entusiastas, como los que se muestran aquí, hagan su trabajo bien.

Los directores de operaciones de todo el mundo están fabricando productos todos los días para aportar bienestar a la sociedad. Estos productos adoptan múltiples formas. Pueden ser lavadoras en Maytag, películas en Dreamworks, atracciones en Disney World, o comida en un Hard Rock Café. Estas empresas elaboran miles de productos complejos todos los días, que se entregarán a medida que los consumidores los vayan pidiendo, cuando los consumidores los quieran, y donde los quieran. Hard Rock lo hace para más de 35 millones de clientes en todo el mundo todos los años. Es un enorme desafío, por lo que el puesto de director de operaciones, independientemente de que sea en Maytag, Dreamworks, Disney o Hard Rock, es muy exigente.

La cadena Hard Rock Café, con sede en Orlando, abrió su primer restaurante en Londres en 1971, por lo que tiene 36 años y es el abuelo de los restaurantes temáticos. Aunque otros restaurantes temáticos han abierto y han desaparecido, Hard Rock sigue mostrándose fuerte con 110 restaurantes en más de 40 países, y abre nuevos restaurantes todos los días. Hard Rock se dio a conocer con los artículos de coleccionista del mundo de la música rock que expone, que empezó cuando Eric Clapton, un cliente habitual, marcó su taburete favorito colgando su guitarra en la pared del local de Londres. Ahora Hard Rock tiene millones de dólares invertidos en artículos de coleccionista. Para conseguir que los clientes vuelvan una y otra vez, Hard Rock crea valor en forma de buena comida y entretenimiento. Los directores de operaciones en Hard Rock Café en Universal Studios, en Orlando, proporcionan más de 3.500 productos personalizados, en este caso comidas, todos los días. Estos productos se diseñan y prueban, y luego se analiza el coste de los ingredientes, el trabajo necesario y la satisfacción del cliente. Una vez autorizados, los artículos del menú pasan a la cadena de producción, y sólo si se dispone de ingredientes provenientes de proveedores cualificados. El proceso de producción, desde la recepción, la conservación en frío, la cocción, o fritura, o la parrilla, hasta otra docena de pasos más, se diseña y mantiene para proporcionar una comida de calidad. Los directores de operaciones, utilizando a los mejores individuos que pueden reclutar y formar, también preparan programas de horarios eficaces para los empleados y diseñan eficientes organizaciones físicas del local.

Los directores que pueden diseñar y proveer bienes y servicios con éxito en todo el mundo comprenden las operaciones. En este manual, no sólo vamos a ver cómo crean valor los directores de operaciones de Hard Rock, sino también cómo lo crean otros directores de operaciones en el sector servicios, además de en la manufactura. La dirección de operaciones es una tarea exigente, difícil y apasionante. En última instancia, los directores de operaciones deciden cuan bien vivimos.

La dirección de operaciones es una disciplina que se utiliza en restaurantes como el Hard Rock Café así como en fábricas como Sony, Ford y Maytag. Las técnicas de dirección de operaciones se aplican en todo el mundo en todas las empresas productivas. Da igual que se trate de una oficina, un hospital, un restaurante, un centro comercial o una fábrica: la producción de bienes y servicios requiere que haya una dirección de operaciones. Y la producción eficiente de bienes y servicios requiere una aplicación eficaz de los conceptos, herramientas y técnicas de la dirección de operaciones que introducimos en este libro.

A medida que avancemos en el texto, descubriremos cómo dirigir las operaciones en una economía global cambiante. Un conjunto de ejemplos informativos, cuadros, análisis y dibujos ilustran los conceptos y proporcionan información. Veremos cómo los directores de operaciones producen los bienes y servicios que enriquecen nuestras vidas.

En este capítulo definiremos primero la dirección de operaciones, explicando su historia y el emocionante papel que los directores de operaciones han desempeñado en una gran variedad de negocios. Luego nos ocuparemos de la producción y la productividad de las empresas productoras de bienes y servicios. Continuaremos con un estudio sobre las operaciones en el sector servicios, y sobre el desafío que supone dirigir un sistema de producción eficaz.

QUÉ ES LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

La **producción** es la creación de bienes y servicios. La **dirección de operaciones** es la serie de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar los recursos en productos. En todas las organizaciones hay actividades de producción de bienes y servicios. En las empresas industriales, las actividades de producción de bienes son bastante obvias. En ellas se ve la producción de un bien tangible, como un televisor Sony o una motocicleta Harley Davidson.

En las empresas que no producen bienes físicos, la función de producción puede resultar menos obvia. Puede estar “oculta” al público, e incluso al consumidor. Por ejemplo, la transformación que tiene lugar en un banco, en un hospital, en la oficina de una compañía aérea o en la universidad.

A menudo, cuando se presta un servicio no se produce ningún bien tangible. Por el contrario, el producto puede tomar formas tan variadas como una transferencia de fondos de una cuenta de ahorro a una cuenta corriente, un trasplante de hígado, la ocupación de un asiento vacío en un avión de una compañía aérea o la educación de un estudiante. Con independencia de que el producto final sea un bien o un servicio, las actividades de producción que tienen lugar en una organización se denominan habitualmente operaciones o *dirección de operaciones*.

ORGANIZACIÓN PARA PRODUCIR BIENES Y SERVICIOS

Para producir bienes y servicios, todas las organizaciones deben llevar a cabo tres funciones (véase la Figura 1.1). Estas tres funciones son los elementos necesarios, no sólo para la producción, sino para la supervivencia de una organización. Son las siguientes:

1. *Marketing*: genera la demanda o, por lo menos, consigue los pedidos de productos o servicios (no ocurre nada hasta que no hay una venta).
2. *Producción/operaciones*: elabora el producto.
3. *Finanzas/contabilidad*: controla cómo va la organización, y se encarga de pagar las facturas y recaudar el dinero.



Vídeo 1.1

Dirección de operaciones en Hard Rock Café

Producción

La creación de bienes y servicios.

Dirección de operaciones

Actividades relacionadas con la producción de bienes y servicios mediante la transformación de los recursos productivos (inputs) en productos (outputs).

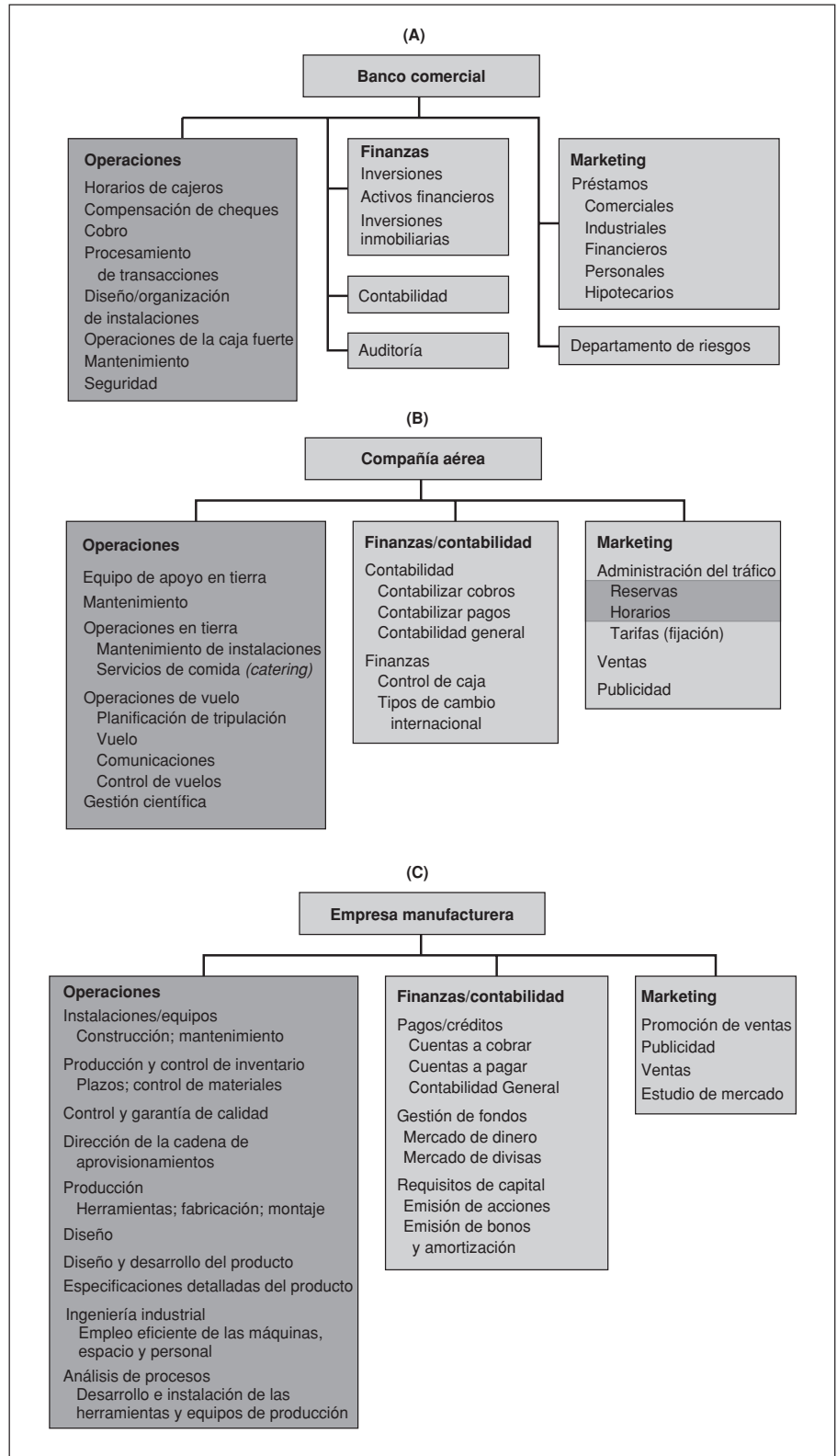


FIGURA 1.1 ■
Organigrama de dos
organizaciones
de servicios y de
una organización
manufacturera

(A) Banco, (B) compañía aérea y
 (C) empresa manufacturera. Las
 zonas oscuras son actividades
 de dirección de operaciones.

Todas las universidades, iglesias o sinagogas y empresas realizan estas funciones. Incluso una asociación voluntaria, como los Boy Scouts, se organiza para realizar estas tres funciones básicas. La Figura 1.1 muestra cómo se organiza un banco, una compañía aérea y una fábrica, para llevarlas a cabo. Las zonas oscuras de la Figura 1.1 muestran las funciones de operaciones en estas empresas.

POR QUÉ ESTUDIAR DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Estudiamos el campo de la dirección de operaciones por cuatro razones:

1. La dirección de operaciones es una de las tres principales funciones de cualquier organización, y se relaciona de forma combinada con el resto de las funciones empresariales. Toda organización hace marketing (vende), se financia (contabilidad) y produce (operaciones), y es importante saber cómo funciona la actividad de dirección de operaciones. Así pues, estudiamos *cómo se organizan las personas para emprender un proyecto productivo*.
2. Estudiamos dirección de operaciones porque queremos conocer *cómo se producen los bienes y servicios*. La función de producción es la parte de la sociedad que elabora los productos que usamos.
3. Estudiamos dirección de operaciones *para entender qué funciones realizan los directores de operaciones*. Comprendiendo lo que hacen estos directores, podrá desarrollar las habilidades que se necesitan para ser uno de ellos. Esto le ayudará a investigar las numerosas y lucrativas salidas de una carrera en dirección de operaciones.
4. Estudiamos dirección de operaciones *porque es una de las actividades que generan más costes en cualquier organización*. Un porcentaje muy grande de los ingresos de la mayoría de las empresas se destina a la función de dirección de operaciones. Ciertamente, la dirección de operaciones proporciona una buena oportunidad a las organizaciones para mejorar su rentabilidad y su servicio a la sociedad. En el Ejemplo 1 podemos ver cómo puede una empresa mejorar sus beneficios por medio de la función de producción.

Fisher Technologies es una pequeña empresa que debe duplicar su contribución a los costes fijos y beneficio, para conseguir liquidez suficiente con la que poder adquirir la próxima generación de equipos productivos. La dirección ha llegado a la conclusión de que, si no se consigue el incremento del margen de contribución, su banco no concederá el préstamo necesario para poder comprar los equipos. Si no se pueden comprar los equipos, con las limitaciones de los antiguos no se podrá mantener en el negocio y, por tanto, tendrá que despedir a los trabajadores, y suspender la producción de los bienes y servicios para sus consumidores.

La Tabla 1.1 muestra una cuenta de resultados simplificada y tres alternativas estratégicas para la empresa. La primera opción sería el *marketing*: una muy buena gestión de marketing podría incrementar las ventas en un 50%. Con un incremento del 50% en las ventas, el margen de contribución aumentaría en un 71%. Pero incrementar las ventas en un 50% puede ser algo más que difícil, incluso imposible.

La segunda opción es una *opción financiera*: con una muy buena gestión financiera se recortarían los costes financieros a la mitad. Pero incluso la reducción de los costes financieros en un 50% es insuficiente para generar el aumento necesario de la contribución. La contribución aumentaría sólo en un 21%.

La tercera opción es una *opción de dirección de operaciones* por la que la dirección reduce los costes de producción en un 20% y aumenta la contribución en un 114%. Vistas las condicio-

EJEMPLO 1

nes de nuestro pequeño ejemplo, Fisher Technologies ha aumentado su contribución de 10.500 dólares a 22.500 dólares, y ahora existe una predisposición por parte de los bancos a prestar fondos a Fisher Technologies.

TABLA 1.1 ■ Opciones para aumentar la contribución

		Opción de marketing ^a	Opción financiera ^b	Opción OM ^c
	ACTUAL	INCREMENTO DE VENTAS DEL 50%	REDUCCIÓN DE COSTES FINANCIEROS DEL 50%	REDUCCIÓN DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN DEL 20%
Ventas	100.000\$	150.000\$	100.000\$	100.000\$
Coste de los bienes	<u>-80.000</u>	<u>-120.000</u>	<u>-80.000</u>	<u>-64.000</u>
Margen bruto	20.000	30.000	20.000	36.000
Costes financieros	<u>- 6.000</u>	<u>- 6.000</u>	<u>- 3.000</u>	<u>- 6.000</u>
	14.000	24.000	17.000	30.000
Impuestos al 25%	<u>- 3.500</u>	<u>- 6.000</u>	<u>- 4.250</u>	<u>- 7.500</u>
Contribución ^d	10.500\$	18.000\$	12.750\$	22.500\$

^a Incrementar las ventas un 50% incrementa el margen de contribución en 7.500 dólares o un 71% (7.500/10.500).

^b Reducir los costes financieros en un 50% incrementa el margen de contribución en 2.250 dólares o un 21% (2.250/10.500).

^c Reducir los costes de producción en un 20% aumenta la contribución en 12.000 dólares o un 114% (12.000/10.500).

^d Contribución a los costes fijos (excluyendo los costes financieros) y al beneficio.

El Ejemplo 1 destaca el importante papel que desempeña una actividad eficaz en las operaciones de una empresa. Muchas empresas llevan a cabo una estrategia de operaciones eficaz para hacer frente a la creciente competencia mundial¹.

QUÉ HACEN LOS DIRECTORES DE OPERACIONES

Proceso de dirección

La aplicación de la planificación, la organización, la gestión de personal, la dirección y el control a la consecución de los objetivos.

Todo buen directivo realiza las funciones básicas del proceso de producción. El **proceso de dirección** consiste en *planificar, organizar, gestionar personal, dirigir y controlar*. Los directores de operaciones aplican este proceso de dirección a las decisiones que toman en la función de dirección de operaciones. Los directivos contribuyen al área de producción y operaciones a través de las decisiones que se muestran en la Tabla 1.2. Para cada una de estas decisiones es necesario planificar, organizar, gestionar personal, dirigir y controlar. También se muestran las cuestiones relevantes a estas decisiones y los capítulos que se ocupan de ellas.

Cómo se estructura este libro

Las diez decisiones de la Tabla 1.2 son actividades que deben ser desarrolladas por los directores de operaciones. La capacidad de tomar decisiones correctas en estos campos y de distribuir los recursos de modo que se ejecuten eficazmente contribuirá en gran medida a conseguir una función de operaciones eficiente. El libro se estructura en torno a estas diez decisiones.

¹ Véase el análisis al respecto en Michael Hammer, "Deep Change: How Operational Innovation Can Transform Your Company", *Harvard Business Review*, 82, n.º 4 (2004), pp. 85-93.

TABLA 1.2 ■ Diez decisiones básicas en la dirección de operaciones

Diez áreas de decisión	Cuestiones	Capítulo(s)
Diseño del producto y del servicio	¿Qué producto o servicio debemos ofrecer? ¿Cómo debemos diseñar estos productos y servicios?	5
Gestión de la calidad	¿Cómo definimos la calidad que queremos en nuestro servicio o producto? ¿Quién es responsable de la calidad?	6, Suplemento 6
Diseño de procesos y planificación de capacidad	¿Qué procesos y qué capacidad necesitarán estos productos? ¿Qué equipo y tecnología son necesarios para estos procesos?	7, Suplemento 7
Localización	¿Dónde situaremos las instalaciones? ¿En qué criterio nos basaremos para elegir la localización?	8
Diseño de la organización	¿Cómo organizaremos la instalación? ¿Qué tamaño deberá tener para cumplir el plan?	9
Recursos humanos y diseño del puesto de trabajo	¿Cómo proporcionar un entorno de trabajo razonablemente bueno? ¿Cuánto se puede esperar que produzcan nuestros empleados?	10, Suplemento 10
Gestión de suministros	¿Deberíamos fabricar determinado componente o comprarlo? ¿Quiénes son nuestros proveedores y quién puede quedar integrado en nuestro programa de comercio electrónico?	11, Suplemento 11
Inventario, planificación de necesidades de material y JIT (justo a tiempo)	¿Cuánto inventario de cada artículo debemos tener? ¿Cuándo volvemos a hacer un pedido?	12, 14, 16
Programación intermedia, y a corto plazo	¿Es mejor despedir a gente o mantenerla en nómina en los periodos de ralentización? ¿Qué trabajo será el siguiente que haremos?	13, 15
Mantenimiento	¿Quién es el responsable del mantenimiento? ¿Cuándo se hace el mantenimiento?	17

DIEZ DECISIONES DE LA ESTRATEGIA DE OM

Diseño de bienes y servicios

Gestión de la calidad

Estrategia de procesos

Estrategias de localización

Estrategias de organización/disposición física de recursos (layout)

Recursos humanos

Gestión de la cadena de suministros

Gestión del inventario

Programación

Mantenimiento

A lo largo de la obra, estudiaremos las cuestiones y herramientas que ayudan a los directores a tomar estas diez decisiones. También tendremos en cuenta el impacto que tienen en la estrategia de la empresa y en la productividad.

¿Dónde se encuentran los trabajos de dirección de operaciones? ¿Cómo se empieza a trabajar en dirección de operaciones? Las 10 decisiones de dirección de operaciones identificadas en la Tabla 1.2 las toman personas que trabajan en las áreas oscu-

DIRECTOR DE FÁBRICA

Una división de una de las 1.000 primeras empresas según la revista *Fortune* busca a un director de fábrica para su fábrica de la zona norte del Valle del Hudson. Esta fábrica produce equipos de carga en muelles para mercados comerciales. El candidato tiene que tener experiencia en dirección de fábricas, incluyendo habilidades en planificación de la producción, compras y gestión de inventarios. Es indispensable tener buenas habilidades de comunicación oral y por escrito, junto con una buena comprensión y capacidad de aplicación de las habilidades de gestión de personal.

DIRECTOR DE COMPRAS

Un bien establecido distribuidor de toda la gama de productos alimenticios está buscando a un agente de compras experimentado para respaldar la rápidamente creciente operación de ventas de alimentos. Debe tener amplios conocimientos de las funciones cotidianas en compras, capacidad para revisar los programas de los proveedores, establecer niveles operativos y coordinar las actividades con operaciones. El candidato debe estar preparado para trabajar con los proveedores para desarrollar catálogos para Internet. Debe tener buenos conocimientos sobre todas las categorías de alimentos, saber trabajar en equipo y estar orientado a la obtención de resultados financieros. El salario se ajustará al grado de experiencia.

JEFE DE CALIDAD

Existen varios puestos de trabajo para jefes de calidad en nuestras instalaciones para procesos de empaquetado en zona noreste, Florida, y en el sur de California. Estos puestos de alto nivel exigen el empleo frecuente de herramientas estadísticas para controlar todos los aspectos de la oportunidad del servicio y de la evaluación de la carga de trabajo. El trabajo implica (1) una combinación de aplicaciones inmediatas y análisis detallados utilizando bases de datos y hojas de cálculo, (2) gestionar auditorías para identificar áreas de mejora, y (3) gestión de la implementación de cambios. Los puestos incluyen horario nocturno y fines de semana. Enviar currículum.

CONSULTORES PARA MEJORA DE PROCESOS

Empresa consultora en expansión busca consultores para la elaboración y ejecución de planes de producción ajustada y reducción del tiempo del ciclo de los procesos de servicios, así como de los de fabricación. Nuestra empresa trabaja en la actualidad con un banco internacional para mejorar las operaciones de apoyo, así como con varias empresas de fabricación. Se requiere licenciatura en económicas/empresariales, y se valorará certificación en APICS.

DIRECTOR DE LA CADENA DE SUMINISTROS

Las responsabilidades incluyen negociar contratos y establecer relaciones a largo plazo con proveedores. Al candidato elegido se le confiará la supervisión de compras, facturas y devoluciones de productos. Se exigen estudios universitarios y un mínimo de 2 años de experiencia. Se necesitan conocimientos suficientes de MRP, capacidad para utilizar *feedback* para la planificación maestra y con los proveedores y coordinación de los pedidos para obtener un mejor precio y entrega. Es esencial dominar las aplicaciones de Windows, especialmente Excel y Word. Se valorarán los conocimientos del sistema de información Oracle I. Son esenciales buenas dotes de comunicación verbal y por escrito.

FIGURA 1.2 ■ Existen muchas oportunidades para los directores de operaciones

ras de la Figura 1.1. Los estudiantes competentes de administración de empresas que tengan conocimientos de contabilidad, estadística, finanzas y dirección de operaciones tienen posibilidades de empezar a trabajar en los niveles de entrada de los puestos que se corresponden con dichas áreas. Cuantos más conocimientos posea un estudiante de dirección de operaciones sobre contabilidad, estadística, sistemas de información y matemáticas, más oportunidades de trabajo tendrá. Un 40% de todos los trabajos está en la dirección de operaciones. La Figura 1.2 muestra algunas oportunidades laborales recientes.

HISTORIA DE LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

El campo de la dirección de operaciones es relativamente joven, pero su historia es rica e interesante. Nuestras vidas y la disciplina de dirección de operaciones han ido mejorando por las innovaciones y contribuciones de numerosas personas. En esta sección presentamos a algunas de ellas, así como un resumen de los acontecimientos más importantes en la dirección de operaciones (Figura 1.3).

Se atribuye a Eli Whitney (1800) la primera popularización de los componentes intercambiables, lo que consiguió a través de la normalización y el control de calidad. En un contrato que firmó con el gobierno de Estados Unidos para la fabricación de 10.000 mosquetes, pudo exigir un precio especial, puesto que los componentes de los mosquetes eran intercambiables.

Frederick W. Taylor (1881), padre de la dirección científica, realizó importantes contribuciones en la selección de personal, planificación y control, y estudio de movimientos, así como en el actualmente popular campo de la ergonomía. Una de sus principales con-

Taylor revolucionó la fabricación: su enfoque científico del análisis del trabajo diario y de las herramientas empleadas supuso a menudo incrementos de productividad del 400%.

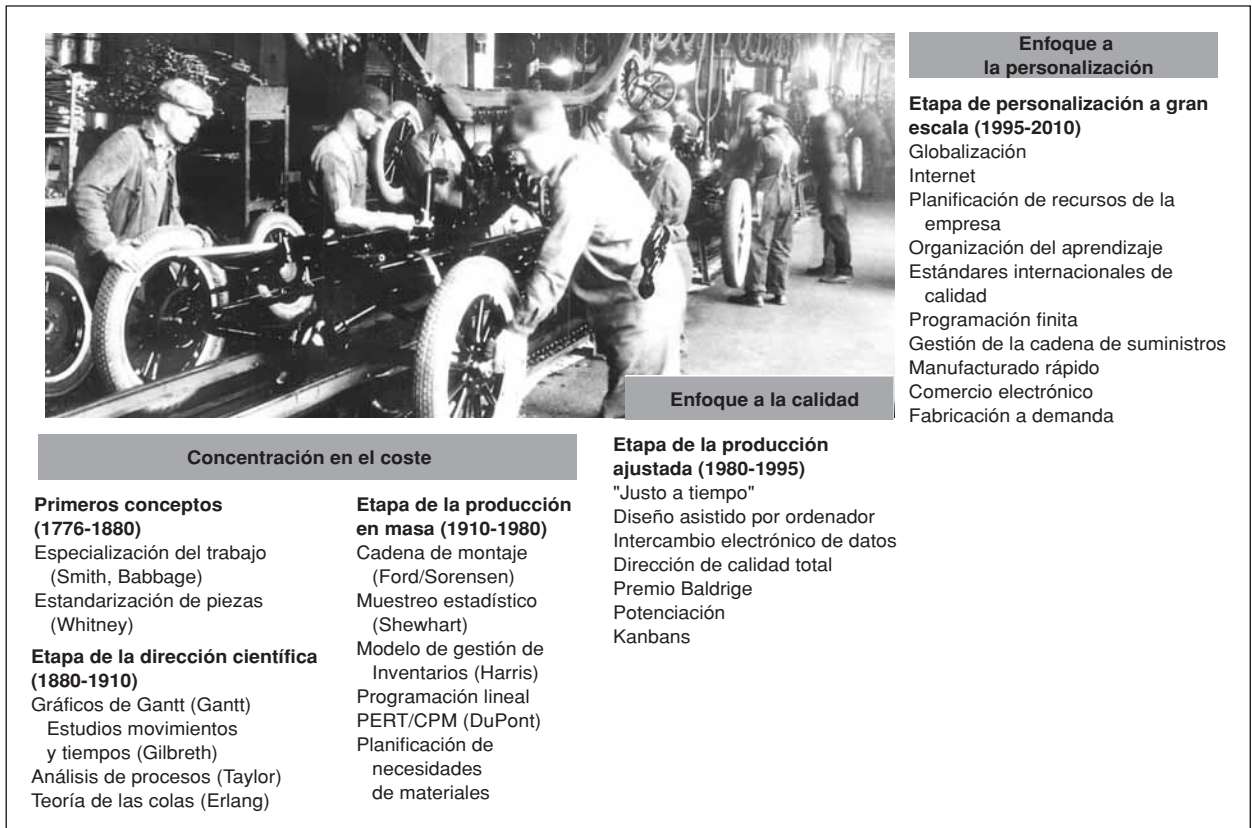


FIGURA 1.3 ■ Acontecimientos importantes en la dirección de operaciones

tribuciones fue su convencimiento de que los directores debían ser más ingeniosos y tener más iniciativa en la mejora de los métodos de trabajo. Taylor y sus colaboradores, Henry L. Gantt y Frank y Lillian Gilbreth, se cuentan entre los primeros que estudiaron de forma sistemática cuál es la mejor forma de producir.

Otra de las aportaciones de Taylor fue su convencimiento de que la dirección debía asumir más responsabilidades en:

1. Asignar el puesto adecuado a los trabajadores.
2. Facilitar la formación adecuada.
3. Proporcionar métodos adecuados de trabajo y herramientas.
4. Establecer incentivos justos por el trabajo que se iba a realizar.

En 1913, Henry Ford y Charles Sorensen combinaron lo que sabían de componentes normalizados a las cadenas de cuasi-montaje del empaquetado de las industrias de carne y de ventas por correo, y crearon el concepto revolucionario de la cadena de montaje, donde lo que se movían eran los componentes, y no los operarios².

Charles Sorensen remolcaba un chasis de automóvil con un cable por encima de sus hombros a lo largo de la planta de Ford, mientras otros añadían piezas.

² Jay Heizer, "Determining Responsibility for the Development of the Moving Assembly Line", *Journal of Management History* 4, n.º 2 (1998), pp. 94-103.

El control de calidad es otra importante contribución histórica en el campo de la dirección de operaciones. Walter Shewhart (1924), aplicó sus conocimientos de estadística a la necesidad del control de calidad, sentando las bases del muestreo estadístico en el control. W. Edwards Deming (1950) pensaba, como Frederick Taylor, que la dirección debía mejorar el entorno de trabajo y los procesos productivos para mejorar la calidad.

La dirección de operaciones seguiría progresando con las contribuciones de otras disciplinas, como la *ingeniería industrial* y la *dirección científica*. Estas disciplinas, junto con la estadística, la dirección de empresas y la economía, han contribuido sustancialmente a incrementar la productividad de las empresas.

Las innovaciones provenientes de las *ciencias puras* (biología, anatomía, química y física) también han contribuido a los avances de la dirección de operaciones. Estos avances incluyen, por ejemplo, nuevos adhesivos, procesos químicos para circuitos impresos, rayos gamma en la esterilización de productos alimenticios, o mesas de estaño fundido (en las que se mantiene suspendido cristal líquido de alta calidad mientras se enfría). El diseño de productos y procesos depende a menudo de las ciencias puras.

Una contribución especialmente importante a la dirección de operaciones proviene de las *ciencias informáticas*. Se trata del proceso sistemático de datos para proporcionar información. Las ciencias informáticas, Internet y el comercio electrónico están contribuyendo en gran medida a mejorar la productividad, a la vez que ayudan a producir gran diversidad de bienes y servicios.

La toma de decisiones en la dirección de operaciones requiere individuos entendidos en dirección de empresas, en ciencias informáticas, y en alguna de las ciencias puras. En este capítulo veremos las diversas formas en que un estudiante puede prepararse para una carrera de dirección de operaciones.

OPERACIONES EN EL SECTOR SERVICIOS

Los fabricantes producen un producto tangible, mientras que el producto de los servicios suele ser intangible. Además, muchos productos son una combinación de un bien y un servicio, lo que complica aún más la definición de qué es un servicio. Incluso el gobierno de Estados Unidos tiene problemas para ofrecer una definición consistente. Como las definiciones son distintas, muchos de los datos y estadísticas que se han dado sobre el sector servicios son incongruentes. Sin embargo, definiremos **servicios** como el conjunto de actividades relativas al mantenimiento y reparación, a la administración del Estado, a la hostelería, al transporte, a los seguros, al comercio, a las finanzas, a la propiedad inmobiliaria, a la educación, a la abogacía, a la medicina, al ocio y a otras ocupaciones profesionales³.

Diferencias entre bienes y servicios

Examinemos algunas diferencias existentes entre los bienes y los servicios:

- Los servicios son normalmente *intangibles* (por ejemplo, obtener un viaje en un asiento vacío de un puente aéreo entre dos ciudades), en contraposición con un bien tangible.
- Habitualmente, los servicios se *producen y consumen simultáneamente*; no hay productos almacenados. Por ejemplo, un salón de belleza “produce” un corte de pelo

Servicios

Las actividades económicas que típicamente producen productos intangibles (como educación, ocio, hostelería, administración pública, servicios financieros o servicios médicos).

³ Esta definición es parecida a las categorías que utiliza la oficina estadounidense de estadísticas laborales.

que se “consume” en el momento; o el médico “produce” una operación que se “consume” en cuanto se produce. Todavía no hemos averiguado cómo almacenar cortes de pelo u operaciones de apendicitis.

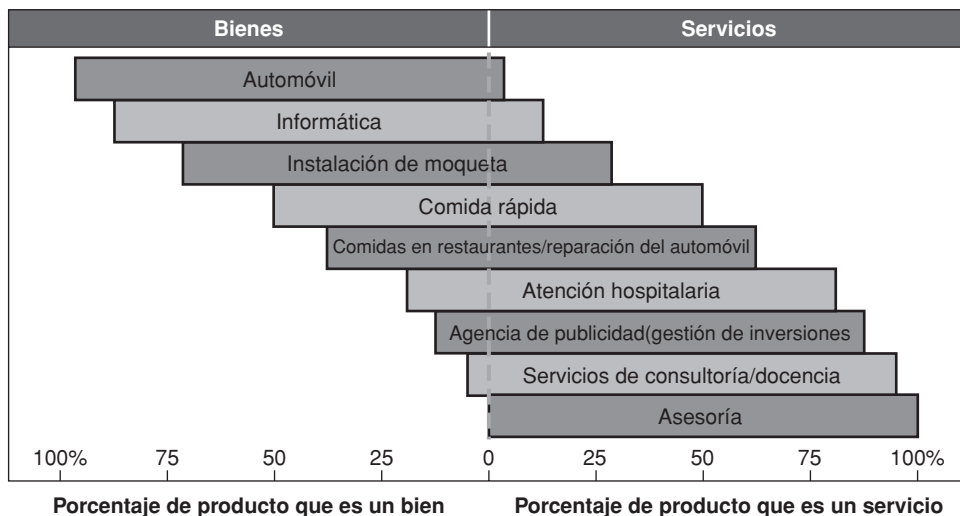
- Los servicios son habitualmente *únicos*. Su combinación de cobertura financiera (como inversiones y pólizas de seguros) puede ser distinta a la de cualquier otra persona, del mismo modo que un tratamiento médico o un corte de pelo realizados para usted no son exactamente iguales a los producidos para cualquier otro.
- Los servicios suponen una *gran interacción con el cliente*. Los servicios son habitualmente difíciles de normalizar y automatizar, y es difícil que sean tan eficaces como quisiéramos, porque la interacción del cliente demanda singularidad. De hecho, en muchas ocasiones el cliente está pagando por esta singularidad; por eso, el director de operaciones se debe asegurar de que el producto está pensado (es decir, personalizado) de modo que se pueda entregar en la forma singular requerida por el cliente.
- Los servicios tienen una *definición del producto inconsistente*. La definición del producto puede ser rigurosa, como en el caso de una póliza de seguro de automóvil, pero a la vez inconsistente, porque los asegurados cambian de automóvil y se hacen mayores.
- Los servicios *se basan normalmente en conocimientos*, como en el caso de la educación, la medicina y los servicios jurídicos, y por tanto son difíciles de automatizar.
- Los servicios se proveen generalmente de forma *dispersa*. La dispersión es consecuencia de que los servicios se prestan normalmente al cliente a través de una oficina local, un puesto de venta al por menor, o incluso una visita a domicilio.

La Tabla 1.3 señala otras diferencias entre los bienes y los servicios que afectan a las decisiones de la dirección de operaciones. Aunque los productos de un servicio se diferencian de los bienes, la función de operaciones sigue transformando recursos en productos. En efecto, muchas veces la actividad de la función de operaciones en los bienes es muy parecida a la desarrollada para los servicios. Por ejemplo, deben establecerse estándares de

TABLA 1.3 ■ Diferencias entre bienes y servicios

Atributos de los bienes (Producto tangible)	Atributos de los servicios (Producto intangible)
El producto puede ser revendido.	No es habitual revender un servicio.
El producto puede almacenarse.	Pocos servicios pueden almacenarse.
Se pueden medir algunos aspectos de su calidad.	Muchos aspectos de su calidad son difíciles de medir.
La venta es distinta de la producción.	La venta es normalmente una parte del servicio.
El producto se puede transportar.	El proveedor (no el producto) puede desplazarse habitualmente.
El lugar de la instalación es importante para el coste.	El lugar de la instalación importa para el contacto con el cliente.
Normalmente es fácil de automatizar.	Normalmente el servicio es difícil de automatizar.
Los ingresos provienen fundamentalmente del producto tangible.	Los ingresos provienen fundamentalmente de los servicios intangibles.

FIGURA 1.4 ■
La mayoría de los
bienes incluyen un
servicio, y la mayoría
de los servicios
incluyen un bien



calidad tanto para los bienes como para los servicios, y ambos deben diseñarse y procesarse según un plan, en una instalación en que se empleen recursos humanos.

Hecha la distinción entre bienes y servicios, debemos señalar que, en muchos casos, no hay límites claramente definidos. En la realidad, casi todos los servicios son una mezcla de un servicio y un producto tangible; de forma parecida, la venta de la mayoría de los bienes implica o exige un servicio. Por ejemplo, muchos productos tienen elementos de servicio, como la financiación y el transporte (por ejemplo, las ventas de automóviles). También pueden exigir formación y mantenimiento postventa (por ejemplo, copiadoras de oficina). Además, muchas actividades “de servicios” tienen lugar dentro de operaciones de producción de bienes. La gestión de recursos humanos, la logística, la contabilidad, la formación, el servicio sobre el terreno y la reparación son todas actividades de servicios, pero se prestan dentro de una organización manufacturera.

Cuando *no* se incluye un producto tangible en el servicio, lo podemos llamar **servicio puro**. A pesar de que no existen muchos servicios puros, se puede poner como ejemplo la asesoría. La Figura 1.4 muestra la proporción de *servicios* que hay en un producto. La proporción es amplia y refleja la omnipresencia de las actividades de servicios.

Servicio puro

Un servicio que no incluye un producto tangible.

Crecimiento de los servicios

Los servicios constituyen en la actualidad el mayor sector económico de las sociedades avanzadas. La mayor productividad en la agricultura permitió que los agricultores abandonaran las explotaciones agrícolas y buscaran trabajo en la ciudad. Análogamente, la manufactura ha proporcionado enormes ganancias de productividad en los 200 últimos años. Estos cambios en el empleo como porcentaje del empleo total quedan reflejados en la Figura 1.5(a). Resulta interesante que, tal y como muestra la Figura 1.5(b), el número de personas empleadas en las manufacturas ha crecido modestamente desde 1950, pero cada persona produce ahora unas 20 veces más que en 1950. Los servicios pasaron a ser el principal sector de empleo a principios de la década de 1920, alcanzando el empleo en las manufacturas su máximo, en torno al 32%, en 1950. El aumento de productividad de la industria permitió que muchos de nuestros recursos económicos se dedicaran a los servicios, como se muestra en la Figura 1.5(c). Por consiguiente, la mayor parte del mundo puede disfrutar ahora de educación, servicios médicos, ocio y de la multitud de actividades que denominamos servicios. En la Tabla 1.4 se muestran ejemplos de empresas y el

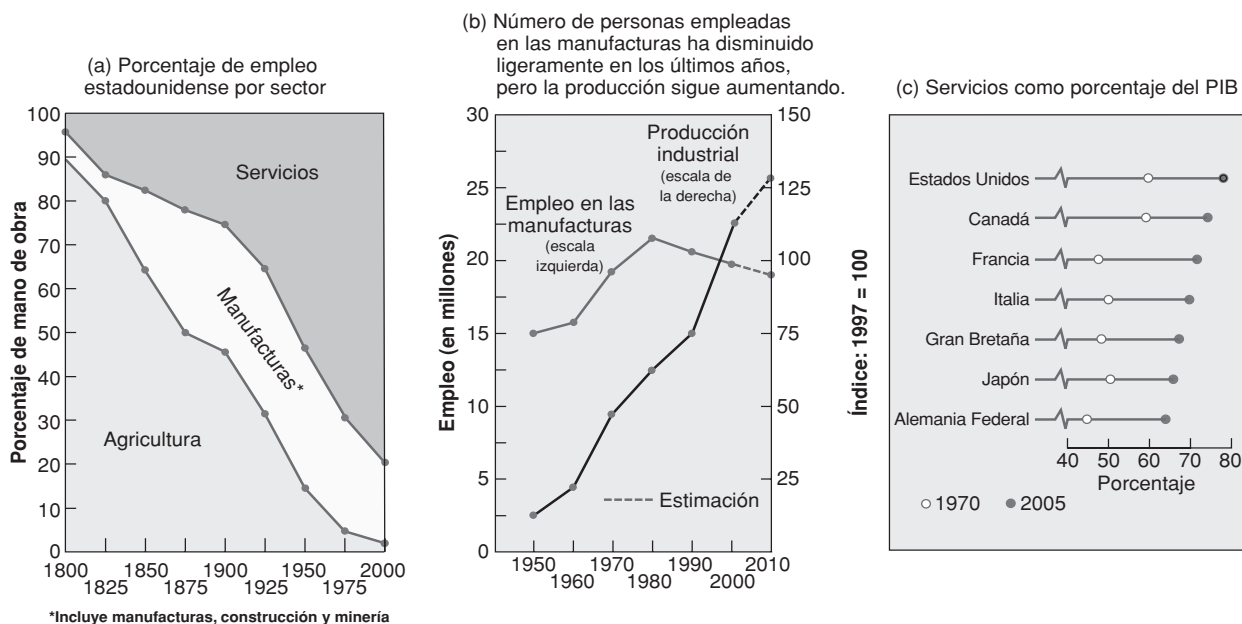


FIGURA 1.5 ■ Evolución de la economía de los servicios

Fuentes: U.S. Bureau of Labor Statistics; Federal Reserve Board, Industrial Production and Capacity Utilization (2003); Statistical Abstract of the United States, 2003.

TABLA 1.4 ■ Ejemplo de organizaciones en cada sector

Sector	Ejemplo	Porcentaje de todos los trabajos
Sector servicios		
Servicios profesionales, educación, servicios legales, servicios médicos	Universidad de Notre Dame; Zoo de San Diego; Hospital Arnold Palmer	25,5
Comercio (minorista, mayorista)	Walgreen's, Wal-Mart, Nordstrom's	20,6
Suministros, transporte	Pacific Gas & Electric, American Airlines, Santa Fe R.R., Roadway Express	7,1
Servicios empresariales y reparaciones	Snelling and Snelling, Waste Management, Inc., Pitney-Bowes	6,9
Finanzas, seguros, inmobiliarias	Citicorp, American Express, Prudential, Aetna, Trammell Crow	6,7
Hostelería, alimentación y ocio	McDonald's, Hard Rock Café, Motel 6, Hoteles Hilton, Walt Disney, Paramount Pictures	5,4
Administración pública	Estados Unidos, Estado de Alabama, Condado de Cook	4,5
Sector manufacturero	General Electric, Ford, U.S. Steel, Intel	13,3
Sector de la construcción	Bechtel, McDermott	7,1
Agricultura	King Ranch	2,5
Sector minería	Homestake Mining	0,4
Total		100,0

Fuente: Statistical Abstract of the United States (2003), Tabla 649.

Sector servicios

Parte de la economía que incluye el comercio, las finanzas, la hostelería, la educación, la abogacía, la medicina, y otras ocupaciones profesionales.

porcentaje de empleo en el **sector servicios**. La Tabla 1.4 también presenta en las cuatro últimas líneas el porcentaje de empleo de los sectores que no son servicios, como industria, construcción, minería y agricultura.

Remuneración en los servicios

A pesar de que existe un sentimiento generalizado de que las empresas de servicios pagan poco, hay muchos trabajos de servicios que están muy bien pagados. Los directores de operaciones de la instalación de mantenimiento de una compañía aérea reciben un buen sueldo, al igual que los que supervisan el servicio informático de la comunidad financiera. Aproximadamente un 42% de los que trabajan en el sector servicios recibe un salario superior a la media nacional. No obstante, la media del sector disminuye, porque 14 categorías (según la clasificación del Departamento de Comercio) de las 33 industrias de servicios, pagan de hecho menos que la media de todas las industrias del sector privado. De éstas, el comercio minorista, que paga sólo un 61% de la media nacional de lo que pagan las empresas privadas, es el mayor. Pero, incluso teniendo en cuenta el comercio minorista, la media salarial de todos los que trabajan en el sector servicios representa aproximadamente un 96% de la media de todas las empresas privadas⁴.

INTERESANTES NUEVAS TENDENCIAS EN LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Una de las razones por las que la dirección de operaciones es una disciplina tan interesante, es que el director de operaciones ha de enfrentarse a un mundo en continuo cambio. Tanto el enfoque como los resultados de las 10 decisiones de la Tabla 1.2 son susceptibles de padecer cambios. Estos movimientos son el resultado de una pluralidad de fuerzas, desde la globalización del comercio mundial a la transmisión de ideas, productos y dinero a velocidades electrónicas. En la Figura 1.6 se muestra la dirección que ahora está tomando la dirección de operaciones: dónde ha estado y hacia dónde está yendo. Ahora estudiaremos algunos de los retos que se muestran en la Figura 1.6.

- *Enfoque global*: El rápido descenso de los costes de la comunicación y el transporte ha tenido como consecuencia lógica la globalización de los mercados. Pero, al mismo tiempo, los recursos en forma de materiales, talento y trabajo también se han globalizado. A esta rápida globalización están contribuyendo países de todo el mundo, que compiten en industrialización y crecimiento económico. Los directivos de operaciones responden con innovaciones que generan y envían rápidamente ideas, componentes y bienes acabados, donde y cuando se necesitan.
- *Ejecución “justo a tiempo”*: Se dedican grandes recursos financieros al inventario, lo que lo hace costoso. El inventario también dificulta responder a los rápidos cambios del mercado. Por ello, los directores de operaciones reducen sistemáticamente el inventario a todos los niveles, desde las materias primas a los bienes acabados.
- *Asociación en la cadena de suministros*: Al ser más cortos los ciclos de vida de los productos, debido a la demanda de los clientes y a la rapidez en los cambios en los materiales y procesos, se requiere que los proveedores conozcan mejor las necesidades del cliente final. Y dado que éstos suministran normalmente más de la mitad

⁴ Herbert Stein y Murray Foss, *The New Illustrated Guide to the American Economy* (Washington, DC: The AIE Press, 1995), p. 30.

Pasado	Causas	Futuro
Enfoque nacional o local	Redes mundiales de comunicación y transporte, de bajo coste y fiables	Enfoque global
Envío de lotes (grandes)	El coste del capital y los cortos ciclos de vida de los productos presionan para reducir la inversión en inventario	Envíos «justo a tiempo»
Adquisición de la mejor oferta	La atención a la calidad exige que los proveedores se impliquen en la mejora del producto	Socios de la cadena de suministros; planificación de los recursos de la empresa; comercio electrónico
Lento desarrollo del producto	Ciclos de vida más cortos; Internet; rápida comunicación internacional; diseño asistido por ordenador y colaboración internacional	Rápido desarrollo del producto; alianzas; diseños colaborativos
Productos estandarizados	Grandes mercados mundiales con gran poder adquisitivo; procesos de producción cada vez más flexibles.	Personalización en masa con creciente énfasis en la calidad
Especialización en el trabajo	Cambiante entorno sociocultural; sociedad de la información y del conocimiento en aumento	Potenciación de los empleados, equipos y producción ajustada
Enfoque a bajos costes	Cuestiones medioambientales, ISO 1400, crecientes costes de deshacerse de los residuos	Producción respetuosa del medio ambiente, producción ecológica, materiales reciclados, reutilización
La ética no considerada	Las empresas actúan más abiertamente; revisión pública y global de la ética; oposición a la explotación infantil, a los sobornos, a la contaminación	Se espera que se tenga responsabilidad social y se mantengan elevadas normas éticas

FIGURA 1.6 ■ Evolución de los retos que debe superar el director de operaciones

del valor del producto, los directores de operaciones están haciendo asociaciones a largo plazo con aquellos que tienen un papel vital en la cadena de suministros.

- **Rápido desarrollo del producto:** La rápida comunicación internacional de las noticias, del ocio y de los nuevos estilos de vida están reduciendo drásticamente la vida de los productos. Los directivos de operaciones vienen reaccionando con estructuras de gestión y tecnología que son más rápidas, y alianzas (socios) que son más eficaces.
- **Personalización a gran escala:** Desde el momento en que empezamos a pensar en el mundo como en un mercado, se hacen patentes las diferencias individuales. Las diferencias culturales, que están compuestas de diferencias individuales, ejercen una fuerte presión sobre la empresa para que proporcione respuestas satisfactorias, en un mundo cada vez más consciente de las posibilidades existentes. Los directores de operaciones están respondiendo con procesos de producción que son lo suficientemente flexibles para satisfacer los caprichos individuales de los consumidores. El objetivo es elaborar productos individuales donde y cuando se necesiten.
- **Delegación de funciones (Potenciación) a los empleados:** La explosión de conocimientos, junto con un entorno de trabajo cada vez más tecnificado, exigen una mayor competencia en el puesto de trabajo. Los directores de operaciones han reaccionado trasladando parte de la toma de decisiones al trabajador individual.
- **Producción respetuosa del medio ambiente:** La continua batalla del director de operaciones para aumentar la productividad está cada vez más afectada por el diseño de productos y procesos que respeten el medio ambiente. Esto significa que hay que

diseñar productos que son biodegradables, o componentes del automóvil que se pueden volver a utilizar o reciclar, o hacer que el empaquetado sea más eficiente.

- **Ética:** Los directores de operaciones están asumiendo su papel en el continuo reto de mejorar el comportamiento ético.

En este texto se tratan estos y otros muchos temas que forman parte de los interesantes retos que se plantean al director de operaciones.

EL RETO DE LA PRODUCTIVIDAD

La creación de bienes y servicios requiere transformar los recursos en bienes y servicios. Cuanto más eficazmente realicemos esta transformación, tanto más productivos seremos. La **productividad** es el cociente entre la producción (bienes y servicios) y los factores productivos (recursos como el trabajo o el capital) (véase la Figura 1.6). El trabajo de un director de operaciones es potenciar (mejorar) este cociente entre producción y factores productivos. Mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia⁵.

Esta mejora se puede conseguir de dos formas: reduciendo los factores productivos mientras la producción permanece constante, o aumentando la producción mientras los factores productivos permanecen iguales. Las dos suponen un aumento de productividad. Desde una perspectiva económica, los factores productivos son la tierra, el trabajo, el capital y la dirección, que se combinan en un sistema de producción. La dirección es responsable de este sistema de producción, que realiza la conversión de los factores productivos en productos. Los productos son bienes y servicios, que engloban artículos tan diversos como pistolas, mantequilla, educación, sistemas judiciales mejorados o estaciones de

Productividad

Cociente entre producción (bienes y servicios) y uno o más factores productivos (como mano de obra, capital o gestión).

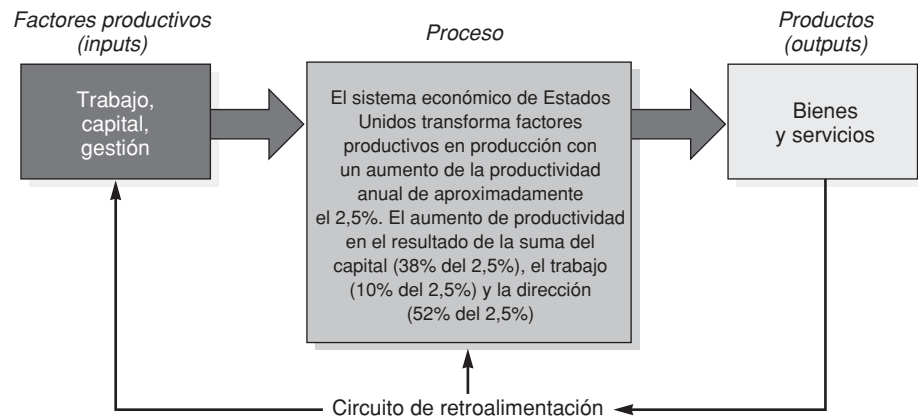


FIGURA 1.7 ■ El sistema económico añade valor transformando factores productivos (inputs) en productos (outputs)

Un circuito de retroalimentación eficaz evalúa la ejecución de los procesos conforme a un plan. En este caso, también evalúa la satisfacción del cliente, y envía señales a las instituciones que controlan los factores productivos y los procesos.

⁵ *Eficiencia* significa realizar bien el trabajo, con un mínimo de recursos y de desperdicio. Nótese la diferencia entre ser *eficiente*, que implica realizar bien el trabajo, y ser *eficaz*, que significa hacer lo que se pretendía. Un trabajo bien hecho (es decir, un trabajo en el que se apliquen las diez decisiones de un director de operaciones) nos ayuda a ser *eficientes*; desarrollar y utilizar la estrategia correcta nos ayuda a ser *eficaces*.

esquí. La *producción* son todos los bienes y servicios producidos. Una producción elevada puede significar que haya más personas trabajando y que suban los niveles de empleo, pero no implica que exista una *productividad* elevada.

La medición de la productividad es una excelente forma de evaluar la capacidad de un país para proporcionar y mejorar el nivel de vida de sus habitantes. *Sólo mediante un aumento de la productividad puede mejorar el nivel de vida*. Y aún más, sólo mediante el aumento de la productividad puede aumentar la remuneración del trabajo, el capital y la dirección. Si los beneficios del trabajo, el capital o la dirección aumentan sin que aumente la productividad, los precios aumentan. Por otro lado, cuando se incrementa la productividad, los precios tienden a bajar, porque se está produciendo más con los mismos recursos.

Los beneficios del aumento de la productividad se pueden ver en el cuadro *Dirección de operaciones en acción*, “Cómo aumentar la productividad del parque móvil municipal de Los Ángeles”.

Durante más de 100 años (desde 1869, aproximadamente, hasta 1973), Estados Unidos fue capaz de aumentar la productividad a una media del 2,5% anual. Este ritmo duplicaba la riqueza estadounidense cada 30 años. Estados Unidos padeció un modesto declive del crecimiento de la productividad a principios de la década de 1970 y a finales de la década de 1990. Pero la productividad ha mejorado desde entonces⁶. El sector manufacturero,



Vídeo 1.2

**El proceso
de transformación
en Regal Marine**

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

CÓMO AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PARQUE MÓVIL MUNICIPAL DE LOS ÁNGELES

El recientemente elegido alcalde de Los Ángeles debía hacer frente a muchos problemas. Uno de ellos era un parque móvil municipal de 21.000 vehículos con gastos inflados y baja disponibilidad de los vehículos. En un día cualquiera, un 30% de los 900 camiones de basura metropolitanos y un 11% de los automóviles de policía estaban en el taller de reparación. Entre otras cosas ocurría lo siguiente: algunas oficinas tenían demasiados vehículos, algunos coches sufrían abusos y sabotajes, había reparaciones que no se realizaban, y vehículos que nunca pasaban las revisiones correspondientes. El parque móvil municipal de Los Ángeles y sus 120 millones de dólares de mantenimiento anuales requerían una mejora de la productividad.

El alcalde llevó a cabo siete sencillas innovaciones en la dirección de operaciones: (1) los conductores individuales pasaron a trabajar en equipo, completándose las rutas unos a otros; (2) se asignaron sitios de aparcamiento espe-

cíficos para los camiones, de modo que se pudieran localizar fácilmente por la mañana; (3) se empezó a comprobar la presión de los neumáticos de cada camión todas las noches, para evitar los pinchazos en las horas de trabajo; (4) se vaciaban los camiones todas las noches para evitar peligros como carbonilla residual que pudiera prender; (5) se pusieron furgonetas estándar para clientes (sólo esto ahorró 12 millones de dólares anuales a la ciudad); (6) la oficina de servicios instaló un sistema de gestión informática del parque (para controlar el empleo de los vehículos y responsabilizar a cada departamento en particular); (7) se establecieron turnos nocturnos para los mecánicos, para evitar que los automóviles estuvieran en el taller durante el día.

Como consecuencia de estos cambios en la gestión, el departamento redujo su parque en 500 vehículos y su inventario de recambios en un 20% (con lo que se liberaron 5,4 millones de dólares al año), además de disminuir el vergonzoso 30% de camiones de basura fuera de servicio a un 18%.

Fuentes: The Wall Street Journal (6 de julio de 1995), A1, A10, y *American City & County* (julio de 1997), FM1-FM4.

⁶ Según el *Statistical Abstract of the United States*, el incremento de la productividad del sector empresarial no agrícola fue del 0,9% en 1995, 2,5% en 1996, 2% en 1997, 2,6% en 1998, 2,4% en 1999, 2,9% en 2000, 1,1% en 2001 y 4,8% en 2002 (véase la Tabla 633). El incremento de la productividad en 2003 fue del 4,4% y en 2004 del 4%. [(Véase *The Wall Street Journal* (4 de marzo de 2005), A2, A6)].

aunque constituye una parte decreciente de la economía estadounidense, ha experimentado incrementos anuales de la productividad superiores al 4%, y el sector servicios, con incrementos de casi el 1%, ha mostrado cierta mejoría. La combinación ha llevado al crecimiento anual de la productividad estadounidense a principios del siglo XXI a aproximadamente el 2,5% para el conjunto de la economía.

En este manual vamos a estudiar cómo se puede mejorar la productividad a través de la función de operaciones. La productividad es un tema de gran importancia en nuestra sociedad, y el director de operaciones está especialmente cualificado para ocuparse de ella.

Medición de la productividad

La medición de la productividad puede ser bastante directa. Es el caso cuando se mide la productividad como horas de trabajo por tonelada de determinado tipo de acero. Aunque las horas de trabajo son una medida común de un factor productivo, se pueden utilizar otras medidas como el capital (dólares invertidos), los materiales (toneladas de mineral de hierro) o energía (kilovatios de electricidad)⁷. Se puede resumir un ejemplo con la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Cantidad de factores productivos empleados (inputs)}} \quad (1.1)$$

Por ejemplo, si las unidades producidas son 1.000 y las horas de trabajo empleadas 250, entonces:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas de trabajo empleadas}} = \frac{1.000}{250}$$

La utilización de un solo factor productivo para medir la productividad, como se muestra arriba, se conoce como **productividad de un solo factor**. Sin embargo, la **productividad de múltiples factores** supone una visión más amplia, que incluye todos los factores productivos (por ejemplo, trabajo, material, energía, capital). La productividad de múltiples factores también se conoce como *productividad total de los factores*. La productividad total de los factores se calcula combinando todos los factores productivos, como se muestra a continuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Output}}{\text{Trabajo} + \text{Material} + \text{Energía} + \text{Capital} + \text{Varios}} \quad (1.2)$$

Para facilitar el cálculo de la productividad de múltiples factores, se pueden expresar los factores productivos individuales (el denominador) en dólares y sumarse, como se muestra en el Ejemplo 2.

Utilizar medidas de productividad ayuda a los directores a determinar si lo están haciendo bien o no. Las medidas de la productividad total de los factores (multifactor) proporcionan una información más completa del equilibrio entre los factores, pero los problemas fundamentales de medición persisten. He aquí algunos de esos problemas:

1. La *calidad* puede variar aunque la cantidad de factores productivos y la producción resultante sean iguales. Compárese un receptor de radio de esta época con

Productividad de un solo factor

Indica la relación entre los bienes y servicios producidos (outputs/producción) y un recurso (input/factor productivo) utilizado en su producción.

Productividad total o multifactor

Indica la relación entre los bienes y servicios producidos (outputs/producción) y muchos o todos los recursos (inputs/factores productivos) utilizados en su producción.

⁷ La calidad de las unidades producidas y el periodo de tiempo se suponen constantes.

Cálculo de las variaciones de productividad de un único factor y de múltiples factores

Collins Title Company tiene una plantilla de 4 personas, que trabaja cada una 8 horas al día, con un gasto en nóminas de 640 dólares al día y unos gastos generales de 400 dólares al día. Collins gestiona y cierra 8 títulos al día. La empresa ha adquirido recientemente un sistema informático de búsqueda de títulos que permitirá procesar 14 títulos diarios. Aunque el personal, el horario de trabajo y el salario sean iguales, los gastos generales pasan a ser de 800 dólares al día.

$$\text{Productividad del trabajo en el sistema antiguo: } \frac{8 \text{ títulos diarios}}{32 \text{ horas trabajadas}} = 0,25 \text{ títulos por hora trabajada}$$

$$\text{Productividad del trabajo con el nuevo sistema: } \frac{14 \text{ títulos diarios}}{32 \text{ horas trabajadas}} = 0,4375 \text{ títulos por hora trabajada}$$

$$\text{Productividad multifactorial con el sistema antiguo: } \frac{8 \text{ títulos diarios}}{640\$ + 400\$} = 0,0077 \text{ títulos por dólar}$$

$$\text{Productividad multifactorial con el nuevo sistema: } \frac{14 \text{ títulos diarios}}{640\$ + 400\$} = 0,0097 \text{ títulos por dólar}$$

La productividad del trabajo ha aumentado de 0,25 a 0,4375. El cambio es de $0,4375/0,25 = 1,75$; es decir, un 75% de incremento de la productividad del trabajo. La productividad multifactorial ha aumentado de 0,0077 a 0,0097. Este cambio representa $0,0097/0,0077 = 1,259$; es decir, un 25,9% de aumento de la productividad multifactorial.

uno de los años cuarenta. Los dos son receptores de radio, pero poca gente negará que la calidad ha mejorado. La unidad de medida (un receptor de radio) es la misma, pero la calidad ha variado.

2. Los *elementos externos*⁸ pueden producir incrementos o disminuciones de la productividad de los que el sistema que se estudia no es directamente responsable. Por ejemplo, un sistema de suministro eléctrico más fiable puede incrementar notoriamente la producción y, por tanto, la productividad; y esto gracias al sistema que sirve de base de la producción, y no debido a las decisiones de gestión que hayan podido tomarse.
3. Pueden faltar *unidades de medida exactas*. No todos los automóviles necesitan los mismos inputs. Algunos automóviles son utilitarios, mientras que otros son un Porsche 911 Turbo.

La medida de la productividad es especialmente difícil en el sector servicios, donde el producto final es difícil de definir. Por ejemplo, ni la calidad de su corte de pelo, ni el resultado de un proceso judicial, ni el servicio de un comercio minorista quedan reflejados en las estadísticas económicas. En algunos casos se pueden hacer ajustes para tener en cuenta la calidad del producto vendido, pero *no* sobre la calidad de la presentación de las ventas o sobre la ventaja de tener una mayor gama de productos. La medida de la productividad requiere que haya inputs y productos concretos, pero la economía de libre mercado

EJEMPLO 2



Vídeo 1.3

Productividad
en Whirlpool

⁸ Se trata de variables exógenas, esto es, variables externas al sistema que, sin embargo, influyen en él.

produce valor (lo que quiere la gente) que incluye comodidad, velocidad y seguridad. Las mediciones tradicionales de la producción pueden ser un indicador muy burdo de estas otras medidas del valor. Observe los problemas de medición de la calidad en un bufete de abogados, en el que cada caso es diferente, lo que altera la precisión de una medida como es la de “casos por hora de trabajo” o “casos por empleado”.

VARIABLES DE LA PRODUCTIVIDAD

Como vimos en la Figura 1.6, los incrementos de la productividad dependen de tres **variables de productividad**:

1. *Trabajo*, que aporta un 10% del incremento anual.
2. *Capital*, que aporta un 38% del incremento anual.
3. *Gestión*, que aporta un 52% del incremento anual.

Estos tres factores son vitales para mejorar la productividad. Representan amplias áreas en las que los directores pueden emprender acciones para mejorar la productividad⁹.

Trabajo La mejora de la contribución del trabajo a la productividad es consecuencia de tener un personal laboral más sano, más formado y mejor alimentado. Parte del incremento se puede deber a una semana laboral más corta. Históricamente, un 10% de la mejora anual de la productividad se debe a una mejora de la calidad del trabajo. Tres variables clave para la mejora de la productividad laboral son:

1. Formación básica adecuada para una mano de obra eficaz.
2. La dieta de la mano de obra.
3. La infraestructura social que posibilita el acceso al trabajo, como el transporte y la sanidad.

En los países desarrollados, un cuarto reto para el director es *mantener y potenciar las habilidades de los trabajadores* en un mundo en el que la tecnología y los conocimientos se expanden rápidamente. Los datos recientes sugieren que, de media, un estadounidense de diecisiete años tiene la mitad de conocimientos matemáticos que un japonés de la misma edad, y más o menos la mitad de los muchachos de esa edad son incapaces de responder a las preguntas de la Figura 1.8. Además, más del 38% de los estadounidenses que solicitan un empleo y a los que se examina de habilidades básicas obtuvieron notas insuficientes en lectura, redacción o matemáticas¹⁰.

Constituye un gran reto la superación de las deficiencias de la calidad del trabajo cuando otros países tienen un personal laboral mejor. Quizás podamos llevar a cabo mejoras no sólo formando una mano de obra más competente, sino también a través de un quinto elemento: *una mano de obra mejor aprovechada con un mayor compromiso con la organización*. La formación, la motivación, el trabajo en equipo y las estrategias de recursos humanos que se estudian en el Capítulo 10, así como una mejor educación, pueden estar entre las técnicas que contribuyan al incremento de la productividad de la mano de obra. Es posible lograr mejoras en la productividad del trabajo; sin embargo, es de suponer que cada vez será más difícil y caro.

VARIABLES DE LA PRODUCTIVIDAD

Los tres factores críticos para la mejora de la productividad: el trabajo (mano de obra), el capital, y el arte y ciencia de la dirección.

Muchos institutos de secundaria americanos ven cómo más de un 50% de sus alumnos abandonan los estudios, a pesar de la gran variedad de programas ofrecidos.

Entre un 20 y un 30% de los trabajadores estadounidenses carece de las capacidades básicas para desarrollar su trabajo actual. (Fuente: Nan Stone, *Harvard Business Review*).

⁹ Los porcentajes proceden de Herbert Stein y Murray Foss, *The New Illustrated Guide to the American Economy* (Washington, DC: AIE Press, 1995), p. 67.

¹⁰ Rodger Doyle, “Can’t Read, Can’t Count”, *Scientific American* (octubre de 2001), p. 24.


<p>6 metros</p>  <p>4 metros</p> <p>¿Cuál es el área de este rectángulo?</p> <p>_____ 4 metros cuadrados</p> <p>_____ 6 metros cuadrados</p> <p>_____ 10 metros cuadrados</p> <p>_____ 20 metros cuadrados</p> <p>_____ 24 metros cuadrados</p>	<p>Si $9y + 3 = 6y + 15$ entonces $y =$</p> <p>_____ 1 _____ 4</p> <p>_____ 2 _____ 6</p>
	<p>¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta respecto al 84% de 100?</p> <p>_____ Es mayor que 100</p> <p>_____ Es menor que 100</p> <p>_____ Es igual que 100</p>

FIGURA 1.8 ■ Casi la mitad de los chicos de diecisiete años de Estados Unidos es incapaz de responder correctamente este tipo de preguntas

Capital Los seres humanos son seres que utilizan herramientas. Las inversiones en capital proporcionan estas herramientas. La inversión en capital ha estado aumentando anualmente en Estados Unidos, excepto en unos pocos periodos de fuerte recesión. Hasta hace unos años, la inversión anual en capital en Estados Unidos ha ido creciendo a razón del 1,5% descontada la depreciación.

La inflación y los impuestos aumentan el coste del capital, haciendo que las inversiones en capital resulten cada vez más caras. Cuando disminuye el capital invertido por empleado, podemos esperar una caída de la productividad. Utilizando mano de obra en lugar de capital, se puede reducir el desempleo a corto plazo; sin embargo, esto también provoca que la economía sea menos productiva y, por tanto, a largo plazo, los salarios también serán más bajos. La inversión en capital suele ser un requisito necesario, pero rara vez suficiente, en la batalla para aumentar la productividad.

El intercambio entre capital y trabajo es continuo. Además, cuanto más alto es el tipo de interés, más se “restringen” los proyectos que requieren capital: no se afrontan porque el posible rendimiento de la inversión para un riesgo dado se ha reducido. Los directivos ajustan sus planes de inversión a las variaciones del coste del capital.

Gestión La gestión es un factor de producción y un recurso económico. Es la responsable de asegurar que el trabajo y el capital se utilizan eficazmente para incrementar la productividad. A ella se debe más de la mitad del incremento anual de la productividad. Comprende las mejoras producidas por la utilización del conocimiento y la aplicación de la tecnología.

La utilización de los conocimientos y la tecnología es crítica en las sociedades post-industriales. Por consiguiente, estas sociedades también se conocen como sociedades de la información. Las **sociedades de la información** son aquellas en que la mayor parte del capital humano ha pasado del trabajo manual a realizar tareas técnicas y de tratamiento de la información, que requieren una formación continua. La educación y formación requeridas, son importantes partidas de elevado coste que se encuentran en el ámbito de las responsabilidades de los directores de operaciones en sus tareas de desarrollar al personal y a la organización. El creciente conocimiento base de la sociedad contemporánea exige que los directivos utilicen *eficazmente la tecnología y los conocimientos*.

Un aprovechamiento más eficaz del capital también contribuye a la productividad. La responsabilidad de seleccionar las mejores inversiones en nuevo capital así como mejorar

Sociedad de la información

Una sociedad en la que buena parte de la fuerza laboral se ha desplazado desde el trabajo manual al trabajo basado en el conocimiento.

Siemens, el multimillonario grupo industrial alemán, ha sido siempre conocido por los cursos para aprendices que imparte en su país de origen. Como la formación es frecuentemente una pieza clave para la eficacia de las operaciones en una sociedad tecnológica, Siemens ha implantado sus cursos de formación para aprendices en sus plantas estadounidenses. Estos programas están sentando las bases de una mano de obra altamente capacitada, que es esencial para la competitividad global.

la productividad de las inversiones actuales recae sobre el director de operaciones, como catalizador de la productividad que es.

El reto de la productividad es difícil. Un país no puede pretender competir a escala mundial teniendo recursos de segunda categoría, como mano de obra poco formada, capital inadecuado y tecnología obsoleta. La alta productividad y los productos de alta calidad requieren factores productivos de gran calidad, entre los que deben estar buenos directores de operaciones.

Productividad y sector servicios

El sector servicios plantea un reto singular para la medición precisa de la productividad y para su mejora. El marco analítico tradicional de la teoría económica se basa principalmente en las actividades de producción de bienes. Por consiguiente, la mayor parte de los datos económicos que se publican se refieren a la producción de bienes. Pero los datos indican que, en los últimos años, como la actual economía de servicios ha aumentado de tamaño, ha habido un incremento más lento de la productividad.

Es difícil mejorar la productividad del sector servicios porque el trabajo en este sector es:

1. Normalmente intensivo en mano de obra (por ejemplo, asesoramiento, enseñanza).
2. Con frecuencia centrado en atributos o deseos individuales (por ejemplo, asesoría sobre inversiones).
3. A menudo una tarea intelectual desarrollada por profesionales (por ejemplo, un diagnóstico médico).
4. Generalmente difícil de mecanizar y automatizar (por ejemplo, un corte de pelo).
5. Habitualmente difícil de evaluar en cuanto a la calidad (por ejemplo, la actuación de un despacho de abogados).

Cuanto más intelectual y personal es una tarea, más difícil resulta conseguir un aumento de productividad. La baja productividad del sector servicios también se puede atribuir al aumento de actividades de baja productividad en ese sector. Entre éstas hay actividades que no se incluían como integrantes de la economía que se medía, tales como los servicios de guardería, la preparación de alimentos, la limpieza de la casa y el servicio de lavandería. Estas actividades se han trasladado del ámbito doméstico a la economía contabilizada en la medida en que más y más mujeres se han ido incorporando al mundo laboral. Una probable consecuencia de la inclusión de estas actividades en la contabilidad nacional ha sido una baja productividad en el sector servicios, aunque, de hecho, es probable que la productividad real haya aumentado, dado que estas actividades se ejecutan ahora mejor que antes¹¹.

Sin embargo, y a pesar de la dificultad de mejorar la productividad en el sector servicios, se han realizado mejoras. Y este texto presenta múltiples formas de hacerlo. Es más, un artículo reciente de la *Harvard Business Review* refuerza la idea de que los directivos pueden mejorar la productividad de los servicios. Los autores mantienen que “la principal razón por la que el ritmo de crecimiento de la productividad se ha estancado en el sector servicios está en la gestión”¹², y se quedan sorprendidos de lo que se puede llegar a hacer cuando la dirección presta atención a cómo se realiza el trabajo realmente.

Tocar un cuarteto para cuerda de Mozart todavía ocupa a cuatro músicos durante un mismo periodo de tiempo

¹¹ Allen Sinai y Zaharo Sofianou, “The Service Economy–Productivity Growth Issues” (CSI Washington, DC), *The Service Economy* (enero de 1992), pp. 11-16.

¹² Michael Van Biema y Bruce Greenwald, “Managing Our Way to Higher Service-Sector Productivity”, *Harvard Business Review* 75, n.º 4 (julio-agosto de 1997), p. 89. Sus conclusiones no son definitivas. La dirección *marca* realmente una diferencia.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

TACO BELL MEJORA LA PRODUCTIVIDAD PARA MEJORAR COSTES

Creada en 1962 por Glenn Bell, Taco Bell está buscando una ventaja competitiva vía costes bajos. Al igual que muchos servicios, Taco Bell recurre cada vez más a su función de operaciones para mejorar la productividad y reducir los costes.

Primero, revisó el menú y diseñó comidas que fueran fáciles de preparar. A continuación, Taco Bell desplazó una parte sustancial de la preparación de los alimentos a los proveedores dado que podrían procesarlos de modo más eficiente que un restaurante de forma individual. La carne picada se cocina ahora antes de llegar al restaurante, donde se vuelve a calentar, al igual que otros muchos platos que llegan en bolsas de plástico que se pueden hervir, ofreciendo así un recalentamiento higiénico. Análogamente, las tortillas llegan fritas y las cebollas heladas y cortadas a cuadros. Una distribución física de las instalaciones (layout) eficiente y la automatización han permitido recor-

tar hasta ocho segundos el tiempo necesario para preparar tacos y burritos. Estas mejoras se han combinado con formación y potenciación de los empleados y de esta forma poder aumentar la capacidad de gestión desde un supervisor por cada cinco restaurantes a un supervisor por cada 30 o más restaurantes.

Los directores de operaciones de Taco Bell afirman que han reducido las necesidades de mano de obra en cada restaurante en un equivalente a 15 horas al día y han reducido el espacio de trabajo necesario en más de un 50%. El resultado es que los restaurantes pueden realizar el doble del volumen de trabajo con la mitad de personal. Una dirección de operaciones eficaz ha dado lugar a incrementos de productividad que respaldan la estrategia de costes reducidos de Taco Bell. Taco Bell es ahora el líder de la comida rápida de bajo coste y tiene una cuota del 73% del mercado de comida rápida mexicana.

Fuentes: Jackie Hueter y William Swart, *Interfaces* (enero-febrero de 1998), pp. 75-91, y *Nation's Restaurant News* (15 de enero de 2001), p. 57.

Aunque la evidencia empírica indica que todos los países industrializados tienen el mismo problema con la productividad del sector servicios, Estados Unidos sigue siendo líder en productividad global y en productividad de los servicios. El comercio al por menor es dos veces más productivo en Estados Unidos que en Japón, donde la ley protege a los pequeños comerciantes ante las cadenas de supermercados baratos. La industria telefónica estadounidense es al menos dos veces más productiva que la alemana. El sistema bancario de Estados Unidos es un 33% más eficiente que los oligopolios bancarios alemanes. Sin embargo, dado que la productividad es un aspecto básico del trabajo del director de operaciones, y por ser el sector servicios tan grande, en este texto prestamos especial atención a cómo se puede mejorar la productividad en dicho sector (*véase*, por ejemplo, el recuadro de *Dirección de operaciones en acción* “Taco Bell mejora la productividad para mejorar los costes”).

ÉTICA Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

Los directores de operaciones tienen que enfrentarse a retos y cambios constantes. Los sistemas que crean para convertir recursos en bienes y servicios son complejos. El entorno físico y social cambia, así como las leyes y los valores. Estos cambios constituyen una serie de retos que derivan de las perspectivas contradictorias de los diferentes grupos de interés en la empresa, tales como clientes, distribuidores, proveedores, propietarios, acreedores y empleados. Estos grupos, así como los organismos gubernamentales a distintos niveles, exigen un seguimiento continuo y respuestas meditadas.

La identificación de respuestas éticas y socialmente responsables no siempre es evidente. Entre los muchos retos éticos a los que tienen que hacer frente los directores de operaciones cabe destacar:

- desarrollo de productos seguros y de calidad;
- mantenimiento de un entorno limpio;
- provisión de un lugar de trabajo seguro;
- cumplimiento de los compromisos con la comunidad.

Los directivos deben hacer todo esto de forma ética y socialmente responsable mientras satisfacen las demandas del mercado. Si los directores de operaciones tienen una *concienciación moral* y *prestan atención a incrementar la productividad* en un sistema en el que todas las partes interesadas tienen voz, muchos de los retos éticos se podrán resolver con éxito. La organización utilizará menos recursos, los empleados estarán comprometidos con la organización, se satisfará al mercado y la situación ética mejorará. A lo largo de este texto vamos a destacar diversas maneras en las que los directores de operaciones pueden realizar acciones éticas y socialmente responsables para superar con éxito estos retos. Observe que cada capítulo también termina con un ejercicio sobre un *dilema ético*.

RESUMEN

Las operaciones, el marketing y finanzas/contabilidad son las tres funciones básicas de toda organización. La función de operaciones crea bienes y servicios. Gran parte de los progresos de la dirección de operaciones se ha realizado durante el siglo XX, pero, desde el comienzo de los tiempos, los seres humanos han intentado mejorar su bienestar material. Los directores de operaciones son agentes clave en la batalla para la mejora de la productividad.

Sin embargo, a medida que las sociedades adquieren un mayor poder adquisitivo, una mayor parte de los recursos se dedica a los servicios. En Estados Unidos más de las tres cuartas partes de la población activa se emplea en el sector servicios. Es difícil lograr mejoras de productividad, pero los directores de operaciones son el principal vehículo para lograr estas mejoras.

TÉRMINOS CLAVE

Producción
Dirección de operaciones
Procesos de dirección
Servicios
Servicio puro
Sector servicios

Productividad
Productividad de un solo factor
Productividad de múltiples factores
Variables de la productividad
Sociedad de la información



PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 1.1

La productividad puede medirse de diversas formas: por el trabajo, el capital, la energía, el uso de materiales, etcétera. En Modern Lumber, Inc., Art Binley, presidente y productor de cajas para manzanas que se venden a los agricultores, ha sido capaz de producir, con su equipo actual, 240 cajas por cada 100 troncos. En la actualidad recibe 100 troncos al día, y se precisan 3 horas de trabajo para transformar cada tronco. Piensa

que puede contratar a un jefe de compras que adquiera troncos de mejor calidad al mismo precio. Si éste es el caso, puede aumentar la producción a 260 cajas por cada 100 troncos. Sus horas de trabajo se verán aumentadas en 8 horas diarias.

¿Cuál será el impacto en la productividad (medido en cajas por hora trabajada) si se contrata a dicho jefe de compras?

Solución

$$\begin{aligned}
 \text{(a) Productividad del trabajo actual} &= \frac{240 \text{ cajas}}{100 \text{ troncos} \times 3 \text{ horas/tronco}} \\
 &= \frac{240}{300} \\
 &= 0,8 \text{ cajas por hora trabajada}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(b) Productividad del trabajo con} &= \frac{260 \text{ cajas}}{(100 \text{ troncos} \times 3 \text{ horas/tronco}) + 8 \text{ horas}} \\
 \text{el nuevo jefe de compras} & \\
 &= \frac{260}{308} \\
 &= 0,844 \text{ cajas por hora trabajada}
 \end{aligned}$$

Utilizando la productividad actual como base [0,80 de (a)], el aumento será del 5,5% (0,844/0,8 = 1,055, o aumento del 5,5%).

Problema resuelto 1.2

Art Bintley ha decidido analizar su productividad (tomamos como referencia el Problema resuelto 1.1.) desde una perspectiva multifactorial (productividad total de los factores). Para hacerlo ha calculado su utilización de mano de obra, capital, energía y materiales, y ha decidido utilizar como denominador común dólares. Sus horas totales de mano de obra son ahora 300 por

día, y aumentarán a 308 por día. El coste del capital y de la energía se mantiene en 350 dólares y 150 dólares diarios, respectivamente. El coste de los materiales por los 100 troncos al día es de 1.000 dólares, y permanece igual. Dado que paga una media de 10 dólares a la hora (con incentivos), Binley calcula el incremento de su productividad de la siguiente forma:

Solución

	Sistema actual	Sistema con jefe de compras
Mano de obra:	300 h × 10 = 3.000\$	308 h × 10 = 3.080\$
Material:	100 troncos/día 1.000\$	1.000\$
Capital:	350\$	350\$
Energía:	<u>150\$</u>	<u>150\$</u>
Coste total:	4.500\$	4.580\$

Productividad del sistema propuesto:
 = 240 cajas/4.500 = 0,0533

Productividad del sistema propuesto:
 = 260 cajas/4.580 = 0,0568

Tomando como base la productividad actual (0,0533), el incremento será de 0,0656. Esto es, 0,0568/0,0533 = 1,066, o un aumento del 6,6%.

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice el CD-ROM del estudiante para obtener ayuda



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Problemas de autoevaluación
- Problemas para practicar
- Visita virtual a una empresa
- Ejercicios para resolver con Internet



En el CD-ROM del estudiante

- Lección en PowerPoint
- Problemas prácticos
- Videoclips y caso en vídeo
- POM para Windows



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. ¿Por qué hay que estudiar dirección de operaciones?
2. Mencione a cuatro personas que han contribuido a la teoría y a las técnicas de la dirección de operaciones.
3. Describa brevemente las contribuciones de los cuatro individuos identificados en la pregunta anterior.
4. La Figura 1.1 muestra las funciones de operaciones, finanzas/contabilidad y marketing de tres organizaciones. Dibuje un gráfico similar al de la Figura 1.1 destacando las mismas funciones para uno de los siguientes:
 - a) Un periódico
 - b) Un supermercado
 - c) La biblioteca de la facultad
 - d) Un campamento de verano
 - e) Una pequeña fábrica de joyas a medida
5. Responda a la pregunta anterior utilizando otra organización, tal vez una organización para la que haya trabajado.
6. ¿Cuáles son las tres funciones básicas de una empresa?
7. ¿Cuáles son las diez áreas de decisión de la dirección de operaciones?
8. Mencione cuatro áreas que son significativas para la mejora de la productividad del trabajo.
9. Estados Unidos, y, de hecho, gran parte del mundo, se describe como una “sociedad de la información”. ¿Cómo afecta esto a la medición de la productividad y a la comparación de la productividad entre Estados Unidos y otros países?
10. ¿Cuáles son los problemas de medición que se producen cuando se intenta medir la productividad?
11. La personalización masiva y el rápido desarrollo de productos son tendencias actuales de las modernas operaciones manufactureras. ¿Cuál es la relación, si existe alguna, entre estas tendencias? ¿Puede citar algún ejemplo?
12. ¿Cuáles son las cinco razones por las que es difícil mejorar la productividad en el sector servicios?
13. Describa algunas de las acciones que ha llevado a cabo Taco Bell para aumentar la productividad con el resultado de que la empresa puede atender “el doble del volumen con la mitad de personal”.



DILEMA ÉTICO

Las principales empresas que tienen subcontratistas extranjeros (como Ikea en Bangladesh, Unilever en la India y Nike en China) han sido criticadas, a menudo con considerable publicidad negativa, cuando se ha descubierto que hay niños de tan sólo diez años que trabajan en la fábrica del subcontratista. La respuesta habitual consiste en realizar una auditoría y aumentar los contro-

les para que no vuelva a ocurrir. En uno de estos casos se despidió a un niño de diez años. Poco después, la familia, sin la aportación que hacía el niño a los ingresos familiares, perdió su modesta casa y el niño de diez años tuvo que dedicarse a buscar metal en el basurero municipal. ¿Fue ética la decisión de contratar al niño de diez años? ¿Fue ética la decisión de despedirlo?



PROBLEMAS*

- *P** 1.1. John Lucy fabrica cajas de madera para transportar motocicletas. John y sus tres empleados invierten 40 horas al día para fabricar 120 cajas.
- ¿Cuál es su productividad?
 - John y sus empleados están rediseñando el proceso para mejorar la eficiencia. Si pueden aumentar la producción a 125 cajas al día, ¿cuál será la nueva productividad?
 - ¿Cuál será el *incremento* de la productividad?
- *P** 1.2. Riverside Metal Works fabrica válvulas de bronce en una cadena de montaje de 10 personas. En un día determinado se fabricaron 160 válvulas en un turno de ocho horas. Calcule la productividad del trabajo de la cadena de montaje.
- 1.3. Hojee *The Wall Street Journal*, la sección de economía de un periódico, o lea noticias empresariales online. Busque artículos de bienes y servicios, de productividad y de tecnología de producción. Comparta lo aprendido en un debate en el aula.
- 1.4. Como ejercicio para realizar en la biblioteca o usando Internet, revise cuál es la tasa de productividad estadounidense (incremento) del año pasado para (a) la economía nacional, (b) el sector manufacturero, y (c) el sector servicios.
- *P** 1.5. Lori fabrica “Paquetes para cuidarse durante los exámenes finales” que vende a través de la hermandad de estudiante de la facultad. Actualmente trabaja un total de cinco horas al día para producir 100 paquetes.
- ¿Cuál es su productividad?
 - Lori cree que si vuelve a diseñar el paquete podrá aumentar su productividad a 133 paquetes por día. ¿Cuál será su nueva productividad?
 - ¿Cuál será el aumento de la productividad si Lori hace el cambio?
- :P** 1.6. Eric Johnson fabrica bolas de billar en su fábrica de Nueva Inglaterra. Dados los recientes aumentos de costes, tiene un renovado interés por la eficiencia. A Eric le interesa averiguar la productividad de su organización. Querría saber si su organización está manteniendo el incremento medio de productividad del 3% que se da actualmente en las manufacturas. Tiene los siguientes datos que representan un mes del año pasado y el mismo mes de este año:

	Año pasado	Actualidad
Producción (unidades)	1.000	1.000
Mano de obra (horas)	300	275
Resina (libras)	50	45
Inversión de capital (\$)	10.000	11.000
Energía (BTU)	3.000	2.850

Muestre el cambio de productividad para cada categoría de recurso y calcule la mejora en horas de trabajo, la norma habitual para hacer comparaciones.

* **P** significa que se puede resolver el problema con el programa POM para Windows.

- :P** 1.7. Eric Johnson (utilizando los datos del Problema 1.6) calcula sus costes de la siguiente manera:
- mano de obra: 10 dólares por hora;
 - resina, 5 dólares por libra (peso);
 - capital: 1% de la inversión mensual;
 - energía: 0,50 dólares por BTU (Unidad Térmica Británica, 252 calorías/BTU).

Calcule la variación de la productividad total (multifactor), de un mes del año pasado respecto a un mes de este año, utilizando como denominador común las unidades monetarias.

- *P** 1.8. Kleen Karpel limpió 65 alfombras en octubre, consumiendo los siguientes recursos:

Mano de obra:	520 horas a 13 dólares la hora
Detergente:	100 galones a 5 litros por galón
Alquiler de la maquinaria:	20 días a 50 dólares al día

- a) ¿Cuál es la productividad por dólar?
- b) ¿Cuál es la productividad total de los factores?

- :P** 1.9. David Upton es presidente de Upton Manufacturing, un fabricante de neumáticos para Karts. Upton fabrica 1.000 neumáticos al día con los siguientes recursos:

Mano de obra:	400 horas al día a 12,5 dólares por hora
Materias primas:	20.000 libras al día a un dólar por libra
Energía:	5.000 dólares al día
Capital:	10.000 dólares al día

- a) ¿Cuál es la productividad de la mano de obra por hora de trabajo para estos neumáticos en Upton Manufacturing?
- b) ¿Cuál es la productividad total de los factores para estos neumáticos en Upton Manufacturing?
- c) ¿Cuál es la variación porcentual de la productividad total si Upton puede reducir su factura energética en 1.000 dólares sin recortar la producción ni variar ningún otro factor?

- :P** 1.10. Sawyer's, una panadería local, está preocupada por el incremento de sus costes, sobre todo el de la energía. Los valores del pasado año pueden constituir una buena estimación de los parámetros para este año. La propietaria, Judy Sawyer, no cree que las cosas hayan cambiado mucho, pero invirtió 3.000 dólares para modificar los hornos de la panadería para que su consumo de energía fuera más eficiente. Se supone que las modificaciones realizadas deberían permitir que los hornos fueran, al menos, un 15% más eficientes. Sawyer le pide que compruebe los ahorros de energía de los nuevos hornos y que revise también otras medidas de la productividad de la panadería para ver si las modificaciones han tenido buenos resultados. Tiene los siguientes datos con los que trabajar:

	Año pasado	Actualidad
Producción (docenas)	1.500	1.500
Mano de obra (horas)	350	325
Inversión de capital (\$)	15.000	18.000
Energía (BTU)	3.000	2.750

- :P 1.11.** Cunningham Performance Auto, Inc. modifica 375 automóviles al año. Su director, Peter Cunningham, está interesado en obtener una medida del rendimiento total. Le ha pedido que le dé una medición de la productividad total de los factores utilizando como referencia para las comparaciones futuras el rendimiento del año pasado. Ha recopilado los siguientes datos. Los recursos fueron: mano de obra, 10.000 horas; 500 kits de modificación de suspensiones y motores; y energía, 100.000 kilovatios-hora. El coste laboral medio del año pasado fue de 20 dólares por hora, los kits costaron 1.000 dólares cada uno, y los costes de la energía fueron de tres dólares por kilovatio-hora. ¿Qué diría al señor Cunningham?
- :P 1.12.** Lake Charles Seafood fabrica al día 500 cajas de madera para embalaje de mariscos frescos, trabajando en dos turnos de 10 horas cada uno. Debido al incremento de la demanda, los directores de la fábrica han decidido realizar tres turnos de ocho horas. La fábrica puede producir ahora 650 cajas al día. Calcule la productividad de la empresa antes y después del cambio de turnos. ¿Cuál es el incremento porcentual de la productividad?
- ⋮ 1.13.** Charles Lackey dirige una panadería en Idaho Falls, Idaho. Debido al excelente producto que elabora y a su excelente localización, la demanda aumentó un 25% el año pasado. En demasiadas ocasiones los clientes no han podido llevarse el pan que querían. Debido al tamaño de la tienda no pueden instalarse más hornos. En una reunión con el personal, uno de los empleados sugirió distintas maneras de cargar los hornos de forma diferente, de modo que se pudieran cocer más hogazas de una sola vez. Este nuevo proceso requeriría que los hornos se cargaran manualmente, por lo que se necesitaría personal adicional. Si el año pasado en ese mismo mes se cocieron en la panadería 1.500 hogazas, con una productividad laboral de 2.344 hogazas por hora de mano de obra, ¿cuántos trabajadores nuevos se necesitarían? (Dato: cada trabajador trabaja 160 horas al mes).
- ⋮ 1.14.** Tome como referencia el Problema 1.13. El sueldo será de ocho dólares por hora de empleado. Charles Lackey también puede mejorar su rendimiento comprando una nueva batidora. La nueva batidora significará un incremento en su inversión. Esta inversión adicional tiene un coste de 100 dólares al mes, pero se logrará la misma producción (un incremento de 1.875) que con el cambio en las horas de mano de obra. ¿Qué decisión es mejor?
- a)** Diga el cambio de la productividad, en hogazas por dólar, con un incremento del coste laboral (de 640 a 800 horas).
- b)** Diga la variación de la productividad si sólo se incrementa la inversión (100 dólares más al mes).
- ⋮ 1.15.** Tome como referencia los Problemas 1.13 y 1.14. Si los costes de agua, luz y fuerza continúan siendo de 500 dólares al mes, la mano de obra cuesta 8 dólares por hora, y los ingredientes siguen siendo de 0,35 dólares la hogaza, pero Charles no compra la nueva batidora, ¿cuál será la productividad de la panadería? ¿Cuál será el incremento o decremento porcentual?



PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

Véanse en nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer los problema adicionales: 1.16 y 1.17.

■ *Caso de estudio* ■

National Air Express

National Air Express es una empresa de transporte aéreo de mercancías, con oficinas a lo largo de todo Estados Unidos. Frank Smith, el director de la estación de Chattanooga (Tennessee), está preparando el informe presupuestario trimestral, que ha de presentar en la reunión regional de la zona sudeste la próxima semana. Está muy preocupado por tener que añadir gastos de capital a las operaciones cuando el negocio no ha crecido de forma notable. Éste ha sido el peor primer trimestre que puede recordar: tormentas de nieve, terremotos y heladas. Ha pedido ayuda a Martha Lewis, supervisora de servicios de zona, para ayudarle en la revisión de los datos disponibles y encontrar posibles soluciones.

Métodos de servicio

National Air ofrece un servicio aéreo de entrega rápida puerta a puerta durante la noche en los Estados Unidos. Smith y Lewis gestionan una flota de camiones para trasladar las mercancías en el área de Chattanooga. Las rutas se asignan por área, normalmente definida por límites de código postal, calles principales o por características geográficas importantes, como el río Tennessee. Las recogidas se efectúan, generalmente, entre las tres y las seis de la tarde, de lunes a viernes. Las rutas de los conductores son una combinación de paradas programadas diariamente de forma regular, y de recogidas especiales, que se producen cuando un cliente llama para que se recoja un paquete. Estas recogidas especiales se transmiten por radio a los camiones. Los encargos se hacen previamente, y las paradas se programan según el tiempo en que estará listo el paquete. Sin embargo, la mayoría de los clientes quieren que sea lo más tarde posible, pero antes de cerrar (normalmente sobre las cinco de la tarde).

Cuando el conductor llega a un punto de recogida, proporciona los materiales que sean necesarios (sobres o cajas, si se los pide el cliente), y debe recibir un impreso de destino completo por cada paquete. Dado que la industria es muy competitiva, es

absolutamente necesario que el conductor sea profesional, amable y cortés, para mantener a los clientes. Por ello, Smith quiere que los conductores no metan prisa a los clientes para que hagan sus paquetes y rellenen la documentación.

Consideraciones presupuestarias

Smith y Lewis han averiguado que durante el pasado trimestre, en numerosas ocasiones, han sido incapaces de satisfacer las solicitudes de sus clientes para recogida programada. Aunque, de media, no se da más carga de trabajo a los conductores, algunos días son incapaces de llegar a tiempo a cada lugar. Smith no cree que pueda justificar un incremento de costes de 1.200 dólares por semana para camiones y conductores adicionales cuando la productividad (medida en envíos por camión y día) se ha mantenido fija. La empresa se ha ganado la fama de ser el operador de bajo coste del sector, pero al mismo tiempo se ha comprometido a ofrecer un servicio de calidad y valor para sus clientes.

Preguntas para debatir

1. ¿Sigue siendo útil medir la productividad en envíos por camión y día? ¿Existe alguna otra alternativa mejor?
2. ¿Qué se puede hacer, si es posible hacer algo, para reducir la variabilidad diaria de las recogidas especiales? ¿Puede esperarse que un conductor esté presente en diferentes sitios a la vez a las cinco de la tarde?
3. ¿Cómo debemos medir el rendimiento de recoger un paquete? ¿Son los estándares útiles en un entorno que se ve afectado por inclemencias meteorológicas, tráfico y otras variables incontrolables? ¿Tienen otras empresas problemas similares?

Fuente: Adaptación de un caso de Phil Pugliese, bajo la supervisión de la profesora Marilyn M. Helms, de la Universidad de Tennessee en Chattanooga. Reproducido con autorización.

■ *Caso de estudio* ■

Zychol Chemicals Corporation

Bob Richards, el director de producción de Zychol Chemicals en Houston, Texas, está preparando su informe trimestral, que debe incluir un análisis de la productividad de su departamento. Utilizará, entre otras cosas, los datos de producción preparados por Sharon Walford, su analista de operaciones. El informe, que le entregó esta mañana, mostraba lo siguiente:

	2004	2005
Producción (unidades)	4.500	6.000
Materia prima utilizada (barriles de productos de petróleo)	700	900
Horas de mano de obra	22.000	28.000
Coste del capital aplicado al departamento (dólares)	375.000\$	620.000\$

Bob sabía que su coste laboral por hora había aumentado de una media de 13 dólares por hora a una media de 14 dólares por hora, debido fundamentalmente a un cambio realizado por la dirección para ser más competitivos ante una nueva empresa que acababa de inaugurar una fábrica en la zona. También sabía que su coste medio por barril de materia prima había aumentado de 320 a 360 dólares. Le preocupaba que los procedimientos contables hubieran aumentado su coste del capital

de 375.000 a 620.000 dólares, pero conversaciones anteriores con su superior le hacían pensar que no se podía hacer nada respecto a esa asignación.

Bob se preguntaba si su productividad había aumentado algo. Llamó a Sharon a su oficina y le traspasó la información anterior, pidiéndole que preparara esta parte del informe.

Preguntas para el debate

1. Prepare la parte sobre productividad del informe del señor Richards. Probablemente espera algún análisis de productividad para cada uno de los factores, así como un análisis de la productividad total para ambos años con la variación de la productividad (incremento o decremento) y la magnitud total.
2. El índice de precios de producción ha aumentado de 120 a 125, y este hecho parece indicar al señor Richards que sus costes eran demasiado elevados. ¿Qué le comenta sobre las repercusiones de este cambio del índice de precios de producción?
3. La expectativa que tiene la dirección para departamentos como el del señor Richards es de un incremento anual de la productividad del 5%. ¿Alcanzó esta meta?

Fuente: Profesor Hank Maddux III, Sam Houston State University.



Caso de estudio en vídeo

Hard Rock Café: dirección de operaciones en los servicios

En sus 35 años de existencia, Hard Rock ha pasado de ser un pequeño bar de Londres convertirse en una potencia global que gestiona 110 cafeterías, cinco hoteles, casinos, locales de música en directo y un importante concierto anual llamado Rockfest. Esto posiciona

de manera firme a Hard Rock en la industria de los servicios, un sector que emplea a más del 75% de la población activa de Estados Unidos. Hard Rock trasladó su sede mundial a Orlando, Florida, en 1988, y se ha expandido hasta estar en más de 40 lugares de Estados Unidos, sirviendo más de 100.000 comidas todos los días. Los cocineros de Hard Rock están modificando el menú del tradicional menú americano (hamburguesas y

alitas de pollo) para incluir artículos de gran calidad como chuletas de ternera rellenas y cola de langosta. Igual que los gustos por la música cambian con el tiempo, también cambia Hard Rock Café, con nuevos menús, disposición física de las cafeterías, artículos de coleccionista, servicios y estrategias.

En los Universal Studios de Orlando, un destino turístico tradicional, Hard Rock Café sirve más de 3.500 comidas todos los días. La cafetería tiene unos 400 empleados. La mayoría trabaja en el restaurante, pero algunos trabajan en la tienda. La tienda es ahora una característica habitual y cada vez más importante de las cafeterías de Hard Rock (puesto que casi el 48% de los ingresos proviene de la tienda). Los empleados de una cafetería comprenden al personal de cocina y camareros, azafatas y empleados de barra. Los empleados de Hard Rock no sólo tienen una gran competencia en sus cualificaciones profesionales, sino que también muestran pasión por la música y tienen una personalidad encantadora. El personal de la cafetería tiene un horario programado por periodos de 15 minutos para satisfacer la variación estacional y diaria de la demanda en el turístico entorno de Orlando. Se realizan encuestas de forma habitual para evaluar la calidad de la comida y el servicio en la cafetería. La puntuación se hace en una escala de 1 a 7 y, si la puntuación obtenida no es de siete, la comida o el servicio ha sido deficiente.

Hard Rock está añadiendo un nuevo énfasis en la música en vivo y está volviendo a diseñar sus restaurantes para tener en cuenta el cambio de los gustos. Desde que Eric Clapton colgó su guitarra en la pared

para marcar su taburete favorito en el bar, Hard Rock se ha convertido en el coleccionista y exhibidor líder mundial de objetos de interés del mundo del rock and roll, cambiando periódicamente las exposiciones de las cafeterías que tiene por todo el mundo. La colección incluye miles de artículos, valorados por un importe total de 40 millones de dólares. Para estar al día, la cadena Hard Rock también tiene un sitio web, www.hardrock.com, que recibe más de 100.000 visitas por semana, y un programa semanal en la televisión por cable VH-1. El reconocimiento de la marca Hard Rock alcanza el 92%, uno de los más altos del mundo.

Preguntas para el debate*

1. De lo que sabe de restaurantes, del vídeo, del *perfil de una empresa global* que abre este capítulo, y del propio caso de estudio, identifique cómo se aplica cada una de las 10 decisiones de dirección de operaciones al caso de Hard Rock Café.
2. ¿Cómo calcularía la productividad del personal de cocina y de los camareros de Hard Rock?
3. ¿En qué difieren las 10 decisiones de dirección de operaciones cuando se refieren al director de operaciones de un servicio como Hard Rock frente a una empresa de automóviles como Ford Motor Co.?

* Puede que quiera ver el caso de vídeo en su CD-ROM antes de responder a estas preguntas.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

■ CASO DE ESTUDIO ADICIONAL ■

Harvard ha seleccionado este caso del Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Taco Bell Corp.** (#692-058): Ilustra el poder de una reflexión innovadora en una industria de servicios.



BIBLIOGRAFÍA

- Deo, Balbinder S., y Doug Strong, "Cost: The Ultimate Measure of Productivity", *Industrial Management* 42, n.º 3 (mayo-junio 2000), pp. 20-23.
- Dewan, Sanjeev, "Information Technology and Productivity: Evidence from Country-Level Data", *Management Science* 46, n.º 4 (April 2000), pp. 548-562.
- Drucker, Peter, "The New Productivity Challenge", *Harvard Business Review* 69, n.º 6 (noviembre-diciembre 1991): p. 69.
- Hounshell, D. A., *From the American System to Mass Production 1800-1932: The Development of Manufacturing*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1985.
- Lewis, William W., *The Power of Productivity*, Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- Taylor, F. W., *The Principles of Scientific Management*. New York: Harper & Brothers, 1911.
- van Biema, Michael, y Bruce Greenwald, "Managing Our Way to Higher Service-Sector Productivity", *Harvard Business Review* 75, n.º 4 (julio-agosto 1997), pp. 87-95.
- Wrege, C. D., *Frederick W. Taylor, the Father of Scientific Management: Myth and Reality*, Homewood, IL: Business One Irwin, 1991.



RECURSOS EN INTERNET

- American Productivity and Quality Center: <http://www.apqc.org/>
- American Statistical Association (ASA) offers business and economics DataLinks, a searchable index of statistical data: <http://www.econ-datalinks.org/>
- Economics and Statistics Administration: <http://www.esa.doc.gov>
- Federal Statistics: <http://www.fedstats.gov>
- F. W. Taylor Collection at the Stevens Institute of Technology: <http://attila.stevens-tech.edu/~rdowns/>
- U.S. Bureau of Labor Statistics: <http://stats.bls.gov/>
- U.S. Census Bureau: <http://www.census.gov>

ESTRATEGIA DE OPERACIONES EN UN ENTORNO GLOBAL

2

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: BOEING

UNA VISIÓN GLOBAL DE LAS OPERACIONES

Cuestiones éticas y culturales

DESARROLLO DE MISIONES Y ESTRATEGIAS

Misión
Estrategia

CÓMO LOGRAR VENTAJA COMPETITIVA MEDIANTE LAS OPERACIONES

Competencia mediante la
diferenciación
Competencia en coste
Competencia en respuesta

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE DIRECCIÓN DE OPERACIONES

CUESTIONES RELATIVAS A LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

Investigación
Requisitos previos
Dinámica

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Identificación de los factores críticos
del éxito

Crear la organización y dotarla
de personal
Integrar la dirección de operaciones
con otras actividades

OPCIONES DE ESTRATEGIA PARA LAS OPERACIONES GLOBALES

Estrategia internacional
Estrategia multinacional
Estrategia global
Estrategia transnacional

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMA RESUELTO

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM
DEL ALUMNO

PREGUNTAS PARA EL DEBATE

DILEMA ÉTICO

PROBLEMAS

CASO DE ESTUDIO: MINIT-LUBE, INC.;
LA ESTRATEGIA EN REGAL MARINE

CASO DE ESTUDIO EN VÍDEO: LA ESTRATEGIA
GLOBAL DE HARD ROCK CAFÉ

CASO DE ESTUDIO ADICIONAL

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

*Cuando haya
completado este
capítulo, deberá ser
capaz de:*

Identificar o definir:

Misión
Estrategia
Diez decisiones de
dirección de
operaciones
Corporación
multinacional

Describir o explicar:

Enfoques específicos
utilizados por la
dirección de
operaciones para
lograr estrategias
Diferenciación
Bajo coste
Respuesta
Cuatro estrategias de
operaciones globales
Por qué son
importantes las
cuestiones globales



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: BOEING

La estrategia global de Boeing genera una ventaja competitiva

Con el diseño de vanguardia del 787, un interior más espacioso y proveedores globales, Boeing está consiguiendo ventas en todo el mundo.

La tecnología de colaboración de Boeing permite un “espacio de trabajo virtual” que permite que los ingenieros del 787, incluidos sus socios en Australia, Japón, Italia, Canadá y todo Estados Unidos, hagan cambios de diseño simultáneamente en tiempo real. Diseñar, ensamblar y probar el 787 digitalmente antes de la producción reduce los errores de diseño y mejora la eficiencia de la producción.

Los componentes de la cadena de suministros mundial de Boeing se reúnen en la cadena de montaje de Everett, Washington. Aunque los componentes provienen de todas las partes del mundo, aproximadamente el 35% de la estructura del 787 proviene de las empresas japonesas Fuji, Kawasaki y Mitsubishi.

Partes ya montadas del 787 se construyen en todo el mundo y se envían a Boeing para su ensamblaje final.

La estrategia del 787 Dreamliner de Boeing es única, tanto desde un punto de vista global como desde un punto de vista de ingeniería.

El Dreamliner incorpora muchas de las últimas tecnologías de la industria aeroespacial, desde el diseño del armazón y del motor del avión, hasta laminados superligeros de grafito de titanio, fibra de carbón y epoxi, y compuestos. Otra innovación es el sistema de supervisión electrónico que permite que el aeroplano envíe necesidades de mantenimiento a sistemas informáticos en tierra. Boeing también está trabajando con General Electric y Rolls-Royce para desarrollar motores más eficientes. Los avances esperados en tecnología de motores contribuirán con hasta un 8% de mayor eficiencia de combustible/carga del nuevo aeroplano, lo que representa un salto de casi dos generaciones en tecnología.

Este Boeing 787 de última tecnología también es global. Liderado por Boeing desde sus instalaciones de Everett, Washington, un equipo internacional de empresas del sector aeroespacial desarrolló el avión. Nuevas tecnologías, nuevo diseño, nuevos procesos productivos y proveedores internacionales comprometidos y dedicados están ayudando a Boeing y a sus socios a lograr niveles de rendimiento sin precedentes en diseño, fabricación y operaciones.

El 787 es global, con un alcance de más de 13.000 kilómetros. Y es global porque se está fabricando en diferentes lugares del mundo. Con un enorme riesgo financiero de más de 5.000 millones de dólares, Boeing necesitaba socios. El carácter global, tanto de la tecnología como del mercado de aviones, requiere desarrolladores y proveedores excepcionales, y hay que encontrarlos dondequiera que estén. También implica que hay que encontrar a empresas dispuestas a dar un paso más y asumir el riesgo que lleva asociado un nuevo producto muy caro. Estos socios no sólo se reparten el riesgo sino que también tienen un compromiso con el proyecto. Los países que participan en el 787 tienen más probabilidades de comprar aviones a Boeing que a su competidor europeo, Airbus Industries.

Boeing se ha aliado con más de 20 proveedores internacionales de sistemas para desarrollar tecnologías y diseñar conceptos para el 787. Boeing tiene sus socios del 787 en más de una docena de países; en la tabla adjunta se muestran algunos.

Las empresas japonesas Toray, Teijin Seiki, Fuji, Kawasaki y Mitsubishi están produciendo un 35% del proyecto, proporcionando secciones completas del fuselaje. Alenia Aeronautica de Italia está construyendo un 10% adicional del avión.

Muchas empresas estadounidenses, entre las que se encuentran Crane Aerospace, Fairchild Controls, Goodrich, General Dynamics, Hamilton Sundstrand, Honeywell, Moog, Parker Hannifin, Rockwell Collins,

Algunos proveedores internacionales de componentes del Boeing 787

Latecoere	Francia	Puertas de pasajeros
Labinel	Francia	Cableado
Dassault	Francia	Diseño y software PLM
Messier-Bugatti	Francia	Frenos eléctricos
Thales	Francia	Sistema de conversión de la energía eléctrica y visualizador de vuelo de emergencia integrado
Messier-Dowty	Francia	Estructura de equipo de aterrizaje
Diehl	Alemania	Iluminación interior
FR-HiTemp	Reino Unido	Válvulas y bombas de combustible
Rolls Royce	Reino Unido	Motores
Smiths Aerospace	Reino Unido	Sistema informático central
BAE SYSTEMS	Reino Unido	Electrónica
Alenia Aeronautica	Italia	Fuselaje central superior y estabilizador horizontal
Toray Industries	Japón	Fibra de carbón para las alas y la cola
Fuji Heavy Industries	Japón	Caja central de las alas
Kawasaki Heavy Industries	Japón	Fuselaje delantero, secciones fijas de las alas, ruedas de aterrizaje
Teijin Seiki	Japón	Elementos hidráulicos
Mitsubishi Heavy Industries	Japón	Caja de las alas
Chengdu Aircraft Group	China	Timón
Hafei Aviation	China	Componentes

Vought Aircraft y Triumph Group también son proveedores. Boeing espera que del 70 al 80% del avión sea construido por otras empresas. E incluso parte de lo que construirá Boeing se fabricará en instalaciones de Boeing fuera de Estados Unidos, en Australia y Canadá.

El Dreamliner global será eficiente, tendrá un alcance global, y estará fabricado con componentes provenientes de todo el mundo. El resultado: un avión con tecnología de vanguardia que refleja el carácter global de los negocios del siglo XXI.

El director de operaciones de hoy en día debe tener una perspectiva global de la estrategia de operaciones. El rápido crecimiento del comercio mundial y de mercados emergentes como China o Europa del Este significa que muchas organizaciones deben ampliar sus operaciones globalmente. La fabricación de un producto en Estados Unidos y su exportación al resto del mundo ya no es garantía de éxito; ni siquiera de supervivencia. Existen nuevos estándares de competitividad mundial como calidad, variedad, personalización, rapidez, puntualidad y coste. Esta globalización de la estrategia contribuye a la eficacia, y añade valor a los productos y servicios ofrecidos al mundo, pero a su vez complica el trabajo de los directores de operaciones.

Hoy en día, las empresas responden al entorno global con estrategias y velocidades tales que habrían resultado inauditas en el pasado. Por ejemplo:

- Boeing es competitiva porque tanto sus ventas como su producción tienen ámbito mundial.
- La italiana Benetton lleva su producción a sus tiendas de todo el mundo más rápidamente que sus competidores, debido a la flexibilidad que impone en el diseño, producción y distribución.
- Sony adquiere componentes de suministradores en Tailandia, Malasia, y en todo el mundo, para el ensamblaje de sus productos electrónicos.
- Volvo, que se consideraba una empresa sueca, está controlada por una empresa estadounidense, Ford. Pero el actual Volvo S40 está construido en Bélgica en una plataforma compartida con el Mazda3 (construido en Japón) y el Ford Focus (que se construye y vende en Europa).

"Ninguna gran civilización se ha desarrollado en aislamiento".

Thomas Sewell

- Haier (pronunciado “jayer”) de China está produciendo ahora neveras compactas (tiene la tercera parte del mercado estadounidense) y armarios refrigerados para vino (con la mitad del mercado estadounidense) en Carolina del Sur.

Las oportunidades del entorno global suelen resultar atractivas, pero el director de operaciones debe ser consciente de que también surgen barreras. La complejidad, el riesgo y la competencia se intensifican; las empresas deben tener en cuenta esos factores¹.

UNA VISIÓN GLOBAL DE LAS OPERACIONES

Existen muchas razones por las que las operaciones de los negocios nacionales deciden cambiar a alguna forma de operación internacional. Este cambio puede verse como un continuo que va desde razones tangibles a razones intangibles (véase la Figura 2.1). Veamos, por partes, cada una de las seis razones mencionadas en la Figura 2.1.

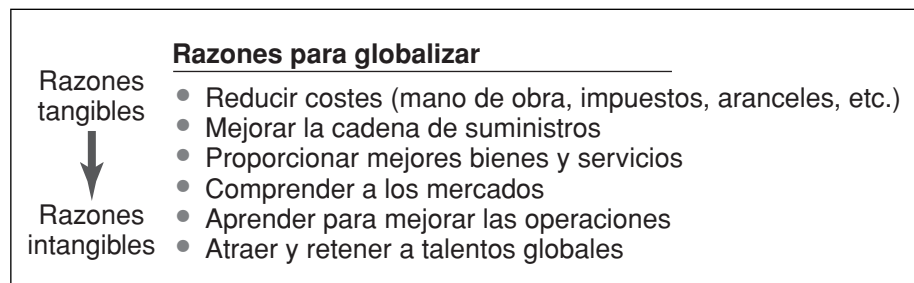
Reducir costes Muchas operaciones internacionales buscan aprovechar oportunidades tangibles para reducir sus costes. Las localizaciones en el extranjero con salarios más bajos pueden contribuir a disminuir tanto los costes directos como los indirectos (véase el recuadro de *dirección de operaciones en acción*, “U.S. Cartoon Production se encuentra como en casa en Manila”). Regulaciones gubernamentales menos rigurosas en una amplia variedad de prácticas operativas (por ejemplo, control medioambiental, salud y seguridad, etcétera) permiten reducir costes. Las operaciones en el extranjero también se ven alentadas por las oportunidades de recortar el coste de impuestos y aranceles. En México la creación de las **maquiladoras** (zonas de libre comercio) permite a los fabricantes recortar sus costes de impuestos pagando sólo sobre el valor añadido por los trabajadores mexicanos. Si un fabricante de Estados Unidos, como IBM, lleva una computadora de 500 dólares a una operación maquiladora para realizar un montaje cuyos coste sea de 25 dólares, los derechos arancelarios sólo se cargarán sobre los 25 dólares de trabajo efectuado en México.

El traslado a otros países de los trabajos poco especializados presenta diferentes ventajas potenciales. La primera, y más obvia, es que la empresa puede reducir costes. En segundo lugar, trasladando las tareas de menor especialización a localizaciones con costes más bajos, se liberan los operarios mejor pagados para emplearlos en tareas más valiosas. En tercer lugar, la reducción de los costes salariales permite invertir los ahorros en mejorar los productos y las instalaciones (y, si es necesario, en la nueva formación de los trabajadores existentes) en la localización propia. El impacto de este planteamiento se destaca en el recuadro de *dirección de operaciones en acción*, “Una perspectiva global proporciona ventaja competitiva”.

Maquiladoras

Fábricas mexicanas situadas a lo largo de la frontera entre Estados Unidos y México que reciben tratamiento arancelario preferente.

FIGURA 2.1 ■
Razones para globalizar las operaciones



¹ Véase el análisis correspondiente en Pankaj Ghemawat, “Distance Still Matters”, *Harvard Business Review* 79, n.º 8 (septiembre de 2001), pp. 137-147.

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

U.S. CARTOON PRODUCTION SE ENCUENTRA COMO EN CASA EN MANILA

Pedro Picapiedra no es de Piedradura. Realmente es de Manila, capital de Filipinas. También son de allí Tom y Jerry, Aladino y el Pato Donald. Más del 90% de los dibujos animados de la televisión norteamericana se produce en Asia, siendo Filipinas el lugar más destacado. Con la principal ventaja del inglés como lengua oficial y una fuerte familiarización con la cultura estadounidense, las empresas de dibujos animados de Manila emplean actualmente a más de 1.700 personas. Los filipinos piensan a la

manera occidental, y, como dice Bill Dennis, un ejecutivo de Hanna Barbera, "se necesita tener un grupo de artistas que pueda comprender el sentido del humor que tenemos".

Los principales estudios (como Disney, Marvel, Warner Brothers y Hanna Barbera) envían a Filipinas bocetos de dibujos animados y bandas sonoras. Los artistas dibujan, pintan y filman cerca de 20.000 imágenes para un episodio de 30 minutos. El coste de 130.000 dólares para producir un episodio en Filipinas no tiene comparación con los 160.000 dólares de Corea o los 500.000 dólares de Estados Unidos.

Fuentes: New York Times (26 de febrero de 2004), A29, y Variety (7-13 de enero de 2002), 43.

Los acuerdos comerciales también han ayudado a reducir aranceles, con lo que se reducen los costes de las plantas que producen en los países extranjeros. La **Organización Mundial del Comercio (OMC/WTO)** ha ayudado a reducir los aranceles desde un 40% en 1940 hasta menos de un 3% en la actualidad. Otro acuerdo de comercio importante es el **Acuerdo de Libre Comercio de Norteamérica (ALCNA/NAFTA)**. El ALCNA/NAFTA busca eliminar sucesivamente todos los aranceles y barreras comerciales entre Canadá, México y Estados Unidos. Otros acuerdos comerciales que han acelerado el comercio mundial son el APEC (países bañados por el Pacífico), SEATO (Australia, Nue-

Organización Mundial del Comercio (OMC) (WTO)

Es una organización internacional que ayuda a promover el comercio mundial eliminando barreras y permitiendo el libre flujo de productos a través de las fronteras.

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

UNA PERSPECTIVA GLOBAL PROPORCIONA VENTAJA COMPETITIVA

Aerovox Inc., que se encuentra ubicada en New Bedford, Massachusetts, estaba al borde de la quiebra cuando trasladó 300 de sus 700 operarios a Juárez, México. Los condensadores de 2 dólares que Aerovox fabricaba en New Bedford almacenan carga eléctrica para electrodomésticos tales como, por ejemplo, los frigoríficos. Aerovox transformó este ruinoso negocio de condensadores de escaso margen de beneficio en un negocio con beneficios al trasladarse a Juárez. Las ganancias de este negocio permitieron a la empresa realizar dos adquisiciones, una en Huntsville, Alabama, y otra en el Reino Unido. A su vez, estas adquisiciones permitieron a Aerovox desarrollar productos más sofisticados y actualizar sus equipos para producirlos. Los empleados estadounidenses de Aerovox fabrican ahora componentes diseñados a medida para desfibriladores portátiles. Estos componentes tienen un precio de venta

que va desde los 30 dólares hasta 5.000 dólares por unidad. Hoy en día, Aerovox tiene 1.600 empleados en todo el mundo y sus ventas se han duplicado con creces.

Con una perspectiva global ligeramente distinta, Dana Corp, con sede en Toledo, Ohio, emprendió una *joint venture* con Cardanes, S. A., para producir transmisiones de camiones en Querétaro, México. Entonces, Dana cambió la ocupación de 288 empleados de la planta estadounidense de Jonesboro, Arkansas: de fabricar transmisiones para camiones, apenas cubriendo gastos, pasaron a fabricar ejes, obteniendo así beneficios. La productividad subió en Jonesboro y la *joint venture* de México está dando dinero. Tanto los empleados de Jonesboro como los de Querétaro, así como los accionistas, progresan gracias al cambio.

Las organizaciones innovadoras, como Aerovox y Dana, emplean una perspectiva global para ser más eficaces, lo que les permite desarrollar nuevos productos, reconvertir a sus empleados, e invertir en nuevas plantas y equipos.

Fuentes: The Wall Street Journal (15 de noviembre de 1999), A28; Quality Progress (septiembre de 2001) y www.dana.com/news.

ALCNA (NAFTA)

Es un acuerdo de libre comercio entre Canadá, México y Estados Unidos.

Unión Europea (UE)

La UE tiene 25 Estados miembros.

va Zelanda, Japón, Hong Kong, Corea del Sur, Nueva Guinea y Chile) y MERCOSUR (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay).

Otra zona de libre comercio es la **Unión Europea (UE)**². La Unión Europea ha reducido las barreras comerciales entre los países europeos miembros mediante la normalización y una moneda común, el euro. Sin embargo, este importante socio comercial de Estados Unidos, con 380 millones de habitantes, también impone algunas de las condiciones más restrictivas del mundo para los productos que se venden en la UE. Todo, desde las normas sobre reciclaje de los parachoques de los automóviles hasta los productos agrarios sin hormonas, debe cumplir las normas de la UE, lo que complica el comercio internacional.

Mejorar la cadena de suministros A menudo es posible mejorar la cadena de suministros situando las instalaciones en los países en los que existen recursos únicos. Estos recursos pueden ser experiencia y conocimientos, mano de obra o materias primas. Por ejemplo, los estudios de diseño de automóviles de todo el mundo están emigrando a la meca del automóvil en el Sur de California, para garantizarse el disponer de la experiencia y conocimientos en el actual diseño de automóviles. Análogamente, la producción mundial de calzado deportivo ha emigrado desde Corea del Sur a Guangzhou, en China: esta ubicación presenta la ventaja del bajo coste laboral y la competencia en la producción en una ciudad donde 40.000 personas trabajan fabricando calzado deportivo para todo el mundo. Y un fabricante de esencias de perfume necesita tener presencia en Grasse, Francia, donde se preparan muchas de las esencias de perfume del mundo a partir de las flores del Mediterráneo.

Proporcionar mejores bienes y servicios Aunque las características de los bienes y servicios pueden ser objetivas y cuantificables (por ejemplo, número de entregas realizadas puntualmente), también pueden ser subjetivas y menos cuantificables (por ejemplo, la sensibilidad a la cultura). Se necesita un conocimiento aún mejor de las diferencias culturales y de la forma en que se hacen los negocios en los distintos países. La mejora de este conocimiento como resultado de una presencia local permite a las empresas adaptar productos y servicios para satisfacer las particulares necesidades culturales de los mercados extranjeros.

Otra razón para recurrir a las operaciones internacionales es reducir el tiempo de respuesta para satisfacer las cambiantes necesidades de productos y servicios de los clientes. Los clientes que compran bienes y servicios de las empresas de Estados Unidos están situados en países extranjeros cada vez más. Suministrarles con un servicio rápido y adecuado se logra y mejora normalmente ubicando las instalaciones en sus propios países.

Comprender a los mercados Como las operaciones internacionales obligan a interrelacionarse con clientes, proveedores y empresas competidoras extranjeras, las empresas internacionales se dan cuenta de la existencia oportunidades para productos y servicios. Europa lideró el campo de las innovaciones en telefonía móvil (celulares), y ahora son los japoneses los que lo lideran con las últimas modas de teléfonos móviles. El conocimiento de los mercados no sólo puede contribuir a aumentar las ventas, sino que también permite a las organizaciones diversificar su clientela, añadir flexibilidad a la producción, y suavizar el ciclo de negocio.

Otra razón para entrar en los mercados extranjeros es la oportunidad para ampliar el *ciclo de vida* de un producto existente (es decir, etapas por las que pasa un producto; véase

² Los 25 miembros de la Unión Europea (UE) en 2006 eran Austria, Bélgica, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Francia, Finlandia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Holanda, Portugal, Polonia, Eslovenia, España, Suecia y Reino Unido. No todos comparten el euro.

el Capítulo 5). Aunque algunos productos en los Estados Unidos están en la etapa de “madurez” de su ciclo de vida, pueden estar en la etapa de introducción de su ciclo de vida en países menos desarrollados. Por ejemplo, el mercado estadounidense de PC puede considerarse como un “mercado maduro”, pero en muchos países en desarrollo como Albania, China, y Birmania podemos decir que todavía se encuentra en una etapa “de introducción”.

Aprender para mejorar las operaciones El aprendizaje no se da en el aislamiento. Las empresas son útiles a sí mismas y para sus clientes cuando están abiertas al libre flujo de ideas. Por ejemplo, General Motors descubrió que podía mejorar sus operaciones construyendo y dirigiendo con los japoneses una planta de montaje en San José, California. Esta estrategia permitió a GM contribuir con capital y con sus conocimientos de las leyes laborales y medioambientales de Estados Unidos, mientras que los japoneses contribuyeron con ideas sobre producción e inventario. GM utilizó también a sus empleados y a expertos japoneses para que le ayudaran en el diseño de la planta estadounidense de fabricación del modelo Saturn, basándose en las ideas japonesas sobre producción. Análogamente, los directores de operaciones han perfeccionado equipos y layout aprendiendo de la competencia de los escandinavos en materia de ergonomía.

Atraer y retener a talentos globales Las organizaciones globales pueden atraer y retener a los mejores empleados al ofrecerles más oportunidades de empleo. Necesitan gente en cualquier parte del mundo en todas las áreas funcionales y de conocimiento. Las empresas globales pueden reclutar y retener a los mejores empleados porque proporcionan a la vez mayores oportunidades de promoción y mayor protección frente al desempleo durante los periodos de recesión. Durante periodos de recesión económica en un país o continente, una empresa global tiene posibilidad de recolocar al personal innecesario en localizaciones más prósperas. Las organizaciones mundiales también significan un incentivo para aquellos a los que les gusta viajar o ir de vacaciones a países extranjeros.

Así, para resumir la Figura 2.1, alcanzar con éxito una ventaja competitiva en nuestro cada vez más pequeño mundo significa maximizar todas las posibles oportunidades, tangibles e intangibles, que las operaciones internacionales puedan ofrecer.

Cuestiones éticas y culturales

Uno de los grandes retos a medida que las operaciones se hacen globales consiste en conciliar las diferencias en el comportamiento social y cultural. Con aspectos que van desde los sobornos y el trabajo infantil hasta los problemas ecológicos, los directivos no saben, a veces, cómo tienen que responder cuando están en una cultura distinta. Lo que resulta aceptable para la cultura de un país puede ser inaceptable, o ilegal, en otros.

En la última década, se han puesto en práctica cambios en leyes, convenios y códigos deontológicos internacionales para definir el comportamiento ético de los directivos en todo el mundo. Por ejemplo, la Organización Mundial del Comercio ayuda en la homogeneización de la protección a gobiernos e industrias ante empresas extranjeras que tienen un comportamiento poco ético. Incluso en aquellas cuestiones en que existen diferencias significativas entre culturas, como en lo que respecta a los sobornos o a la protección de la propiedad intelectual, la uniformidad global está siendo aceptada lentamente por la mayoría de los países.

A pesar de las diferencias éticas y culturales, vivimos en un periodo de extraordinaria movilidad del capital, información, bienes e incluso personas. Podemos esperar que esta movilidad prosiga. El sector financiero, el de las telecomunicaciones y las infraestructuras logísticas del mundo son instituciones en buena forma que fomentan la utilización eficaz

La globalización puede llevarnos a la fábrica flotante: Un equipo de seis personas lleva a una fábrica de un puerto a otro puerto para obtener el mejor mercado, material, mano de obra y ventajas fiscales.

La industria de los servicios, por medio de centros turísticos flotantes (un crucero), ya proporciona un buen ejemplo.

“La ética del mercado mundial es muy clara. Los fabricantes irán allí donde sea más barato o más conveniente para sus intereses”.

Carlos Arias Macelli,
propietario de una
fábrica de Guatemala
que es proveedora de
JCPenney

y eficiente del capital, la información y los bienes. La globalización, con todas sus oportunidades y riesgos, está aquí para quedarse. Debe ser aceptada y tenida en cuenta por los directivos al definir sus misiones y estrategias.

DESARROLLO DE MISIONES Y ESTRATEGIAS

Un acción eficaz de dirección de operaciones debe tener una *misión*, es decir, saber adónde se va, y una *estrategia*, es decir, saber cómo llegar hasta allí. Así es tanto en una organización pequeña o nacional como en una gran organización internacional.

Misión

El éxito económico, e incluso la supervivencia, son el resultado de definir misiones para satisfacer las necesidades y deseos del mercado. Definimos como **misión** de la organización su razón de ser, lo que aportará a la sociedad. La definición de una misión proporciona límites y enfoque para una organización y el concepto en torno al cual se cohesiona la empresa. La misión expresa la razón de existencia de la organización. Es difícil desarrollar una buena estrategia, pero se hace más fácil si se ha definido bien la misión. La Figura 2.2 proporciona ejemplos de definición de misiones.

Misión

La finalidad o razón de ser de la organización.

FIGURA 2.2 ■ Definición de misiones en cuatro organizaciones

Fuente: Informes anuales: Cortesía de Merck y FedEx. Hard Rock Café: *Manual del empleado*, 2001, p. 3; Arnold Palmer Hospital.

FedEx
En FedEx tenemos un compromiso con nuestra filosofía de "personas-servicios-beneficios". Produciremos importantes rendimientos financieros transportando de forma fiable, competitiva, a cualquier parte del mundo, por tierra o aire, bienes y documentos prioritarios que requieren una entrega rápida y en un plazo determinado. Igual de importante es que el control eficaz de cada paquete se realizará utilizando sistemas electrónicos en tiempo real de seguimiento y localización. Al requerir el pago, se presentará un registro completo de cada envío y entrega. Seremos amables, educados y profesionales, tanto en nuestro trato interno como con el público. Nos esforzaremos para que el cliente esté totalmente satisfecho después de cada transacción.
Merck
La misión de Merck es proporcionar a la sociedad productos y servicios inmejorables (innovaciones y soluciones que mejoren la calidad de vida de nuestros clientes y satisfagan sus necesidades), proporcionar a nuestros empleados un trabajo valioso y con sentido, con oportunidades de progresar, y dar a los inversores una alta tasa de rentabilidad.
Hard Rock Café
Nuestra misión: divulgar el espíritu del rock'n'roll ofreciendo una experiencia de ocio y comida excepcional. Tenemos el compromiso de ser un miembro importante y participativo en nuestra comunidad, y de ofrecer a la familia Hard Rock un entorno laboral divertido, sano y enriquecedor al mismo tiempo que aseguramos nuestro éxito a largo plazo.
Arnold Palmer Hospital
Arnold Palmer Hospital es un entorno sanitario que ofrece una atención centrada en la familia con humanidad, comodidad y respeto... cuando más falta hace.

Una vez que una organización ha decidido su misión, cada área funcional de la empresa determina su misión de apoyo. Por área funcional entendemos las secciones principales de una empresa, como marketing, finanzas/contabilidad y producción/operaciones. Las misiones de cada función, se desarrollan para respaldar a la misión general de la empresa. Luego, dentro de cada función se establecen misiones de apoyo de menor nivel para las funciones de dirección de operaciones. La Figura 2.3 establece una jerarquía de misiones.

Ejemplo de misión de empresa	
Producir y proporcionar un servicio de comunicaciones por microondas (telefonía móvil) a nivel mundial, innovador, en crecimiento y rentable, que supere las expectativas de nuestros clientes.	
Ejemplo de misión para la dirección de operaciones	
Producir productos acordes con la misión de la empresa en cuanto fabricante mundial de bajo coste.	
Ejemplo de misiones de los departamentos de dirección de operaciones	
Diseño del producto	Diseñar y producir productos y servicios de calidad extraordinaria y valor intrínseco para el cliente.
Diseño de la calidad	Alcanzar una calidad excepcional, consecuente con la misión de la empresa y los objetivos del marketing, mediante una especial atención al diseño, los suministros, la producción y a las oportunidades de servicio sobre el terreno.
Diseño del proceso	Decidir y diseñar o fabricar el proceso de producción y el equipo compatible con producto de bajo coste, alta calidad y una buena calidad del entorno de trabajo con un coste económico.
Localización	Ubicar, diseñar y construir instalaciones económicas y eficientes que proporcionen un gran valor a la empresa, a sus empleados y a la comunidad.
Diseño de la instalación	Conseguir, mediante habilidades y competencias, imaginación y creatividad en el diseño del layout y de los métodos de trabajo, una producción eficaz y eficiente, manteniendo al mismo tiempo una gran calidad en el entorno laboral.
Recursos humanos	Proporcionar un entorno de trabajo de gran calidad, con puestos de trabajo bien diseñados, seguros y gratificantes, un empleo estable y un salario equitativo, a cambio de una excelente contribución individual de los empleados, a todos los niveles.
Dirección de la cadena de suministros	Cooperar con los proveedores para desarrollar productos innovadores a partir de fuentes de suministro estables, eficaces y eficientes.
Inventario	Lograr una baja inversión en inventarios, compatible con un buen servicio al cliente y una alta utilización de las instalaciones.
Programación	Alcanzar altos niveles de rendimiento y de entrega puntual al cliente mediante una programación eficaz.
Mantenimiento	Conseguir una alta utilización de las instalaciones y equipos, mediante un mantenimiento preventivo eficaz y una rápida reparación de aquéllos.

FIGURA 2.3 ■
Ejemplo de misiones para una empresa, la función de operaciones y los principales departamentos de la función de operaciones

Estrategia

Cómo espera una organización cumplir sus misiones y objetivos.



Vídeo 2.1

Estrategia de operaciones en Regal Marine

Ventaja competitiva

Tener una ventaja especial sobre los competidores.

Estrategia

Cuando se ha establecido la misión, entonces puede definirse la estrategia y su implementación. La **estrategia** es un plan de acción de la organización para alcanzar su misión. Cada área funcional tiene su estrategia para cumplir su misión y ayudar a la organización a alcanzar la misión global. Las estrategias sacan provecho de las oportunidades y de las fortalezas, neutralizan los peligros y evitan las debilidades. En las siguientes secciones describiremos cómo se desarrollan e implementan las estrategias.

Las empresas logran sus misiones de tres vías conceptuales: (1) diferenciación, (2) liderazgo en costes y (3) capacidad de respuesta³. Esto significa que los directores de operaciones deben ofrecer bienes y servicios que sean (1) *mejores* o, al menos, diferentes, (2) *más baratos* y (3) *con una respuesta más rápida, fiable y flexible*. Los directores de operaciones traducen estos conceptos estratégicos en tareas concretas que hay que realizar. Cualquiera de estos conceptos estratégicos, por sí solo o en combinación con otros, puede inspirar un sistema que tenga una ventaja única sobre los competidores. Por ejemplo, Hunter Fan se ha diferenciado de los demás por ser el primer fabricante de ventiladores de techo de calidad, que disminuyen los costes en calefacción y refrigeración para sus clientes. Nucor Steel, por otra parte, satisface a sus clientes siendo el fabricante de acero más barato del mundo. Dell consigue una respuesta rápida fabricando PC con el software requerido por cada cliente en unas pocas horas.

Es evidente que las estrategias difieren, y cada estrategia exige cosas diferentes del director de operaciones. La estrategia de Hunter Fan es *diferenciarse* del resto de la industria por medio de la calidad. Nucor se centra en el valor a *bajo coste*, mientras que la estrategia dominante de Dell es una *respuesta* rápida y fiable.

CÓMO LOGRAR VENTAJA COMPETITIVA MEDIANTE LAS OPERACIONES

Cada una de las tres estrategias empresariales mencionadas anteriormente posibilita que los directores de operaciones logren una ventaja competitiva. La **ventaja competitiva** implica el diseño de un sistema que tenga una ventaja excepcional sobre los competidores. La idea es generar de modo eficiente y continuado valor para el consumidor. Pueden existir formas puras de estas estrategias, pero los directores de operaciones probablemente deberán implementar una combinación de ellas. Veamos brevemente cómo logran los directivos una ventaja competitiva por medio de la *diferenciación*, el *bajo coste* y la *respuesta rápida*.

Competencia mediante la diferenciación

Safeskin Corporation es la fabricante número uno en guantes de látex, porque se ha diferenciado a sí misma y a sus productos. Lo consiguió fabricando guantes que fueron diseñados para evitar reacciones alérgicas de las que se quejaban los médicos. Cuando otros fabricantes de guantes la imitaron, Safeskin diseñó guantes hipoalérgenos. Luego añadió una nueva textura a sus guantes. Después diseñó un guante sintético desechable para los alérgicos al látex, manteniéndose siempre por delante de la competencia. La estrategia de

³ Para un estudio relacionado con el tema, véase Michael E. Porter, *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors* (Nueva York: The Free Press, 1980). Véase también C. Hambrick y James W. Fredrickson, "Are You Sure You Have a Strategy?", *Academy of Management Executive* 15, n.º 4 (noviembre de 2001), pp. 48-59.

Safeskin consiste en ganarse la reputación de diseñar y producir guantes modernos y fiables, diferenciándose así de los demás.

La diferenciación tiene que ver con proporcionar *singularidad*. Las oportunidades que tiene una empresa de crear singularidad no se reducen a una función o actividad particular, sino que pueden surgir en casi todo lo que hace la empresa. Es más, dado que la mayoría de los productos incluyen un servicio y la mayoría de los servicios incluyen un producto, las oportunidades de generar esta singularidad sólo están limitadas por la imaginación. En efecto, hay que pensar en la **diferenciación** como algo que va más allá de las características físicas y atributos del servicio, abarcando cualquier aspecto del producto o servicio que influya en el valor que reciben los consumidores. Por tanto, los directores de operaciones eficaces ayudan a definir todos los atributos de un producto o servicio que influirán en el valor potencial para el consumidor. Puede tratarse de la ventaja derivada de disponer de una amplia gama de productos, de las funcionalidades del producto o de un servicio relacionado con el producto. Este servicio se puede manifestar en forma de comodidad (localización de las tiendas o centros distribuidores), formación, entrega e instalación del producto, o en los servicios de reparación y mantenimiento.

En el sector servicios, una opción para ampliar la diferenciación del producto es mediante una *experiencia*. La diferenciación por experiencia en servicios es una manifestación de la creciente “economía de la experiencia”⁴. La idea de la **diferenciación por experiencia** consiste en involucrar al consumidor: usar los cinco sentidos de la gente para que se meta de lleno y sea incluso un participante activo en el producto. Disney lo consigue con su Reino Mágico (Magic Kingdom). La gente ya no va a subirse a una atracción: está inmersa en el Reino Mágico, rodeada de una experiencia dinámica, visual y sonora, que complementa el movimiento físico de la atracción. Algunas atracciones involucran aún más al cliente, haciendo que tenga que conducir un vehículo o que tenga que disparar a objetivos o villanos.

Los restaurantes temáticos, como el Hard Rock Café, también se diferencian ofreciendo una “experiencia”. Hard Rock atrae a sus clientes con música rock clásica, vídeos de rock en pantallas gigantes, artículos de recuerdo, y camareros que tienen muchas anécdotas que contar. En muchos casos incluso hay un guía para explicar las exposiciones y el show, y siempre hay una cómoda tienda para que el cliente pueda llevarse a casa una parte tangible de la experiencia. El resultado es una “experiencia de comida”, más que tan sólo una comida. De forma menos espectacular, su supermercado local le proporciona una experiencia cuando pone música de fondo y le proporciona el aroma de pan recién cocido, o cuando organiza una cata de un vino o de un alimento.

Competencia en coste

Southwest Airlines ha conseguido ser un negocio muy rentable, mientras que otras compañías aéreas norteamericanas han perdido miles de millones. Southwest lo ha logrado satisfaciendo una necesidad de vuelos cortos y de bajo coste. Su estrategia de operaciones ha consistido en utilizar aeropuertos y terminales secundarias, dar los asientos por riguroso orden de llegada, pocas opciones de precios, tener tripulaciones más pequeñas volando más horas, ofrecer vuelos sin comidas o sólo con aperitivos, y eliminar las oficinas de venta de billetes en el centro de las ciudades.

⁴ Para un apasionante libro sobre la economía de la experiencia, véase Joseph Pine II y James H. Gilmore, *The Experience Economy* (Boston: Harvard Business School Press, 1999). Véase también Leonard L. Berry, Lewis P. Carbone y Stephan H. Haeckel, “Managing the Total Customer Experience”, *MIT Sloan Management Review* (primavera de 2002), pp. 85-90.

Diferenciación

Diferenciar las ofertas de la organización de modo que el cliente aprecie un valor añadido.

Diferenciación con la experiencia

Involucra al consumidor en el producto mediante un uso imaginativo de los cinco sentidos, de forma que el consumidor “experimenta” el producto.



Vídeo 2.2

La estrategia global de Hard Rock

Además, pero menos obvio, Southwest ha sabido ajustar muy bien la capacidad con la demanda, utilizando con eficacia esta capacidad. Lo ha conseguido diseñando un plan de rutas que se adecua a la capacidad de sus Boeing 737, el único modelo de su flota. También recorre más kilómetros que otras compañías aéreas: al ir más rápido en las operaciones de embarque y desembarque, sus aviones pasan menos tiempo en tierra.

Un determinante de una estrategia de bajo coste es una utilización eficaz de las instalaciones. Southwest y otras empresas con estrategias de bajo coste así lo entienden, y utilizan eficazmente sus recursos. Identificar el tamaño óptimo (y la inversión) permite a las empresas repartir mejor sus costes generales entre un número adecuado de unidades, con lo que obtienen una ventaja en coste. Por ejemplo, Wal-Mart sigue luchando por su estrategia de bajo coste con sus grandes almacenes que permanecen abiertos las 24 horas del día. Durante 20 años ha conseguido con éxito cuota de mercado. Wal-Mart ha reducido los costes generales de los almacenes, las pérdidas y los gastos de distribución. El rápido transporte de los productos, los reducidos costes de almacenaje y el envío directo desde las fábricas, han dado como resultado una gran rotación del inventario, y la han llevado a ser un líder en bajo coste. Franz Colruyt, como se analiza en el recuadro de *dirección de operaciones en acción*, también está ganando con una estrategia de bajo coste.

Liderazgo en costes bajos
Lograr el máximo valor desde el punto de vista del consumidor.

El **liderazgo en costes bajos** implica alcanzar el máximo *valor* desde el punto de vista del cliente. Requiere examinar cada una de las 10 decisiones de dirección de operaciones en una lucha sin tregua por reducir costes y, a la vez, satisfacer las expectativas de valor del cliente. Una estrategia de bajo coste *no* implica un bajo valor o una mala calidad.

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

LA ESTRATEGIA DE BAJO COSTE TRIUNFA EN FRANZ COLRUYT

La cadena belga de supermercados de precios bajos, Franz Colruyt NV, está tan obsesionada con recortar costes que no se dan bolsas de compra en las cajas, la iluminación del supermercado está al nivel mínimo para ahorrar electricidad, y los empleados tienen que fichar cuando se van a tomar el descanso para el café de cinco minutos. Y, para mantener reducidos los costes en la espartana sede de la empresa en las afueras de Bruselas, los empleados no tienen buzón de voz en el teléfono. Por el contrario, dos recepcionistas recogen los mensajes para casi los mil trabajadores de la sede. Los mensajes se comunican cada pocos minutos a través de altavoces repartidos por todo el edificio.

Este mismo planteamiento se hace patente en los 160 supermercados de Franz Colruyt, que son antiguos almacenes, cines o garajes reconvertidos, con suelos de cemento negro, cables eléctricos por fuera de las paredes, sin estar en rozas, estanterías de metal con cajas de cartón recicladas esparcidas por encima. No hay música de fondo (coste anual ahorrado estimado en 2 a 2,5 millones de euros), ni bolsas para empaquetar los productos los clientes en la caja (coste anual ahorrado estimado de 5 millo-

nes de euros). Y todas las neveras de la tienda tienen puertas, de forma que la empresa puede ahorrar unos 3 millones de euros al año en electricidad para refrigeración.

La empresa también emplea a un equipo de 30 "simplificadores del trabajo" (en la jerga de la empresa), cuya tarea consiste en idear nuevas formas de mejorar la productividad. Uno de ellos descubrió recientemente que se pueden ahorrar cinco segundos de cada minuto que se necesita para que un consumidor se vaya con su compra si éste paga en un sitio distinto al lugar donde se escanean los productos, de forma que, cuando un consumidor deja de utilizar el escáner, otro puede empezar a utilizarlo de inmediato.

El consejero delegado René De Wit afirma que la estrategia es sencilla: recortar los costes en todas partes y vender a un precio inferior al de la competencia. En una industria donde los márgenes habituales son del 1 al 2%, la reducción de costes de Franz Colruyt es tan eficaz que su margen de beneficios del 6,5% hace que los de los rivales parezcan enanos.

La estrategia de bajo coste exige mucho a la dirección de operaciones, pero Franz Colruyt, al igual que Wal-Mart, lo consigue.

Fuentes: The Wall Street Journal (22 de septiembre de 2003), R3, R7, y *DC Velocity* (septiembre de 2004), 38-40.

Competencia en respuesta

La tercera estrategia posible es la respuesta. Se suele hablar de respuesta *flexible*, pero la **respuesta** también tiene que ser *fiable* y *rápida*. En realidad, el concepto de respuesta abarca el conjunto de ventajas relacionadas con el desarrollo y entrega del producto en el tiempo previsto, así como con una programación fiable y una ejecución flexible.

La *respuesta flexible* debe entenderse como la capacidad de adaptarse a los cambios en un mercado en el que las innovaciones en el diseño y los volúmenes de producción/venta varían sustancialmente.

Hewlett-Packard es un ejemplo excepcional de empresa que ha sabido tener flexibilidad, tanto en los cambios de diseño como en los de volumen, en el imprevisible mundo de las computadoras personales. Habitualmente, los productos de HP tienen un ciclo de vida de unos meses, en los cuales pueden tener lugar cambios drásticos en el volumen y en el precio. A pesar de ello, HP ha tenido éxito en institucionalizar la capacidad de cambiar productos y volúmenes para responder a cambios drásticos en el diseño del producto y en los costes, generando así una *ventaja competitiva sostenible*.

El segundo aspecto de la respuesta es la *fiabilidad* de la programación. La industria alemana de maquinaria ha conseguido mantener su competitividad, a pesar de tener los costes laborales más altos del mundo, gracias a su fiabilidad de respuesta. Esta respuesta se pone de manifiesto en una programación fiable. Las empresas de maquinaria alemanas tienen programas coherentes, y producen según lo programado. Es más, los resultados de los programas se comunican al cliente, que puede, a su vez, basarse en ellos y tomar decisiones. Por consiguiente, la ventaja competitiva generada por una respuesta fiable tiene valor para el consumidor final.

El tercer aspecto de la respuesta es la *rapidez*. Johnson Electric, que se estudia en el recuadro de *dirección de operaciones en acción*, compite sobre la base de la rapidez: en el

Respuesta

Conjunto de ventajas relacionadas con una ejecución rápida, flexible y fiable.

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

ESTRATEGIA DE RESPUESTA EN JOHNSON ELECTRIC DE HONG KONG

Patrick Wang, director de Johnson Electric Holdings, Ltd., se pasea por sus oficinas centrales de Hong Kong con un micromotor en sus manos. Este diminuto motor, de aproximadamente dos veces el tamaño de su pulgar, abre la cerradura de la puerta de un Dodge Viper. Aunque la mayoría de la gente no ha oído hablar de Johnson Electric, todos tenemos varios de sus micromotores cerca. Esto se explica porque Johnson es el primer productor del mundo de micromotores para instrumentos inalámbricos, electrodomésticos (como molinillos de café y otros aparatos de cocina), artículos para el cuidado personal (como secadores de pelo y maquinillas de afeitarse), y automóviles. Un lujoso Mercedes, con sus limpiaparafaros, ventanillas eléctricas, asientos ajustables eléctricamente y retrovisores eléctricos, puede utilizar 50 micromotores Johnson.

Como toda empresa auténticamente global, Johnson realiza grandes inversiones en comunicaciones para man-

tener unida su red mundial de fábricas y centros de I+D y centros de diseño. Por ejemplo, Johnson Electric ha instalado un sistema de videoconferencia de 20 millones de dólares, que permite a los ingenieros de Cleveland, Ohio y Stuttgart controlar las pruebas de producción de sus micromotores en China.

El primer punto fuerte de Johnson es su velocidad en el desarrollo de producto, velocidad en la producción, y velocidad en la entrega: 13 millones de motores al mes, la mayor parte montados en China, pero distribuidos por todo el mundo. Su segundo punto fuerte es su habilidad para estar siempre cerca de sus clientes. Johnson tiene centros técnicos y de diseño distribuidos por Estados Unidos, Europa y Japón. "Las limitaciones físicas del pasado han desaparecido" cuando toca decidir dónde debe ubicarse un nuevo centro, dice Patrick Wang. "Los clientes nos dicen dónde se encuentran más a gusto, pero los productos se hacen allí donde son más competitivos".

Fuentes: *Far Eastern Economic Review* (16 de mayo de 2002), 44-45, y *Just Auto* (abril de 2004), 1-14.

diseño, en la producción y en la entrega. Ya se trate de un sistema de producción en Johnson Electric, de la entrega de una comida en 15 minutos en Bennigan's, o de la entrega en tres días por Motorola de *bipers* personalizados, el director de operaciones que diseñe sistemas que respondan con rapidez puede obtener una ventaja competitiva.

En la práctica, estos tres *conceptos* (diferenciación, bajo coste y respuesta) se implementan, normalmente, mediante las seis *estrategias específicas* que se muestran en la Figura 2.4: (1) flexibilidad en el diseño y el volumen, (2) precios reducidos, (3) entrega, (4) calidad, (5) servicio postventa y (6) amplia gama de productos. Por medio de estas seis estrategias específicas de dirección de operaciones se puede aumentar la productividad y generar una ventaja competitiva sostenible. Si el director de operaciones implementa correctamente las siguientes decisiones, logrará que se consigan estas estrategias.

“En el futuro habrá dos clases de empresas: las que transforman sus mercados y las que no sobreviven al asalto”.

Profesor
Richard D'Aveni, autor
de *Hypercompetition*



FIGURA 2.4 ■ La contribución de la dirección de operaciones a la estrategia

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Decisiones de operaciones
Las decisiones estratégicas de dirección de operaciones son: diseño de bienes y servicios, calidad, diseño del proceso, elección de la localización, diseño del layout, recursos humanos y diseño del trabajo, gestión de la cadena de suministros, inventario, programación y mantenimiento.

Diferenciación, bajo coste y respuesta pueden lograrse cuando los directores toman decisiones eficaces en 10 áreas de la dirección de operaciones. Éstas se conocen en conjunto como **decisiones de operaciones**. Las diez decisiones que sirven de soporte para conseguir las misiones e implementar las estrategias son:

1. *Diseño de bienes y servicios*. El diseño de los bienes y servicios determina en gran medida el proceso de transformación. Las decisiones sobre costes, calidad y recursos humanos están condicionadas por las decisiones de diseño. Los diseños normalmente determinan los límites más bajos de coste y los límites más altos de calidad.
2. *Calidad*. Deben determinarse las expectativas de calidad del cliente, y establecerse políticas y procedimientos para identificar y lograr esa calidad.

3. *Diseño del proceso y de la capacidad.* Existen diferentes opciones de procesos de producción para los productos y servicios. Las decisiones sobre el proceso comprometen a la dirección con una determinada tecnología, calidad, recursos humanos y mantenimiento. Estos compromisos de gastos y capital determinarán en gran medida la estructura básica de costes de la empresa.
4. *Elección de la localización.* Las decisiones sobre la localización de las instalaciones, tanto para empresas de fabricación como para las de servicios, pueden ser determinantes para el éxito final de la empresa. Los errores cometidos en este momento pueden terminar con las eficiencias logradas en otras áreas.
5. *Diseño del layout.* Los flujos de materiales, necesidades de capacidad, niveles de personal, decisiones de tecnología y necesidades de inventario influyen sobre la disposición de la planta (layout).
6. *Recursos humanos y diseño del trabajo.* El personal representa una parte esencial y cara del diseño global del sistema. Por tanto, debe decidirse la calidad de vida laboral proporcionada, las capacidades y habilidades requeridas, y su coste.
7. *Gestión de la cadena de suministros.* Estas decisiones determinan qué se debe fabricar y qué se debe comprar. También se tienen en cuenta la calidad, la rapidez en las entregas y la innovación, todo a un precio satisfactorio. Para un proceso de compras eficaz es necesaria confianza mutua entre compradores y proveedores.
8. *Inventario.* Las decisiones sobre inventarios pueden optimizarse sólo cuando se tiene en cuenta la satisfacción de los clientes, los proveedores, los programas de producción y la planificación de los recursos humanos.
9. *Programación.* Deben elaborarse programas de producción viables y eficientes: es necesario determinar y controlar las demandas en recursos humanos e instalaciones.
10. *Mantenimiento.* Deben tomarse decisiones sobre los niveles deseados de fiabilidad y estabilidad, y deben establecerse sistemas que mantengan esa fiabilidad y estabilidad.

"Se suele pensar en operaciones como una ejecución de la estrategia; para nosotros, es la estrategia".

Joe R. Lee, presidente
de la cadena de
restaurantes Darden

Los directores de operaciones implementan estas diez decisiones identificando cuáles son las tareas clave y el personal necesario para realizarlas. Sin embargo, la implementación de estas decisiones se ve influida por diversas cuestiones, entre las que está la proporción que contiene de bienes y servicios un producto (véase la Tabla 2.1). Hay pocos productos que sean únicamente bienes o servicios. Aunque las diez decisiones sean las mismas para los bienes y los servicios, su importancia relativa y el método de implementación dependen de esa ratio entre bien y servicio. A lo largo del libro, estudiaremos cómo elegir e implementar la estrategia, tanto para los bienes como para los servicios, a través de estas diez decisiones de dirección de operaciones.

TABLA 2.1 ■ Las diferencias entre bienes y servicios influyen en cómo se aplican las 10 decisiones de operaciones

Decisiones de operaciones	Bienes	Servicios
Diseño de bienes y servicios	Normalmente el producto es tangible.	El producto no es tangible. Una nueva gama de atributos del producto: una sonrisa.

(continúa)

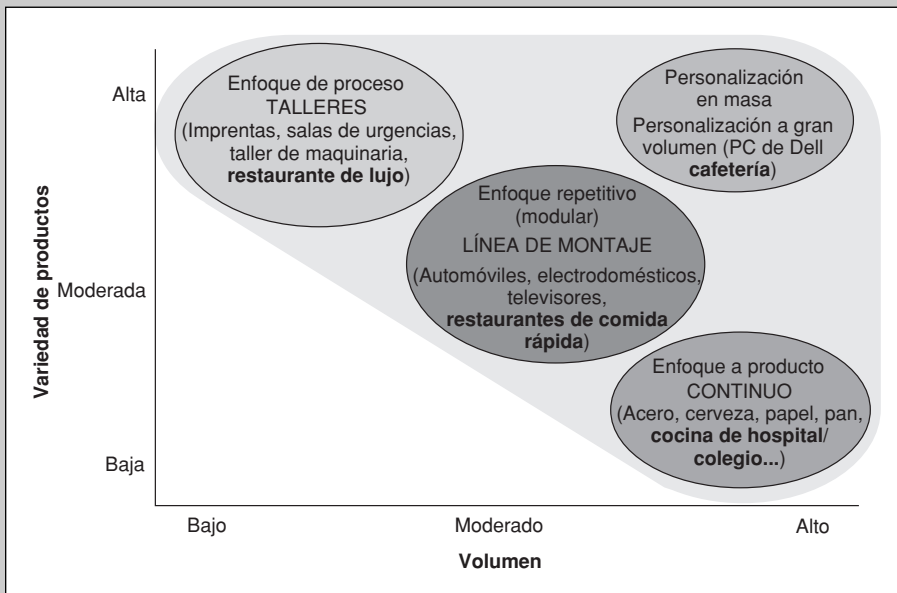
TABLA 2.1 ■ (continuación)

Decisiones de operaciones	Bienes	Servicios
Gestión de la calidad	Muchas normas de calidad objetivas.	Muchas normas de calidad subjetivas: un color bonito.
Diseño del proceso y de la capacidad	El cliente no está implicado en la mayor parte del proceso.	El cliente puede estar directamente implicado en el proceso: un corte de pelo. La capacidad debe adecuarse a la demanda para evitar pérdida de ventas: los clientes normalmente evitan esperar.
Selección de localización	Puede ser necesario estar cerca de las materias primas o de la mano de obra.	Puede ser necesario estar cerca del cliente: alquiler de coches.
Diseño del layout	El layout puede mejorar la eficiencia.	Puede mejorar el producto y la producción: layout de un restaurante elegante.
Recursos humanos y diseño del puesto de trabajo	Mano de obra centrada en habilidades técnicas. Los estándares de trabajo pueden ser constantes. Posible sistema salarial basado en la producción.	La mano de obra directa necesita normalmente poder relacionarse con el cliente: cajero de un banco. Los estándares de trabajo varían según las exigencias del cliente: procesos legales.
Gestión de la cadena de suministros	Las relaciones en la cadena de suministros son vitales para el producto final.	Las relaciones la cadena de suministros son importantes pero pueden no ser vitales.
Inventario	Las materias primas, los productos semiacabados y los acabados pueden almacenarse.	La mayor parte de los servicios no puede almacenarse, por lo que hay que encontrar otras formas de acomodarse a los cambios de la demanda.
Programación	La posibilidad de almacenar puede permitir nivelar la tasa de producción.	Ocupada en satisfacer los plazos inmediatos del cliente utilizando los recursos humanos.
Mantenimiento	El mantenimiento es habitualmente preventivo, y se da en el lugar de producción.	El mantenimiento es normalmente una "reparación", que se realiza en el lugar donde está el cliente.

EJEMPLO 1**Desarrollo de la estrategia**

Pierre Alexander acaba de terminar su formación de cocinero, y está listo para abrir su propio restaurante. Después de examinar el entorno exterior y sus probables puntos fuertes y débiles, decide la misión de su restaurante, que será "Ofrecer a los habitantes de Chicago la exquisita comida francesa". La estrategia de operaciones en que se apoya consiste en dejar de lado las opciones de liderazgo en costes y de respuesta rápida para centrarse en la diferenciación. Por consiguiente, su estrategia de operaciones le exige que evalúe el diseño del producto (menús y comidas) y la selección del proceso, layout y localización. También debe valorar los recursos humanos, los proveedores, el inventario, la programación y el mantenimiento, que apoyarán su misión y su estrategia de diferenciación.

El análisis de una sola de esas diez decisiones, el diseño del proceso, requiere que Pierre tome en consideración los conceptos que se presentan en la siguiente figura.



La primera opción es situarse en la esquina inferior derecha de la figura: es decir, producir grandes cantidades de comida con una variedad reducida, como en una cocina de hospital. Ese proceso podría producir grandes cantidades de artículos estándar, como judías con bacon y purés de patata, preparados con equipo automatizado y ultramoderno. Alexander concluye que ésta no es una opción aceptable del proceso.

También puede desplazarse hacia el centro del cuadro, donde podría producir más variedad y menor cantidad. Ahí tendría menos automatización, y utilizaría componentes modulares preparados para las comidas, como hacen los restaurantes de comida rápida. De nuevo, considera ese diseño de proceso como inadecuado para la misión propuesta.

Otra opción es pasar a la esquina superior derecha y producir una gran cantidad de platos personalizados, pero ni Pierre ni nadie saben aún cómo hacer esto con comidas exquisitas para gourmet.

Finalmente, Alexander puede diseñar un proceso como el mostrado en la esquina superior izquierda del cuadro, que requiera poca automatización, pero que sea apto para una gran variedad de productos. La opción del proceso sugiere que construya una cocina muy flexible, capaz de producir comida al capricho de cada cliente. Al tener poca automatización, este proceso sería apropiado para una gran variedad de productos. Esta estrategia del proceso facilitaría la misión y la deseada diferenciación de producto. Sólo con un proceso como éste puede proporcionar las comidas al estilo francés para gourmet que tenía pensado.

Cada una de las diez decisiones de la dirección de operaciones se implementa de forma que genera una ventaja competitiva, no sólo para los restaurantes de alto nivel, sino para todos los bienes y servicios que enriquecen nuestras vidas. En la Tabla 2.2 se muestra cómo se puede realizar esto en dos empresas farmacéuticas, una en busca de una ventaja competitiva por medio de la diferenciación, y la otra mediante el bajo coste.

TABLA 2.2 ■ Estrategias de operaciones en dos empresas farmacéuticas

	Brand Name Drugs, S.A.	Generic Drug Corp.
VENTAJA COMPETITIVA	DIFERENCIACIÓN DEL PRODUCTO	BAJO COSTE
Diseño y selección del producto	Fuerte inversión en I+D; grandes laboratorios; enfoque en el desarrollo de una amplia gama de fármacos.	Poca inversión en I+D; se centra en el desarrollo de medicamentos genéricos.
Calidad	La calidad es la primera prioridad; los estándares superan los requisitos reglamentarios.	Cumple los requisitos reglamentarios a nivel de país si es necesario.
Proceso	Proceso modular de la producción y del producto; procura hacer grandes lotes de producción de un fármaco en instalaciones especializadas; tiene una capacidad superior a la demanda.	Enfoque a proceso; procesos de producción de utilización general; enfoque de taller; producción de lotes pequeños; se centra en la alta utilización.
Localización	Se encuentra todavía localizada en la ciudad en que se fundó.	Se ha trasladado recientemente a una zona con poca presión fiscal y mano de obra barata.
Programación	Planificación de la producción centralizada.	Los muchos lotes pequeños de productos dificultan la programación.
Layout	El layout sirve de base para una producción automatizada centrada en el producto.	El layout repalda las prácticas de “ taller” centradas en el proceso.
Recursos humanos	Contrata al mejor; búsqueda por todo el país.	La dirección corre a cargo de altos ejecutivos con experiencia; el resto del personal recibe un salario inferior a la media de la industria.
Cadena de suministros	Relaciones a largo plazo con proveedores.	Suele comprar competitivamente para encontrar gangas.
Inventario	Mantiene alto inventario de productos acabados para asegurar que se satisfacen todas las demandas.	El enfoque a proceso eleva el inventario de semielaborado; el de productos acabados suele ser bajo.
Mantenimiento	Personal bien formado; amplio inventario de recambios.	Personal bien formado para hacer frente a demandas cambiantes.

CUESTIONES RELATIVAS A LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

Una vez que una empresa ha definido su misión, el desarrollo e implementación de una estrategia concreta exige que el director de operaciones analice una serie de cuestiones. Vamos a examinar estas cuestiones de tres formas diferentes. En primer lugar, observaremos lo que la *investigación* nos dice sobre las estrategias de dirección de operaciones que son eficaces. Después definiremos algunos de los *requisitos* necesarios para desarrollar

una estrategia de dirección de operaciones eficaz. Y, en tercer lugar, observaremos la *dinámica* de desarrollo de una estrategia de dirección de operaciones.

Investigación

Las conclusiones del Instituto de Planificación Estratégica⁵ han facilitado una profunda comprensión de la estrategia. Su programa **PIMS** (*Profit Impact of Market Strategy*: impacto de la estrategia de mercado sobre los beneficios) se puso en marcha con la colaboración de General Electric Corporation. El PIMS ha recopilado cerca de 100 datos de unas 3.000 organizaciones colaboradoras. Empleando los datos recopilados y la ratio de *retorno de la inversión* (ROI)⁶ como medida de éxito, el PIMS ha sido capaz de identificar algunas características de las empresas con un alto ROI. Entre esas características que afectan a las decisiones estratégicas de dirección de operaciones se encuentran las siguientes:

1. Alta calidad del producto (respecto a la competencia).
2. Alta utilización de la capacidad.
3. Alta eficiencia operativa (relación entre la productividad que se espera de los empleados y la que efectivamente tienen).
4. Baja intensidad de la inversión (cantidad de capital requerida para producir un dólar de ventas).
5. Bajo coste directo por unidad (respecto a la competencia).

Estas cinco recomendaciones permiten obtener un alto retorno de la inversión, y, por tanto, deberían ser tenidas en cuenta por una organización cuando desarrolla su estrategia. Al analizar los puntos fuertes y débiles de una empresa, se pueden medir y evaluar estas características. Los enfoques estratégicos específicos sugeridos en la anterior Figura 2.3 muestran adónde puede querer llegar un director de operaciones, pero si no se alcanzan las cinco características de las empresas con alto rendimiento de la inversión, puede que el viaje no tenga éxito.

Otro estudio de investigación muestra el importante papel que puede desempeñar la dirección de operaciones en la estrategia competitiva. Se pidió a una gran variedad de 248 empresas que evaluaran la importancia de 32 categorías en relación con la consecución de una ventaja competitiva sostenible, y el 28% de las categorías seleccionadas se encontraba en el ámbito de la dirección de operaciones. Si añadimos la calidad/servicio, el porcentaje se eleva al 44%. Este estudio prueba el importante papel que desempeña la estrategia de dirección de operaciones en el desarrollo de una ventaja competitiva⁷.

Requisitos previos

Antes de definir e intentar implementar una estrategia, el director de operaciones debe comprender que la empresa está operando en un sistema abierto en el que existen multitud de factores. Estos factores influyen en el desarrollo y la ejecución de la estrategia. Cuanto más completo sea el análisis y comprensión de los factores internos y externos, mayor será la probabilidad de éxito. Aunque la lista de factores que deben tenerse en cuenta es larga, es necesario comprender, como mínimo:

⁵ R. D. Buzzel y B. T. Gale, *The PIMS Principles* (Nueva York: The Free Press, 1987).

⁶ Como otras medidas del rendimiento, el rendimiento de la inversión (ROI, *return on investment*) tiene limitaciones, entre las que se encuentran la sensibilidad al ciclo económico, los programas y las políticas de depreciación, el valor contable (fondo de comercio) y los precios de transferencia.

⁷ Véase David A. Aaker, "Creating a Sustainable Competitive Advantage", *California Management Review* (invierno de 1989), pp. 91-106.

PIMS

Un programa puesto en marcha en colaboración con GE para determinar las características de las empresas con gran retorno de la inversión.

“Para los japoneses, la estrategia es tan dinámica que se puede definir como de ‘acomodación’ o ‘adaptación continua’”.

Richard Paschale,
MIT Sloan Management
Review

1. Los puntos fuertes y débiles de los competidores, así como los posibles nuevos participantes en el mercado, los productos sustitutivos, y los compromisos de proveedores y distribuidores.
2. Cuestiones actuales y futuras sobre medio ambiente, tecnología, legislación y economía.
3. Ciclo de vida del producto, que puede definir las limitaciones de la estrategia de operaciones.
4. Recursos disponibles en la empresa y en la función de dirección de operaciones.
5. Integración de la estrategia de dirección de operaciones en la de la empresa y en otras áreas funcionales.

Dinámica

Las estrategias varían por dos razones. Primero, la estrategia es dinámica a causa de los cambios en la organización. Todas las áreas de la empresa son susceptibles de cambiar. Los cambios pueden darse en diversas áreas, como personal, finanzas, tecnología y ciclo de vida del producto. Todos influyen en los puntos fuertes y débiles de la organización, y por tanto en su estrategia. La Figura 2.5 muestra los posibles cambios, tanto en la estrate-

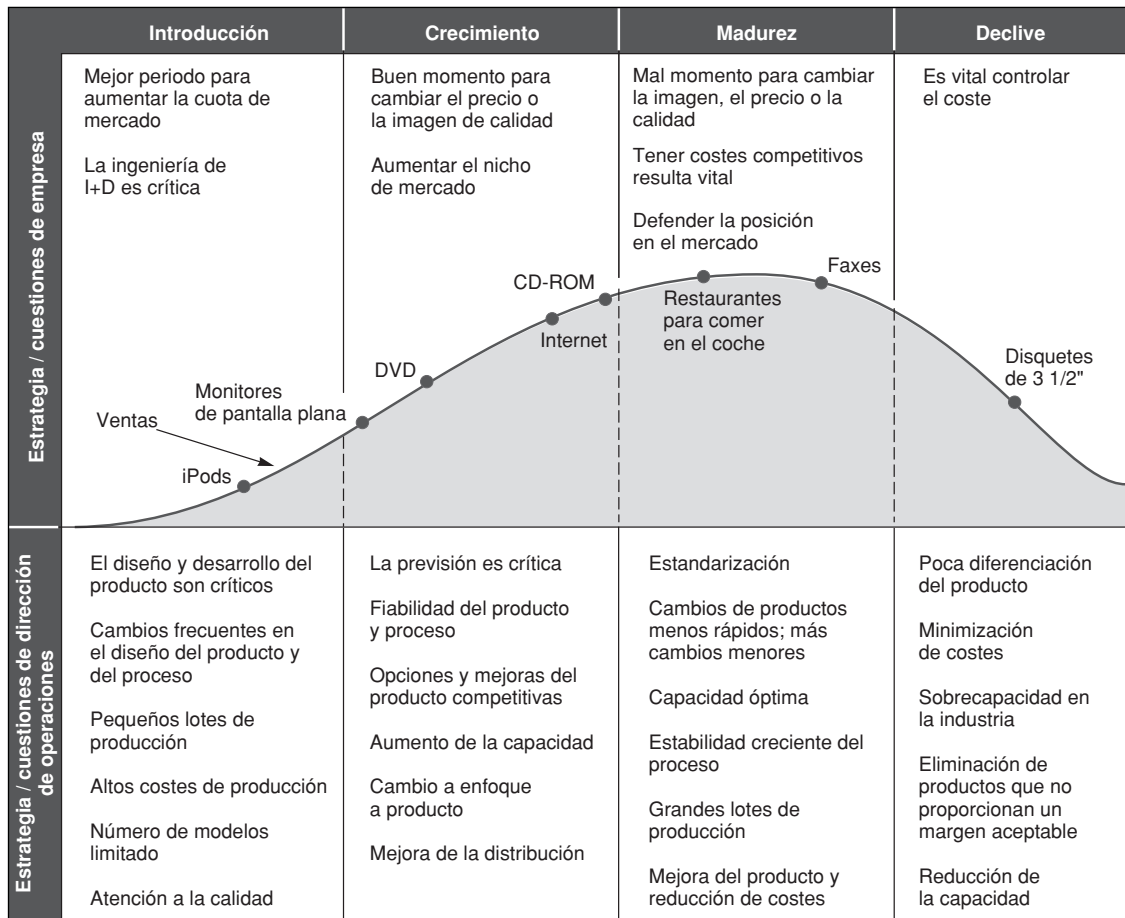


FIGURA 2.5 ■ Estrategia y cuestiones a seguir durante el ciclo de vida de un producto

gia global como en la de dirección de operaciones, durante el ciclo de vida del producto. Por ejemplo, a medida que un producto pasa de la fase de introducción a la de crecimiento, lo normal es que el diseño del producto y el del proceso pasen del desarrollo a la estabilidad. A medida que el producto pasa a la fase de crecimiento, la previsión y la planificación de la capacidad se convierten en cuestiones.

La estrategia es también dinámica a causa de los *cambios en el entorno*⁸. Boeing constituye un ejemplo, en el *perfil de una empresa global* al inicio de este capítulo, de cómo es necesario que la estrategia cambie con las variaciones del entorno. Sus estrategias, como muchas estrategias de dirección de operaciones, son cada vez más globales. El rápido cambio de estrategia de Microsoft ha sido motivado por los cambios de exigencias de los consumidores, la seguridad e Internet. Microsoft ha pasado de los sistemas operativos a los productos de software personal (*office software*) y a ser un proveedor de servicios de Internet.

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Una vez que las empresas comprenden las cuestiones relacionadas con el desarrollo de una estrategia eficaz, valoran sus puntos fuertes y débiles internos, así como las oportunidades y amenazas del entorno. Esto se conoce como **análisis DAFO** (**D**ebilidades, **A**menazas, **F**ortalezas y **O**portunidades). A partir de los análisis DAFO las empresas toman posiciones, por medio de la estrategia, para conseguir una ventaja competitiva. La empresa puede poseer una capacidad de diseño excelente, o una gran habilidad para encontrar ubicaciones excepcionales. Sin embargo, puede tener limitaciones en su proceso de fabricación o a la hora de encontrar buenos proveedores. La idea es maximizar las oportunidades y minimizar las amenazas del entorno, y también maximizar las ventajas que suponen los puntos fuertes de la organización, y minimizar los débiles. Cualquier idea preconcebida sobre la misión es entonces reevaluada, para asegurarse de que sea compatible con el análisis DAFO. Posteriormente se desarrolla una estrategia para alcanzar la misión. La estrategia se evalúa continuamente respecto al valor proporcionado a los consumidores y en relación con las realidades competitivas. El proceso se muestra en la Figura 2.6. A partir de este proceso se identifican los factores críticos de éxito.

Análisis DAFO

Determinar los puntos fuertes y débiles internos, y las oportunidades y amenazas externas.

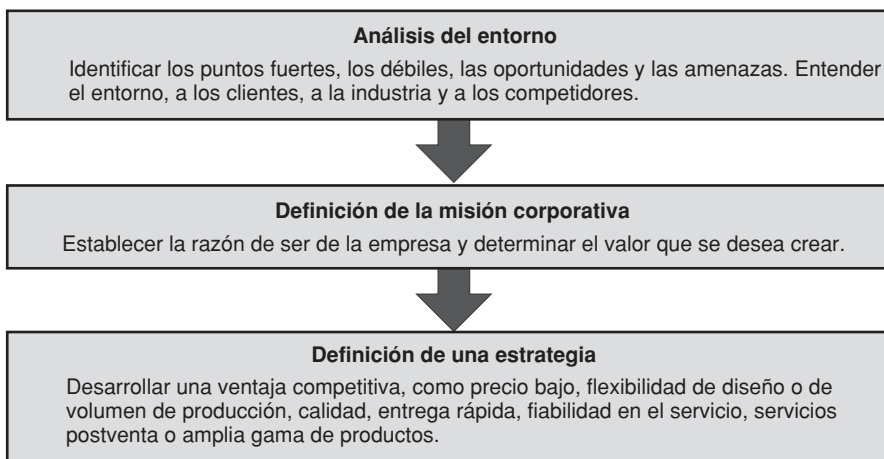


FIGURA 2.6 ■
Proceso de desarrollo de la estrategia

⁸ Anita M. McGahan, "How Industries Change", *Harvard Business Review* 82, n.º 10 (11 de octubre de 2004), pp. 87-94.

Identificación de los factores críticos del éxito

Como no hay empresa que haga todo excepcionalmente bien, la implementación de una estrategia eficaz exige identificar las tareas que son críticas para tener éxito. El directivo de operaciones debe preguntarse: ¿Qué tareas deben realizarse especialmente bien en una determinada estrategia de operaciones para que tenga éxito? ¿Qué elementos comportan la mayor probabilidad de fracaso, y cuáles exigirán un compromiso extra de recursos directivos, monetarios, tecnológicos y humanos? ¿Qué actividades serán de ayuda a la función de dirección de operaciones para proporcionar una ventaja competitiva?

Los factores críticos del éxito se eligen teniendo en mente la consecución de la misión, así como los puntos fuertes internos de la organización. Los **factores críticos del éxito (FCE)** son aquellas actividades, relativamente pocas, que determinan el tener o no una ventaja competitiva. En última instancia, los FCE establecen la diferencia entre el éxito y el fracaso de una organización. Las organizaciones que triunfan, identifican y emplean los factores críticos del éxito para desarrollar una competencia propia y distinta que les permite alcanzar una ventaja competitiva.

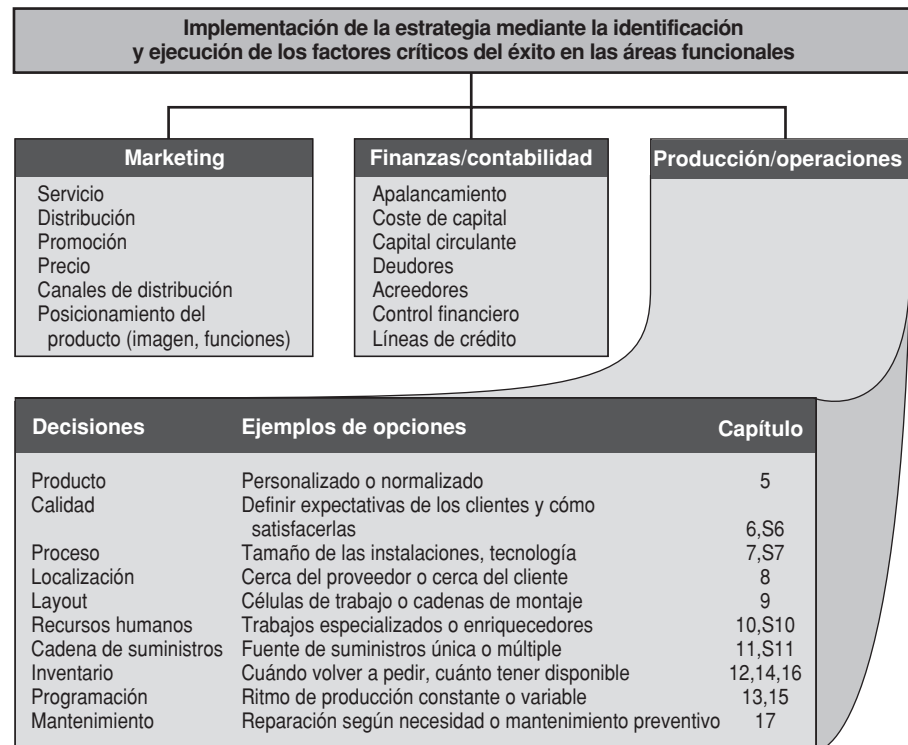
Los factores críticos del éxito pueden extenderse sobre varias áreas funcionales de la empresa, como el marketing o las finanzas, o encontrarse en un área funcional. En este libro, por supuesto, vamos a ocuparnos principalmente de las diez decisiones dentro de la función de dirección de operaciones que normalmente son factores críticos del éxito. Los FCE potenciales del marketing, las finanzas y las operaciones se muestran en la Figura 2.7.

Las diez decisiones de dirección de operaciones que se explican en el texto proporcionan un excelente catálogo para determinar los factores críticos del éxito en la función de operaciones. Por ejemplo, las diez decisiones y los FCE relacionados pueden ponerse de manifiesto en la capacidad de una empresa para diferenciarse. La diferenciación puede

Factores críticos del éxito

Aquellas actividades o factores clave para la consecución de una ventaja competitiva.

FIGURA 2.7 ■
Implementación de la estrategia identificando los factores críticos del éxito



proceder de la innovación y los productos nuevos, donde el FCE es el diseño del producto, como en el caso de 3M y Rubbermaid. Análogamente, la diferenciación puede tener lugar por medio de la calidad, donde el FCE se consigue institucionalizando esa calidad, como en McDonald's. También puede lograrse por medio del mantenimiento, donde los factores críticos del éxito están en proporcionar fiabilidad y servicio postventa, como es el caso de IBM.

Sean cuales fueren los FCE, deben ser apoyados por actividades relacionadas. Una manera de determinar dichas actividades es mediante el **mapa de actividades**, que combina la ventaja competitiva, los FCE y las actividades de apoyo⁹. Por ejemplo, la Figura 2.8 muestra cómo Southwest Airlines ha ideado un conjunto de actividades integradas para soportar su ventaja competitiva de bajo coste. Observe como los factores críticos del éxito se ven apoyados por otras actividades. Las actividades se complementan y se refuerzan mutuamente. Cuanto más se complementan y refuerzan, tanto más sostenible es la ventaja competitiva. Southwest Airlines, al identificar una ventaja competitiva y centrarse en los factores críticos del éxito y en las actividades de apoyo, se ha convertido en un ejemplo de éxito dentro de las grandes compañías aéreas.

Mapa de actividades
Combinación gráfica de ventaja competitiva, FCE y actividades de apoyo.

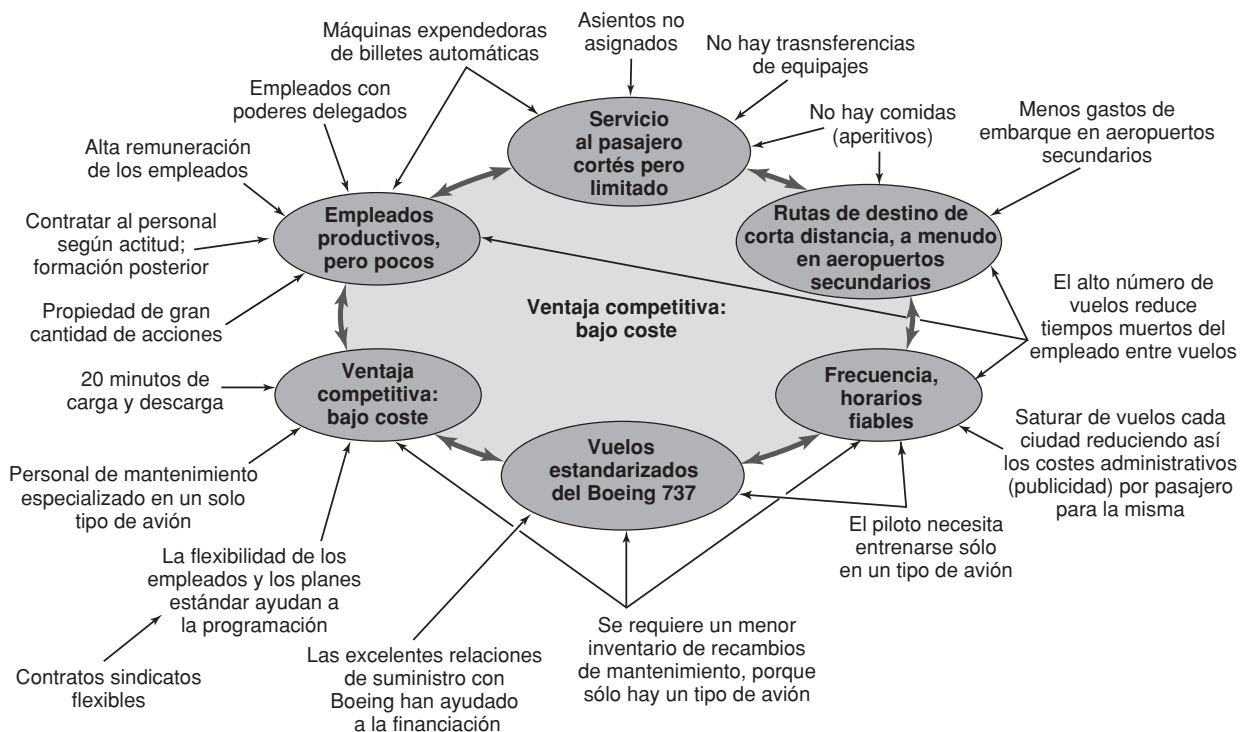


FIGURA 2.8 ■ Mapa de actividades de la ventaja competitiva de bajo coste de Southwest Airlines

Para lograr la ventaja competitiva de bajo coste, Southwest ha identificado una serie de factores críticos del éxito (unidos con flechas gruesas) y actividades de apoyo (señaladas con flechas finas). Como muestra este cuadro, una ventaja de bajo coste depende en gran medida de una buena dirección de la función de operaciones.

⁹ Michael E. Porter y C. Roland Christensen, "What is Strategy?", *Harvard Business Review* (noviembre-diciembre de 1996), pp. 61-75.

“En el futuro, los negocios manufactureros no estarán dirigidos por ejecutivos financieros, comerciales o abogados inexpertos en fabricación, como ocurre en la actualidad en muchas empresas estadounidenses”.

Peter Drucker

Crear la organización y dotarla de personal

El trabajo del director de operaciones es un proceso que consta de tres pasos. Una vez identificados la estrategia y los factores críticos del éxito, el segundo paso consiste en agrupar las actividades necesarias en una estructura organizativa. El tercer paso es dotarla de personal que se encargue de realizar el trabajo. El director trabaja junto con directivos subordinados elaborando planes, presupuestos y programas que implementen con éxito las estrategias que permitirán alcanzar las misiones propuestas. Las empresas diseñan la organización de la función de operaciones de múltiples y variadas formas. Los organigramas del Capítulo 1 (Figura 1.1) muestran cómo se han organizado algunas empresas para realizar las actividades necesarias.

Integrar la dirección de operaciones con otras actividades

La organización de la función de operaciones y su relación con otras partes de la organización varían según la misión de la dirección de operaciones. Además, es más probable que la función de operaciones tenga éxito cuando la estrategia de operaciones está coordinada con otras áreas funcionales de la empresa, como marketing, finanzas, Sistemas de Gestión de la Información (MIS) y recursos humanos. De esta forma, todas las áreas respaldan los objetivos de la empresa. Por ejemplo, la programación a corto plazo de la industria de la aviación depende de los siempre cambiantes hábitos de viaje del cliente. La preferencia por un día de la semana, los periodos vacacionales, los viajes de estudio de los universitarios, etcétera, influyen en el cambio de los programas de vuelo. Por tanto, la programación de una compañía aérea, aunque sea una actividad de dirección de operaciones, puede formar parte del marketing. La programación eficaz de la industria del transporte por carretera se refleja en el tiempo durante el que los camiones viajan cargados. Sin embargo, para la programación de los camiones se necesita información sobre los puntos de entrega y recogida, sobre los conductores y sobre otros sectores de la organización. Si la organización de la función de dirección de operaciones da como resultado una programación eficaz en las industrias del transporte aéreo de pasajeros y del transporte comercial terrestre, entonces puede existir una ventaja competitiva.

El director de operaciones proporciona el camino para convertir los factores productivos en productos. Las transformaciones pueden realizarse en forma de almacenaje, transporte, fabricación, divulgación de información, y utilidad que proporcionan el producto o el servicio. *La tarea del director de operaciones consiste en llevar a cabo la estrategia de dirección de operaciones, aumentar la productividad y proporcionar una ventaja competitiva.*

OPCIONES DE ESTRATEGIA PARA LAS OPERACIONES GLOBALES

Como indicamos antes en este capítulo, muchas estrategias de operaciones necesitan ahora de una dimensión internacional. Tendemos a denominar negocio internacional o corporación multinacional a una empresa con dimensión internacional. Un **negocio internacional** es cualquier empresa que se dedica al comercio o a las inversiones internacionales. Es una categoría muy extensa y es lo contrario de una empresa nacional o local.

Una **corporación multinacional** es una empresa con *importante grado* de participación en negocios internacionales. Las corporaciones multinacionales compran recursos, crean bienes y servicios, y venden, a su vez, bienes y servicios en diversas naciones. El término *multinacional* se aplica a la mayoría de los grandes y bien conocidos negocios mundiales. Ciertamente, IBM es un buen ejemplo de una corporación multinacional. Importa

Empresa internacional

Es una empresa que realiza transacciones entre diferentes países.

Corporación multinacional

Es una empresa que tiene gran participación en negocios internacionales, con instalaciones propias o controladas en más de un país.

componentes electrónicos a Estados Unidos de más de 50 países, exporta computadoras a más de 130 países, tiene instalaciones en 45 países, y más de la mitad de sus ventas y beneficios provienen del extranjero.

Los directores de operaciones de las empresas internacionales y multinacionales abordan las oportunidades globales con una de las cuatro estrategias de operaciones siguientes: *internacional*, *multinacional*, *global* y *transnacional* (véase la Figura 2.9). La matriz de la Figura 2.9 tiene un eje vertical de reducción de costes y un eje horizontal de receptividad local. La receptividad local implica la respuesta rápida y/o la diferenciación necesaria para el mercado local. Los directores de operaciones deben conocer cómo situar a la empresa en esta matriz. Vamos a examinar brevemente cada una de las cuatro estrategias.

Estrategia internacional

Una **estrategia internacional** se basa en exportaciones y licencias para entrar en el ámbito global. Como sugiere la Figura 2.9, la estrategia internacional es la menos ventajosa, con poca receptividad local y poca ventaja en los costes. Existe poca receptividad porque se están exportando y patentando productos desde el país de origen. Y las ventajas en los costes pueden ser pocas porque se están utilizando procesos productivos situados a consi-

Estrategia internacional
Se penetra en los mercados mundiales utilizando exportaciones y licencias.

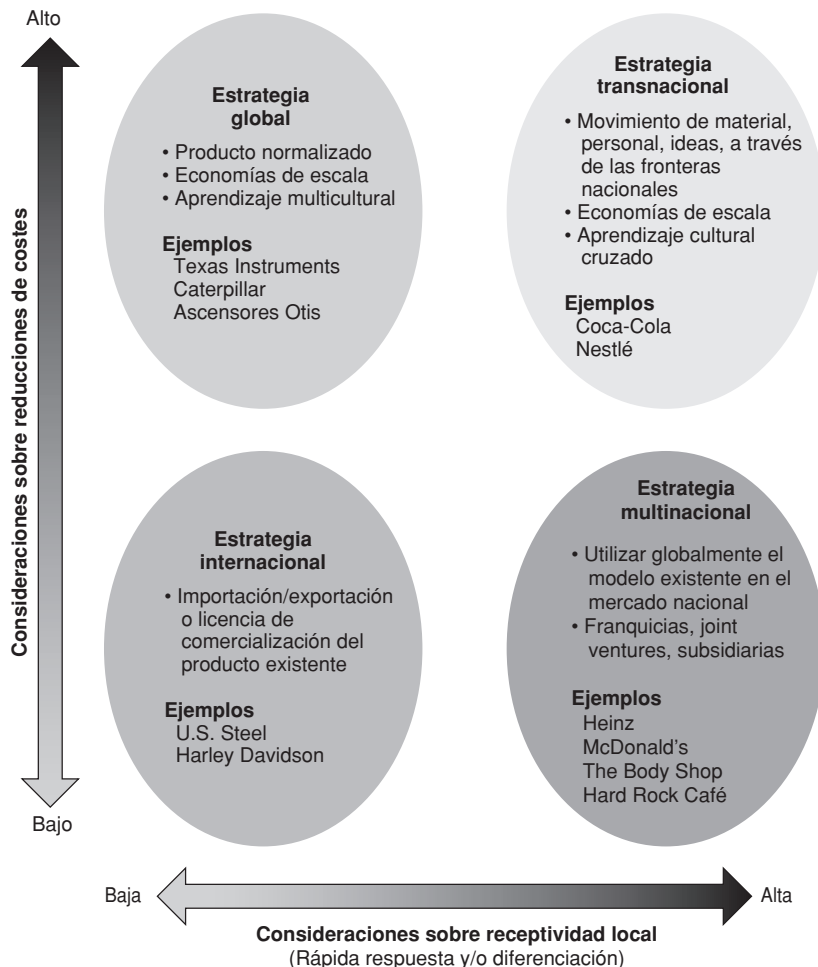


FIGURA 2.9 ■
Cuatro estrategias de las operaciones internacionales

Fuentes: Véase una presentación análoga en M. Hitt, R. D. Ireland y R. E. Hoskisson, *Strategic Management, Competitiveness and Globalization*, 6.ª edición, (Cincinnati: Southwestern College Publishing, 2006).

derable distancia del nuevo mercado. Sin embargo, una estrategia internacional es con frecuencia la más fácil, ya que las exportaciones requieren pocos cambios en las operaciones existentes, y los acuerdos sobre licencias a menudo dejan la mayoría del riesgo al adquirente de la licencia.

Estrategia multinacional

Estrategia multinacional

Las decisiones operativas están descentralizadas en cada país para aumentar la receptividad local.

Algunas empresas internacionales ofrecen el mismo nivel de tecnología, remuneración, seguridad y respeto al medio ambiente en todos los países. En la fábrica de IBM en Brasil, por ejemplo, utiliza los mismos “trajes limpios” y “salas limpias” que las fábricas de IBM en Estados Unidos y en Japón.

Estrategia global

Las decisiones operativas están centralizadas, y la sede central coordina la uniformidad y la transmisión de información entre las distintas instalaciones.

Estrategia transnacional

Combina las ventajas de las eficiencias a escala mundial con las ventajas de la receptividad local.

La **estrategia multinacional** tiene una estructura de toma de decisiones descentralizada, con autonomía sustancial en cada empresa. Desde el punto de vista organizativo son típicamente subsidiarias, filiales o joint ventures (empresas en participación), pero con una independencia sustancial. La ventaja de esta estrategia es que maximiza la respuesta competitiva para el mercado local. Sin embargo, esta estrategia tiene poca o ninguna ventaja en costes. Muchos productores de alimentos, como Heinz, utilizan una estrategia multinacional para adaptarse a los gustos locales, debido a que la integración mundial del proceso de producción no es crítica. El concepto es algo así como: “nosotros tenemos éxito en el mercado de nuestro país; exportemos el talento de la dirección y los procesos, no necesariamente el producto, para ajustarlo a otro mercado”. McDonald’s operó, en principio, como multinacional, lo que le proporcionó la sensibilidad local que necesitaba para modificar su menú país por país. Así, McDonald’s puede servir cerveza en Alemania, vino en Francia, MacHuevo (hamburguesa con huevo escalfado) en Uruguay, y hamburguesa sin ternera en la India. Con más de 2.000 locales abiertos en Japón, y presencia desde hace más de una generación, la familia japonesa media considera que McDonald’s es una empresa que se fundó en Japón. Curiosamente, McDonald’s prefiere llamarse a sí misma *multilocal*¹⁰.

Estrategia global

Una **estrategia global** posee un alto grado de centralización, con sedes centrales que coordinan la organización para buscar uniformidad y aprendizaje entre plantas productivas, de modo que genera economías de escala. Esta estrategia es adecuada cuando el enfoque estratégico está dirigido hacia la reducción de costes, pero es poco recomendable cuando las exigencias de la receptividad local son elevadas. Caterpillar, líder mundial en equipos de movimiento de tierras, y Texas Instruments, líder mundial en semiconductores, emplean estrategias globales. Tanto Caterpillar como Texas Instruments encuentran ventajosa esta estrategia, porque los productos finales son similares en todo el mundo. Un equipo de movimiento de tierras es el mismo en Nigeria que en Iowa, y ello permite a Caterpillar tener factorías individuales concentradas en una limitada línea de productos que luego se distribuyen por todo el mundo. Esto da origen a economías de escala y al aprendizaje entre cada instalación. Una estrategia global permite también a Texas Instruments construir plantas de tamaño óptimo con procesos similares, y así favorecer el aprendizaje a través de una comunicación dinámica entre las plantas. El resultado es una ventaja en una eficaz reducción de costes para Texas Instruments.

Estrategia transnacional

Una **estrategia transnacional** explota las economías de escala y de aprendizaje, pero, al mismo tiempo, ejerce influencia para conseguir la receptividad, reconociendo que la

¹⁰ James L. Watson, ed., *Golden Arches East: McDonald’s in East Asia* (Stanford University Press, 1997), 12. *Nota:* McDonald’s también opera con alguna de las ventajas de una organización global. Empleando líneas de producción muy semejantes en todo el mundo, McDonald’s obtiene alguna de las ventajas de la uniformidad de una estrategia global. Sin embargo, se las ingenia para mantener las ventajas de una empresa multinacional.

competencia clave no reside sólo en el país de origen, sino que puede existir en cualquier lugar de la organización. El término **transnacional** describe una condición en la que el material, el personal y las ideas cruzan (o *traspasan*) las fronteras nacionales. Estas empresas tienen el potencial para proseguir las tres estrategias de operaciones (o sea, diferenciación, bajo coste y respuesta). Tales empresas pueden considerarse como “empresas mundiales”; su identidad nacional no es tan importante como su red interdependiente de operaciones mundial. Las actividades claves en una empresa transnacional no están ni centralizadas en la empresa matriz, ni descentralizadas de forma que cada sucursal pueda llevar a cabo sus propias tareas a nivel local. Por el contrario, los recursos y actividades están dispersos, pero especializados, para gozar de eficiencia y flexibilidad en una red interdependiente. Nestlé es un buen ejemplo de este tipo de empresas. Aunque legalmente es suiza, el 95% de sus activos no está en Suiza y el 98% de sus ventas se realiza fuera de Suiza. Menos del 10% de sus operarios son suizos. Análogamente, empresas de servicios, como Asea Brown Boveri (empresa de ingeniería que es sueca, pero cuyas oficinas centrales están en Suiza), Reuter (agencia de noticias), Bertelsmann (editorial) y Citicorp (una corporación bancaria), pueden considerarse como transnacionales. Podemos esperar que las identidades nacionales de estas transnacionales sigan desvaneciéndose.

En su continua feroz batalla mundial con Caterpillar para lograr el dominio del mercado global de maquinaria pesada, Komatsu está construyendo maquinaria en todo el mundo en función de las necesidades de costes y de logística. Esta estrategia mundial permite a Komatsu desplazar la producción en función de las necesidades de los mercados y de las variaciones de los tipos de cambio.

Las operaciones globales dan lugar a un aumento tanto de los retos como de las oportunidades para los directores de operaciones. Aunque es un gran reto, los directores de operaciones pueden mejorar la productividad en una economía competitiva, global y dinámica. Pueden crear y dirigir funciones de dirección de operaciones que contribuyen de manera significativa a la competitividad. Las organizaciones identifican sus fortalezas y debilidades. Después definen misiones y estrategias eficaces que tienen en cuenta estas fortalezas y debilidades y complementan las oportunidades y amenazas del entorno. Si se hace bien, la organización puede tener una ventaja competitiva mediante una combinación de diferenciación del producto, bajos costes y capacidad de respuesta. Esta ventaja competitiva se suele lograr mediante un movimiento hacia estrategias internacionales, multinacionales, globales o transnacionales.

El uso eficaz de los recursos, ya sean nacionales o internacionales, es responsabilidad del directivo profesional, y los directivos profesionales son de los pocos de nuestra sociedad que *pueden* lograr este rendimiento. El reto es enorme, y las recompensas para el directivo y la sociedad sustanciales.

RESUMEN

Maquiladoras	Respuesta
Organización Mundial de Comercio (OMC)	Decisiones de operaciones
Acuerdo de libre comercio de Norteamérica (ALCNA)	PIMS
Unión Europea	Análisis DAFO
Misión	Factores críticos del éxito
Estrategia	Mapa de actividades
Ventaja competitiva	Empresa internacional
Diferenciación	Corporación multinacional
Diferenciación con la experiencia	Estrategia internacional
Liderazgo con costes bajos	Estrategia multinacional
	Estrategia global
	Estrategia transnacional

TÉRMINOS CLAVE



PROBLEMA RESUELTO

Estrategia en Pirelli SpA

La industria mundial de neumáticos sigue consolidándose. Michelin compra Goodrich y Uniroyal, y construye fábricas por todo el mundo. Bridgestone compra Firestone, aumenta su presupuesto de investigación y centra su atención en los mercados mundiales. Goodyear invierte casi un 4% de sus ingresos por ventas en investigación. Estas tres dinámicas empresas han pasado a dominar el mercado mundial de neumáticos, cada una con una cuota de mercado del 15 al 20%. Ante este despliegue, la tradicional firma italiana Pirelli SpA les ha respondido, pero cometiendo dos errores: la compra de Armstrong Tire y la desastrosa oferta pública para adquirir al fabricante de neumáticos alemán Continental AG. Pirelli seguía manteniendo tan sólo un 5% del mercado, y en 1991 estaba perdiendo 500 millones de dólares al año, mientras que la competencia se hacía más fuerte. Los neumáticos son un negocio duro y competitivo, que favorece a las empresas con sólidas cuotas de mercado y con grandes lotes de producción.

Empleando un análisis DAFO, idee una estrategia factible para Pirelli.

Solución

1. Encontrar una oportunidad en el mercado mundial que evite que los tres grandes arrasen en el mercado.
2. Maximizar el punto fuerte interno que supone el que los neumáticos de Pirelli hayan ganado

campeonatos mundiales de rally, y que tenga una de las marcas mundiales con más renombre.

Pirelli alcanzó contratos de exclusividad con el nuevo XJ-8 de Jaguar y con Lotus Elise, y tiene una gran cuota en ventas de neumáticos para Porsche, Mercedes Clase S, BMW y Saab. La gente está dispuesta a pagar un precio especial por sus neumáticos. Pirelli ha pasado de vender neumáticos estándar con poco margen comercial a vender neumáticos de mayor rendimiento con más margen comercial. La función de operaciones respondió centrandó sus esfuerzos en el diseño de neumáticos de alto rendimiento y en el desarrollo de un sistema de fabricación modular de neumáticos que permite cambiar la fabricación entre modelos de forma mucho más rápida. Este sistema de módulos, combinado con inversiones en una nueva flexibilidad de la producción, ha reducido el tamaño de los lotes de producción a una cantidad tan pequeña como 150-200, haciendo económicamente factibles los pequeños lotes de neumáticos de alto rendimiento. Continúa la amenaza de que los tres grandes vayan sobre el mercado de alto rendimiento, pero Pirelli ha evitado el factor negativo que supone tener una cuota pequeña de mercado, y la empresa ha vuelto a obtener beneficios.

Fuentes: *Forbes* (19 de mayo de 1997), 106-113, y *The Wall Street Journal* (1 de agosto de 1997): B3.

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice el CD-ROM del estudiante para obtener ayuda para este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Problemas de autoevaluación
- Problemas para practicar
- Visita virtual a una empresa
- Ejercicios para resolver con Internet



En el CD-ROM del estudiante

- Lección en PowerPoint
- Problemas prácticos
- Videoclips y caso en vídeo



PREGUNTAS PARA EL DEBATE

1. A partir de las descripciones y análisis de este capítulo, ¿cómo se describe mejor a Boeing, como una empresa global o como una transnacional? Discuta.
2. Ofrezca seis razones para internacionalizar las operaciones.
3. Se dice que Coca-Cola es un producto global. ¿Significa que Coca-cola se formula de la misma manera en todo el mundo? Discuta.
4. Defina *misión*.
5. Defina *estrategia*.
6. Describa cómo la *misión* y la *estrategia* de una organización tienen propósitos distintos.
7. Identifique la misión y la estrategia del taller de reparaciones de su automóvil. ¿Cuáles son las manifestaciones de las 10 decisiones de dirección de operaciones en el taller? Es decir, ¿cómo se lleva a cabo cada una de las 10 decisiones?
8. Como ejercicio para resolver con Internet o de búsqueda en la biblioteca, identifique la misión de una empresa y la estrategia que respalda a esa misión.
9. ¿Cómo cambia la estrategia de dirección de operaciones durante el ciclo de vida de un producto?
10. Hay tres formas fundamentales de lograr una ventaja competitiva. Ofrezca un ejemplo, que no esté en el texto, de cada una. Defienda sus elecciones.
11. Describa las cinco características de PIMS de las empresas con un elevado retorno de la inversión (ROI).
12. Visto el análisis sobre Southwest Airlines en el texto, defina una estrategia de *operaciones* para esa empresa.
13. ¿Cómo debe integrarse una estrategia de operaciones con marketing y contabilidad?



DILEMA ÉTICO

Como fabricante de zapatillas deportivas cuya imagen, y, de hecho, el rendimiento, se considera generalmente como socialmente responsable, descubre que sus costes están aumentando. Tradicionalmente sus zapatillas deportivas se han fabricado en Indonesia y Corea del Sur. Aunque la facilidad de hacer negocio en esos países ha estado mejorando, los salarios también han subido. El diferencial de costes laborales entre sus actuales proveedores y un contratista que fabricará las zapatillas en China supera ahora el dólar por unidad. Espera que sus ventas del próximo año asciendan a 10 millones de

pares, y sus análisis sugieren que este diferencial de coste no está compensado por ningún otro coste tangible; sólo debe hacer frente al riesgo político y al daño potencial a su compromiso con la responsabilidad social. Por consiguiente, este dólar de ahorro por cada par de zapatillas debería ir directamente a su cuenta de resultados. No hay duda de que el gobierno chino sigue siendo represivo y está muy lejos de ser una democracia. Además, no tiene control sobre las condiciones laborales y el acoso sexual. ¿Qué hace y en qué basa su decisión?



PROBLEMAS*

- 2.1. El texto ofrece tres vías fundamentales (planteamientos estratégicos) para lograr una ventaja competitiva. Ofrezca un ejemplo que no aparezca en el texto. Defienda sus elecciones. (*Sugerencia:* Observe los ejemplos en el texto).
- 2.2. Dentro de la industria de los servicios de alimentación (restaurantes que sirven comidas, no sólo los de comida rápida) encuentre ejemplos de empresas que han mantenido una ventaja competitiva compitiendo en (1) liderazgo en costes, (2) respuesta y (3) diferenciación. Cite un ejemplo en cada categoría; ofrezca una frase o dos que respalde cada elec-

ción. No utilice cadenas de comida rápida para todos los casos. (*Sugerencia:* Un “menú de 99 céntimos” se copia muy fácilmente y no constituye una fuente de ventaja sostenible).

- ⋮ **2.3.** Revise *The Wall Street Journal*, la sección financiera de un periódico, o lea las noticias empresariales online. Busque artículos sobre temas de fabricación que no funcionen de igual manera en todas partes: los trabajadores no pueden hacer esto, no se puede formar a los trabajadores para que hagan aquello, no se permite esta tecnología, los trabajadores no pueden utilizar este material, etcétera. Esté preparado para compartir sus artículos en un debate en la clase.
- ⋮ **2.4.** Relacione el producto con la empresa matriz y el país correspondiente.

Producto	Empresa matriz	País
Camisetas Arrow	a. Volkswagen	1. Francia
Electrodomésticos Braun	b. Bidermann International	2. Gran Bretaña
Automóviles Lotus	c. Bridgestone	3. Alemania
Neumáticos Firestone	d. Campbell Soup	4. Japón
Chocolate Godiva	e. Crédit Lyonnais	5. Estados Unidos
Helados Häagen-Daz	f. Ford Motor Company	6. Suiza
Automóviles Jaguar	g. Procter & Gamble	7. Malasia
Películas MGM	h. Grand Metropolitan	
Automóviles Lamborghini	i. Michelin	
Neumáticos Goodrich	j. Nestlé	
Alimentos para mascotas Alpo	k. Proton	

- ⋮ **2.5.** Identifique cómo afectan los cambios del entorno interno a la estrategia de dirección de operaciones de una empresa. Por ejemplo, analice el impacto que podrían tener los siguientes factores internos sobre la estrategia de dirección de operaciones:
 - a) Maduración de un producto.
 - b) Innovación de la tecnología del proceso manufacturero.
 - c) Cambios en el diseño del producto que cambian los lectores de discos de lectores de disquetes de 3½ pulgadas a lectores de CD-ROM.
- ⋮ **2.6.** Identifique cómo afectan los cambios del entorno externo a la estrategia de dirección de operaciones de una empresa. Por ejemplo, analice el impacto que podrían tener los siguientes factores externos sobre la estrategia de dirección de operaciones:
 - a) Grandes incrementos del precio del petróleo.
 - b) Legislación sobre calidad del agua y el aire.
 - c) Menos jóvenes que se incorporan al mercado laboral.
 - d) Inflación frente a precios estables.
 - e) Legislación que hace que los seguros médicos dejen de ser una prestación extrasalarial para ser considerados como renta imponible.
- ⋮ **2.7.** Desarrolle una clasificación en función de la corrupción en los siguientes países: México, Turquía, Dinamarca, Estados Unidos, Taiwán, Brasil y otro país de su elección. (*Sugerencia:* recurra a fuentes como *Transparency International*, *Asia Pacific Management News* y *The Economist*).
- ⋮ **2.8.** Desarrolle una clasificación de la competitividad y/o entorno empresarial de Gran Bretaña, Singapur, Estados Unidos, Hong Kong e Italia. (*Sugerencia:* véase *Global Competitive Report*, *World Economic Forum*, Ginebra, y *The Economist*).

■ *Caso de estudio* ■

Minit-Lube, Inc.

Existe un importante mercado para los talleres de puesta a punto, cambio de aceite, y engrase del automóvil para los más de 200 millones de vehículos que están en las carreteras estadounidenses. Parte de esta demanda se satisface en los concesionarios, parte en cadenas como Sears y Firestone, y algo por otras cadenas de venta de neumáticos y mantenimiento del automóvil. Sin embargo, Minit-Lube, Mobil-Lube, Jiffy-Lube y otros también desarrollaron una estrategia para aprovechar esta oportunidad.

Las estaciones de Minit-Lube realizan cambios de aceite, engrases y limpieza interior en un entorno immaculado. Los edificios están limpios, pintados de blanco y rodeados de bellos paisajes. Para facilitar un servicio rápido, los automóviles pueden avanzar en fila de tres. En Minit-Lube, el cliente es recibido por encargados del servicio que se han graduado en la escuela que Minit-Lube tiene en Salt Lake City. La escuela de Minit-Lube no es diferente de la Universidad McDonald's Hamburger cerca de Chicago, o de la escuela de formación de Holiday Inn, en Memphis. El recepcionista toma el pedido del cliente, que normalmente se refiere al control de líquidos (aceite, agua, líquido de frenos, líquido de la transmisión, grasa del diferencial) y a los engrases necesarios, así como al cambio de los filtros de aire y de aceite. A continuación, el personal de servicio, con uni-

formes limpios, se pone en acción. El equipo estándar está formado por tres personas: una comprueba los niveles bajo el capó, otra limpia el interior del vehículo con el aspirador, y también limpia los cristales, y la tercera está en el foso del taller cambiando el filtro del aceite, drenando el aceite, comprobando el diferencial y la transmisión y engrasando cuanto sea necesario. Para poder dejar listo el vehículo en diez minutos, se ha realizado una asignación precisa de tareas y se ha formado muy bien a los trabajadores. La idea es no cobrar más, y a ser posible cobrar menos, que las gasolineras, cadenas de reparación de automóviles y concesionarios de automóviles, suministrando un servicio superior.

Cuestiones para desarrollar

1. ¿Cuál es la misión de Minit-Lube?
2. ¿Cómo proporciona ventaja competitiva la estrategia de operaciones de Minit-Lube? (*Sugerencia:* Evalúe cómo los competidores tradicionales toman las diez decisiones de dirección de operaciones en comparación a cómo las toma Minit-Lube).
3. ¿Es probable que Minit-Lube haya aumentado la productividad hasta dejarla por encima de la de sus competidores tradicionales? ¿Por qué? ¿Cómo se mediría la productividad en esta industria?

■ *Caso de estudio* ■

La estrategia de Regal Marine

Regal Marine, uno de los diez mayores fabricantes de embarcaciones a motor de Estados Unidos, consigue su misión (proporcionar lujosas embarcaciones a clientes de todo el mundo) utilizando la estrategia de diferenciación. Sus productos se diferencian de los demás debido a su constante innovación, sus características únicas y su gran calidad. El aumento de ventas de esta empresa familiar de Orlando, Florida, hace suponer que la estrategia funciona.

Como fabricante de embarcaciones de calidad que es, Regal Marine comienza con una innovación continua, como se manifiesta en la utilización de diseño asistido por computador (CAD), moldes de gran calidad y tolerancias ajustadas, que se controlan por medio de gráficos de control y una rigurosa inspección visual. Sin embargo, la calidad dentro de la empresa no es suficiente. Como un producto sólo es bueno si lo son sus componentes, Regal ha establecido una estrecha relación con sus proveedores para asegurar a la vez flexibilidad y perfección en los componentes. Con la ayuda de

los proveedores, Regal puede producir rentablemente una gama de 22 embarcaciones, desde la Rush para tres pasajeros, de 11.000 dólares, hasta el yate Commodore, con 40 pies de eslora, de 250.000 dólares.

“Fabricamos embarcaciones”, dice VP Tim Kuck, “pero realmente estamos en el negocio de la diversión. Nuestra competencia no son solamente los otros 300 constructores de botes, canoas y yates de nuestro sector industrial (de 17.000 millones de dólares), sino también los cines y teatros, Internet y cualquier otro tipo de entretenimiento familiar alternativo”. Por fortuna para Regal, gracias a la fortaleza de la economía y a la derogación del impuesto de lujo sobre las embarcaciones, la empresa ha podido reducir su deuda y aumentar la cuota de mercado.

Además, Regal se ha asociado con un gran número de fabricantes independientes de embarcaciones en la American Boat Builders Association. A través de las economías de escala en los suministros, Regal puede competir contra la empresa multimillonaria Brunswick

(fabricante de las marcas Sea Ray y Bayliner). El perfil de una empresa global sobre Regal Marine que abre el Capítulo 5 proporciona más información sobre la empresa y su estrategia.

Preguntas para el debate*

1. Defina con sus propias palabras la misión de Regal Marine.
2. Determine los puntos fuertes y débiles, y las oportunidades y amenazas relevantes para la estrategia de Regal Marine.
3. ¿Cómo definiría la estrategia de Regal?
4. ¿Cómo se pondría en práctica cada una de las diez decisiones de dirección de operaciones en la toma de decisiones sobre operaciones en Regal Marine?

* Puede que quiera ver el caso de vídeo de su CD antes de responder a estas cuestiones.



Caso de estudio en vídeo

La estrategia global de Hard Rock Café

Hard Rock está llevando el concepto de la “economía de la experiencia” a sus actividades de restauración. La estrategia consiste en incorporar una “experiencia única” a sus operaciones. Esta innovación es en cierto modo similar a la personalización masiva en las manufacturas. En Hard Rock el concepto de la experiencia consiste en ofrecer no sólo una comida personalizada del menú, sino una experiencia de comida que incluye una experiencia visual y sonora única, que no se puede conseguir en ninguna otra parte del mundo. La estrategia está teniendo éxito. Otros restaurantes temáticos han aparecido y desaparecido mientras que Hard Rock sigue creciendo. Como señala el catedrático C. Markides del London Business School, “el truco no sólo está en jugar el juego mejor que la competencia, sino en crear y jugar un juego totalmente distinto*”. En Hard Rock, el juego distinto es el juego de la experiencia.

Desde la inauguración de su primer local en Londres en 1971, durante la explosión de la música rock británica, Hard Rock ha estado sirviendo comida y música

rock con el mismo entusiasmo. Hard Rock tiene unos 40 locales en Estados Unidos, aproximadamente una docena en Europa, y los restantes repartidos por todo el mundo, desde Bangkok y Pekín hasta Beirut. Las inversiones en nuevas construcciones, los arrendamientos y las inversiones en remodelaciones se hacen a largo plazo, por lo que una estrategia global implica que hay que prestar especial consideración a los riesgos políticos, riesgos de cambio de moneda, y a las normas sociales en un contexto de encaje de la marca. Aunque Hard Rock es una de las marcas más reconocidas del mundo, esto no significa que sus locales se adapten de forma natural a cualquier parte del mundo. Hay que prestar especial atención a la cadena de suministros del restaurante y a su tienda adjunta. Aproximadamente el 48% de los ingresos de un local provienen de los artículos que se venden en la tienda.

El modelo de negocio de Hard Rock está bien definido pero, puesto que existen diversos factores de riesgo y diferencias en las prácticas empresariales y en la legislación laboral, Hard Rock prefiere tener en franquicia aproximadamente la mitad de sus locales. Las

normas y preferencias sociales suelen sugerir algunos cambios en los menús para adaptarlos a los gustos locales. Por ejemplo, los europeos, sobre todo los británicos, siguen teniendo cierto miedo al mal de las vacas locas; por tanto, Hard Rock está centrándose menos en las hamburguesas y en la ternera y más en el pescado y las langostas en los locales británicos.

Puesto que el 70% de los clientes de Hard Rock son turistas, en los últimos años ha optado por expandirse a ciudades “destino”. Aunque ha sido una estrategia de éxito durante décadas, que ha permitido que la empresa pase de tener un local en Londres a contar con 110 locales en 41 países, ha hecho que Hard Rock sea vulnerable a las fluctuaciones económicas que afectan más a los negocios turísticos. Así que Hard Rock ha firmado un leasing a largo plazo para un nuevo local en Nottingham, Inglaterra, para unirlo a los locales abiertos recientemente en Manchester y Birmingham, ciudades que no son típicos destinos turísticos. Al mismo tiempo se están actualizando los menús. Es de esperar que el

regreso de los clientes en estas ciudades suavice la demanda y haga que Hard Rock dependa menos del turismo.

Preguntas para el debate**

1. Identifique los cambios de estrategia que se han producido en Hard Rock Café desde su fundación en 1971.
2. A medida que Hard Rock Café cambiaba de estrategia, ¿cómo han cambiado las respuestas a algunas de las diez decisiones de dirección de operaciones?
3. ¿En dónde se encuentra Hard Rock respecto a las estrategias de operaciones internacionales que se muestran en la Figura 2.9? Explique su respuesta.

* Constantinos Markides, “Strategic Innovation”, *MIT Sloan management Review* 38, n.º 3 (primavera de 1997), 9.

** Puede que quiera ver el caso de vídeo de su CD antes de responder a estas preguntas.

■ CASO DE ESTUDIO ADICIONAL ■

Casos de estudio en Internet: Visite nuestro sitio web en www.prenhall.com/heizer para obtener estos casos de estudio gratuitos:

- **Johannsen Steel Company:** analiza una acería especializada y su dificultad para hacer ajustes de la estrategia.
- **Operaciones internacionales en General Motors:** se ocupa de los planes estratégicos de expansión global de GM.
- **Estrategia global de Motorola:** Se centra en la estrategia internacional de Motorola.

Harvard ha seleccionado estos casos del Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Eli Lilly & Co.: Manufacturing Process Technology Strategy — 1991 (#692056):** Fabricación persigue una ventaja comparativa en una industria donde la I+D es la principal ventaja competitiva.
- **Fresh Connections (#600-022):** analiza cómo estructurar las operaciones para aprovechar el continuo crecimiento en el mercado sustitutivo de las comidas caseras.
- **Hitting the Wall: Nike and International Labor Practices (#7000047):** Nike tiene que superar una inmensa mala publicidad sobre los salarios en los países en desarrollo.
- **Komatsu Ltd. (#398-016):** Describe las transformaciones estratégicas y organizativas en Komatsu, un importante fabricante japonés de maquinaria pesada.
- **McDonald’s Corp. (#693028):** Los cambios en el entorno y en la competencia obligan a McDonald’s a replantearse su estrategia operativa.

- **Southwest Airlines — 1993 (A) (#694023):** Da una idea de la estrategia, las operaciones, el marketing y la cultura de Southwest.
- **Toys “Я” Us Japan (#796-077):** Documenta las dificultades de Toys “Я” Us al entrar en el mercado japonés de los juguetes.
- **Lenzing AG: Expanding in Indonesia (#796-099):** Presenta las cuestiones relativas a la expansión en un país extranjero.78,317



BIBLIOGRAFÍA

- Arnold, David, “Seven Rules of International Distribution”, *Harvard Business Review* 78, n.º 6 (noviembre-diciembre 2000): 131-137.
- Drucker, P. F., “The Emerging Theory of Manufacturing”, *Harvard Business Review* 68, n.º 3 (mayo-junio 1990): 94-103.
- Duncan, W. J., P. M. Ginter y L. E. Swayne, “Competitive Advantage and International Organization Assessment”, *Academy of Management Executive* 12, n.º 3 (agosto 1998): 6-16.
- Flynn, B. B., R. G. Schroeder y E. J. Flynn, “World Class Manufacturing: An Investigation of Hayes and Wheelwright’s Foundation”, *Journal of Operations Management* 17, n.º 3 (marzo 1999): 249-269.
- Gilmore, James H. y B. Joseph Pine II, *Markets of One: Creating Customer-Unique Value Through Mass Customization*. Boston: Harvard Business School Press, 2000.
- Kaplan, Robert S. y David P. Norton, *Strategy Maps*. Boston: Harvard Business School Publishing, 2003.
- Luke, Royce D., Stephen L. Walston y Patrick Michael Plummer, *Healthcare Strategy: In Pursuit of Competitive Advantage*. Chicago: Health Administration Press, 2003.
- MacMillan, Ian C. y Rita Gunther McGrath, “Discovering New Points of Differentiation”, *Harvard Business Review* 75, n.º 4 (julio-agosto 1997): 135-145.
- Ohmae, K., “The Borderless World”, *Sloan Management Review* 32 (invierno 1991): 117.
- Pine II, B. Joseph y James Gilmore, *The Experience Economy: Work Is Theatre & Every Business a Stage*. Boston: Harvard Business School Press, 1999.
- Porter, M. E., *The Competitive Advantage of Nations*. New York: The Free Press, 1990.
- Sarkis, J., “An Analysis of the Operational Efficiency of Major Airports in the United States”, *Journal of Operations Management* 18, n.º 3 (abril 2000): 335-352.
- Skinner, W., *Manufacturing: The Formidable Competitive Weapon*. New York: John Wiley, 1985.
- Vokurka, Robert J. y Scott W. O’Leary-Kelly, “A Review of Empirical Research on Manufacturing Flexibility”, *Journal of Operations Management* 18, n.º 4 (junio 2000): 485-501.
- Womack, J. P., D. T. Jones y D. Roos, *The Machine That Changed the World*. New York: Rawson Associates, 1990.
- Wright, Jeff y Tom Proschek, “Spotlight on Global Manufacturing”, *APICS The Performance Advantage* (abril 2001): 30-32.



RECURSOS EN INTERNET

- Business Policy and Strategy, Division of the Academy of Management: <http://www.aom.pace.edu/bps/>
- Country Competitiveness Indicators from the World Bank: <http://wbln0018.worldbank.org/psd/compete.nsf/>
- European Union: http://europa.eu.int/index_en.htm
- International Trade Administration: <http://www.ita.doc.gov>
- Manufacturing Strategies, maintained at Cranfield University: <http://www.cranfield.ac.uk/som>
- Transparency International maintains a Bribe Payers Perception Index (BPI) and a Corruption Perceptions Index: <http://www.transparency.de/> - <http://www.globalcorruptionreport.org>
- World Bank: <http://www.worldbank.org>
- World Economic Forum: <http://www.weforum.org>

DIRECCIÓN DE PROYECTOS

3

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: BECHTEL GROUP

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

El director de proyecto
Estructura de trabajo desagregada

PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO

CONTROL DE PROYECTOS

TÉCNICAS DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS: PERT Y CPM

El marco de la PERT y el CPM
Diagramas de red y enfoques
Ejemplo de actividad en nodo
Ejemplo de actividad en flecha (AOA)

DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA (CALENDARIO) DE UN PROYECTO

Programación hacia delante
Programación hacia atrás
Cálculo de los tiempos de holgura e identificación del camino crítico

VARIABILIDAD EN LAS DURACIONES DE LAS ACTIVIDADES

Tres estimaciones de duración en el método PERT
Probabilidad de finalización del proyecto

EQUILIBRIO ENTRE COSTE Y DURACIÓN, Y ACCELERACIÓN DE LA DURACIÓN DE UN PROYECTO

CRÍTICA A LOS MÉTODOS PERT Y CPM

CÓMO UTILIZAR MICROSOFT PROJECT PARA GESTIONAR PROYECTOS

Creación del programa del proyecto utilizando MS Project
Seguimiento del avance y control de costes utilizando MS Project

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

CÓMO UTILIZAR PROGRAMAS INFORMÁTICOS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y EN EL CD-ROM DEL ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

DILEMA ÉTICO

EJERCICIO ACTIVE MODEL

PROBLEMAS

PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

CASO DE ESTUDIO: UNIVERSIDAD DE SOUTHWESTERN

CASO DE ESTUDIO EN VÍDEO: DIRECCIÓN DE PROYECTOS EN EL ARNOLD PALMER HOSPITAL; ORGANIZACIÓN DEL FESTIVAL ROCKFEST DE HARD ROCK

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando acabe este capítulo debe ser capaz de:

Identificar o definir:

Estructura de trabajo desagregada
Camino crítico
Redes AOA y AON
Programación hacia delante y hacia atrás
Variabilidad de los tiempos de actividad

Describir o explicar:

El papel del director de proyecto
Técnicas de evaluación y revisión de programas (PERT)
El método del camino crítico (CPM)
Reducción de la duración de un proyecto
Cómo utilizar MS Project



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: BECHTEL GROUP

La dirección de proyectos proporciona ventaja competitiva a Bechtel

En Kuwait, los equipos contra incendios de Bechtel confiaban en los explosivos y en la maquinaria pesada para extinguir los fuegos iniciados con la retirada de las tropas iraquíes. Se construyeron más de 200 lagunas llenas de agua de mar y se instalaron bombas y mangueras de bombeo de agua para apagar las llamas.

Los operarios bregan con una gigantesca máquina perforadora de 1.500 toneladas de peso y 8 metros de diámetro, que se utilizó en la perforación del Eurotúnel al comienzo de los noventa. Al excederse el presupuesto a unos costes de proyecto que se elevaron hasta los 13.000 millones de dólares, se puso a un vicepresidente de Bechtel Group al frente de la dirección de las operaciones.

La dirección de proyectos de macroconstrucciones, como ésta, es el punto fuerte de Bechtel. Al tener estos proyectos altas penalizaciones por retrasos en su terminación y haber incentivos para el caso de una terminación anticipada, un buen director de proyectos vale su peso en oro.

Actualmente en su 108 aniversario, la empresa de San Francisco, Bechtel Group es el líder mundial en la dirección de grandes proyectos de construcción e ingeniería. El grupo, conocido por sus proyectos de miles de millones de dólares, es famoso por sus obras monumentales de la presa Hoover y por el proyecto de túnel/arteria central de Boston, y más recientemente por la reconstrucción de las infraestructuras de gas y petróleo de Kuwait después de la invasión por parte de Irak.

Aun para Bechtel, cuya ventaja competitiva es la dirección de proyectos, reconstruir 650 pozos incendiados por el sabotaje iraquí en 1990 fue una pesadilla logística. El panorama de destrucción de Kuwait era sobrecogedor; el fuego salía de la tierra desde casi cualquier punto cardinal. Kuwait no tenía agua, comida, electricidad o instalaciones. El país estaba plagado de minas, bombas, granadas y proyectiles de artillería sin explotar, mientras lagos de petróleo cubrían las carreteras.

Con un gran programa global de suministros, los equipos de especialistas de Bechtel recurrieron a la red de proveedores y distribuidores de la empresa en todo el mundo. En el puerto de Dubai, a unos 900 kilómetros al sudeste de Kuwait, Bechtel estableció el punto neurálgico de descarga y almacenaje desplegando 520.000 toneladas de equipos y suministros. Bechtel creó una fuerza de trabajo de 16.000 personas, movilizó 742 aviones y barcos, y más de 5.800 bulldozers, ambulancias y otros equipos operativos, procedentes de 40 países de los cinco continentes.

Ahora, 15 años más tarde, Kuwait está produciendo petróleo otra vez. Los proyectos más recientes de Bechtel comprenden:

- La construcción de 26 gigantes centros de distribución, en tan sólo 2 años, para la empresa de Internet Webvan Group.
- La construcción de 30 centros de datos de alta seguridad para Equinix Inc.
- La construcción y explotación de una línea férrea entre Londres y el Túnel del Canal (4.600 millones de dólares).
- La construcción de oleoducto desde la región del mar Caspio hasta Rusia (850 millones de dólares).
- La ampliación del aeropuerto de Dubai de los Emiratos Árabes Unidos (600 millones de dólares) así como el Aeropuerto Internacional de Miami (2.000 millones de dólares).
- La construcción de plantas de gas natural líquido en Trinidad, Las Antillas (1.000 millones de dólares).
- La construcción de un nuevo metro en Atenas, Grecia (2.600 millones de dólares).
- La construcción de una tubería de transporte de gas natural en Tailandia (700 millones de dólares).
- La construcción de una autopista que une el norte y el sur de Croacia (303 millones de dólares).

Cuando las empresas o países buscan empresas para dirigir estos macroproyectos, acuden a Bechtel que, una y otra vez, gracias a una sobresaliente dirección de proyectos, ha demostrado su ventaja competitiva.

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS

- Cuando el equipo de dirección de Bechtel entró en Kuwait, movilizó rápidamente una fuerza internacional de casi 8.000 trabajadores manuales, 1.000 profesionales de construcción, un equipo de personal médico de 100 personas y dos equipos de evacuación en helicóptero. Tuvo que instalar 6 comedores para servir 27.000 comidas al día y construyó un hospital de campaña con 40 camas.
- Cuando Microsoft Corporation puso en marcha el desarrollo de Windows Longhorn, el mayor y más completo programa que ha desarrollado hasta la fecha, el tiempo era el factor crítico para el director del proyecto. Con cientos de programadores trabajando en millones de líneas de código en un programa que costaba cientos de millones de dólares, enormes intereses dependían de una finalización del programa a tiempo.
- Cuando Hard Rock Café patrocina el concierto anual Rockfest, al que acuden más de 100.000 espectadores, el director del proyecto inicia la planificación con unos nueve meses de antelación. Utilizando el paquete de software MS Project, que se describe en este capítulo, se puede hacer un seguimiento y control de cada uno de los cientos de detalles. Cuando un grupo no puede llegar al lugar del concierto en autobús debido a los enormes atascos de tráfico, el director del proyecto de Hard Rock tiene preparado un helicóptero como medida de precaución.



Vídeo 3.1

Gestión de proyectos en el concierto Rockfest organizado por Hard Rock

Bechtel, Microsoft y Hard Rock son sólo tres ejemplos de empresas que se enfrentan a un fenómeno moderno: la complejidad creciente de los proyectos y la drástica reducción de los ciclos de vida de productos o servicios. Este cambio surge de la conciencia del valor estratégico de la competencia basada en el tiempo (plazo) y de la imperante necesidad de mejorar continuamente la calidad. Cada nueva introducción de un producto o servicio es un hecho único: un proyecto. Además, los proyectos son una parte común de nuestra vida cotidiana. Puede que estemos planificando una boda, o una fiesta de cumpleaños sorpresa, o haciendo obras en casa, o preparando un proyecto de clases para el semestre.

La programación de los proyectos es un reto difícil para los directores de operaciones. Los riesgos son elevados. Una mala programación y unos controles deficientes pueden provocar retrasos innecesarios y costes superiores a los previstos.

Los proyectos que requieren meses o años para ser llevados a cabo se suelen realizar fuera del sistema de producción normal. Se crean organizaciones de proyecto dentro de la propia empresa para ocuparse de esos trabajos y, a menudo, se disuelven cuando se terminan. La dirección de proyectos comprende tres fases (véase la Figura 3.1):

1. *Planificación.* Esta fase comprende fijar el objetivo, definir el proyecto y organizar el equipo.
2. *Programación.* Esta fase adjudica personas, dinero y suministros a actividades específicas, y relaciona las actividades entre sí.
3. *Control.* Aquí la empresa vigila los recursos, los costes, la calidad y los presupuestos. También revisa o cambia los planes y modifica los recursos para cumplir los plazos y los presupuestos de costes.

Empezaremos este capítulo con una breve visión de conjunto de estas funciones. También se describen tres técnicas muy conocidas que permiten a los directores planificar, programar y controlar: los diagramas de Gantt, el PERT y el CPM.

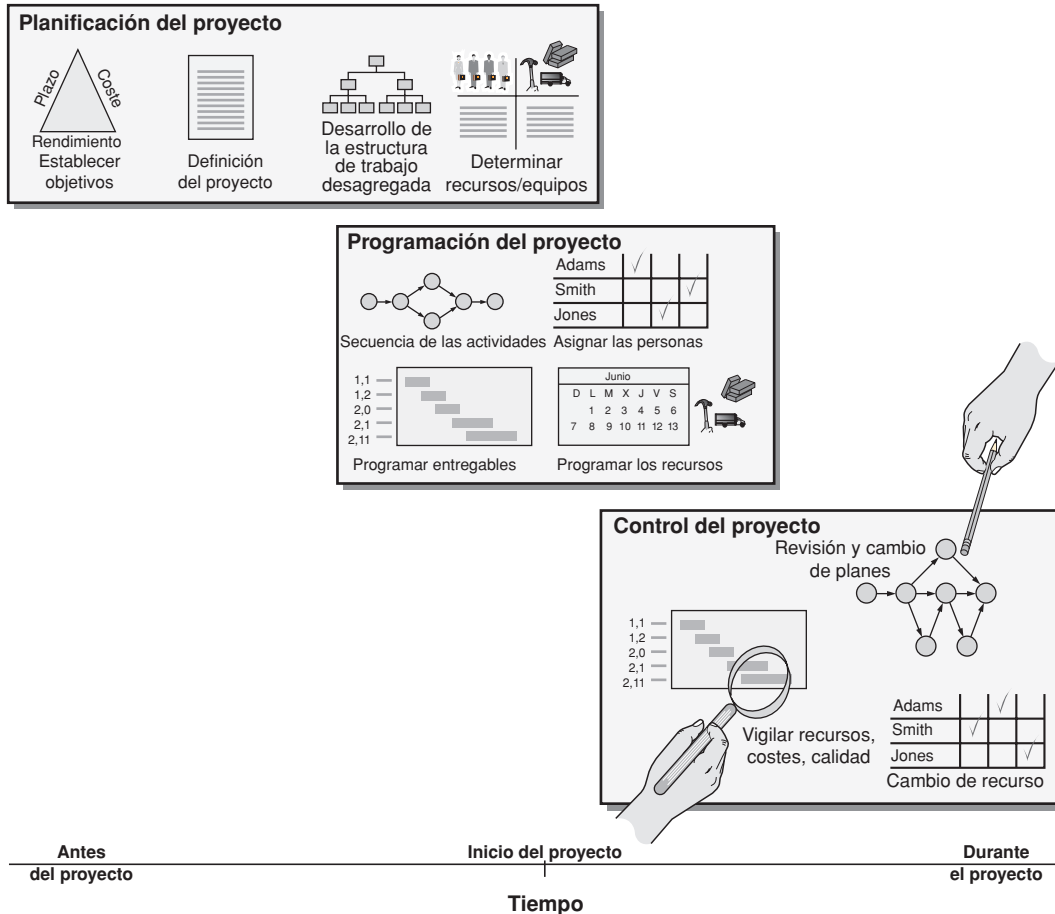


FIGURA 3.1 ■ Planificación, programación y control de proyectos

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los proyectos pueden definirse como una serie de tareas relacionadas cuya realización se dirige a la obtención de un producto superior. En algunas empresas se desarrolla una **organización de proyecto** para asegurar que los programas existentes continúan funcionando día a día sin problemas, y que los nuevos proyectos finalizan con éxito.

Para una empresa con múltiples proyectos, como una empresa de construcción, la organización del proyecto es una forma eficaz de asignar las personas y recursos físicos necesarios. Es una estructura de organización temporal diseñada para alcanzar resultados empleando para ello a especialistas de toda la empresa. La NASA, al igual que otras muchas organizaciones, utiliza este planteamiento. A estos efectos deben recordarse el Proyecto Géminis y el Proyecto Apollo. Estos nombres se utilizaron para describir los equipos que la NASA organizó para alcanzar los objetivos de las exploraciones espaciales.

Organización de proyecto

Una organización diseñada para asegurar que los programas (proyectos) sean correctamente dirigidos y atendidos.

La organización del proyecto funciona mejor cuando:

1. El trabajo puede definirse con un objetivo y una fecha tope específicos.
2. El trabajo a realizar es único o desconocido en cierta medida por la organización existente.
3. El trabajo comprende tareas complejas relacionadas entre sí que requieren habilidades especiales.
4. El proyecto es temporal pero esencial para la organización.
5. El proyecto traspasa las divisiones organizativas de la empresa afectando a diferentes secciones o departamentos.

El director del proyecto

En la Figura 3.2 se muestra un ejemplo de una organización. Los miembros del equipo del proyecto se asignan temporalmente al proyecto, e informan al director del proyecto. El director del proyecto coordina sus actividades con otros departamentos, e informa directamente a la alta dirección. Los directores de proyecto tienen una gran notoriedad en la empresa y son responsables directos de conseguir (1) que todas las actividades necesarias se terminen en la secuencia adecuada y en los plazos fijados; (2) que el proyecto cumpla el presupuesto; (3) que el proyecto alcance las metas de calidad, y (4) que las personas asignadas al proyecto reciban la motivación, dirección e información necesarias para la realización de sus tareas. Esto significa que los directores de proyectos deben ser buenos asesores y comunicadores, y deben ser capaces de organizar actividades provenientes de diferentes disciplinas.

Cuando una organización de proyecto se hace permanente, se suele denominar "organización matricial".

Cuestiones éticas que hay que abordar en la dirección de proyectos Los directores de proyectos no sólo tienen gran notoriedad, sino que también tienen que tomar decisiones éticas a diario. Su comportamiento sienta las bases del código de conducta para todos los demás implicados en el proyecto. A nivel personal, los directores de proyectos suelen tener que tomar decisiones sobre (1) ofertas de regalos de los contratistas, (2) presiones para alterar los informes de avance del proyecto para ocultar la realidad de los retrasos,

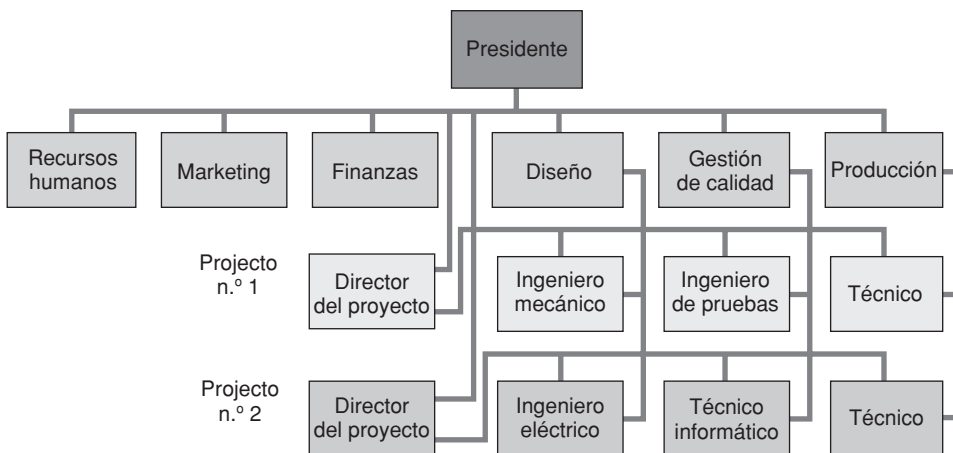


FIGURA 3.2 ■ Ejemplo de una organización del proyecto

(3) informes falsos sobre cargas de tiempos y gastos, y (4) presiones para sacrificar la calidad y poder cumplir plazos para primas o penalizaciones.

Otros importantes problemas en proyectos grandes y pequeños son:

- Acuerdos en pujas: divulgación de información confidencial a algunos postores para darles una ventaja injusta.
- Contratistas de “baja oferta”: que intentan “hacerse” con el proyecto ofreciendo un precio reducido con la esperanza de recuperar los costes posteriormente con revisiones del contrato o, sencillamente, recortando la calidad.
- Sobornos: sobre todo en los proyectos internacionales.
- Inflar las cuentas de gastos, utilizar materiales de baja calidad, sacrificar las medidas de seguridad/sanidad, ocultación de información necesaria.
- No se reconoce el incumplimiento del proyecto al terminarse.

Los códigos deontológicos, como el creado por el Project Management Institute (www.pmi.org) son un medio de intentar definir normas. Investigaciones recientes han demostrado que sin un buen liderazgo y una fuerte cultura organizativa la mayoría de la gente aplica su propio conjunto de valores y normas éticas¹.

Estructura de trabajo desagregada

El equipo de dirección del proyecto comienza su tarea mucho antes del inicio de la ejecución del proyecto para desarrollar un plan. Uno de sus primeros pasos es fijar cuidadosamente los objetivos del proyecto, y entonces descomponerlo en una serie de actividades manejables. Esta **estructura desagregada del trabajo** define el proyecto, dividiéndolo en sus principales subcomponentes (o tareas) que, a su vez, se subdividen en componentes aún más detallados, y finalmente en una serie de actividades y sus costes relacionados. La desagregación de un proyecto en tareas más y más pequeñas es, en ocasiones, muy difícil, pero a la vez fundamental para poder dirigir un proyecto y programarlo con éxito. En esta fase de planificación se calcula también cuántas personas, suministros y equipos serán necesarios.

Una típica estructura de trabajo desagregada suele disminuir de tamaño de arriba abajo y se sangra de la siguiente manera:

- | | |
|-------|--|
| Nivel | |
| 1 | Proyecto |
| 2 | Principales tareas del proyecto |
| 3 | Subtareas de las tareas principales |
| 4 | Actividades a realizar (o “paquetes de trabajo”) |

Este marco de trabajo jerarquizado queda ilustrado con el desarrollo del sistema operativo de Microsoft, Windows Longhorn. Como puede verse en la Figura 3.3, el proyecto de creación de un sistema operativo se identifica como 1.0. El primer paso consiste en identificar las tareas principales del proyecto (nivel 2). Dos ejemplos son el desarrollo de interfaces de gráficas de usuario o GUI (*Graphic User Interfaces*) (1.1), y hacerlo compatible con las versiones antiguas de Windows (1.2). Las subtareas principales de 1.2 son la creación de un equipo que lo haga compatible con Windows ME (1.21), un equipo de compatibilidad para Windows XP (1.22), y la compatibilidad con Windows 2000 (1.23). A con-

Estructura desagregada de trabajo

Dividir un proyecto en componentes más y más detallados.

¹ Véanse P. J. Rutland, “Ethical Codes and Personal Values”, *Cost Engineering* 44 (diciembre de 2002), 22; y K. K. Humphreys, *What Every Engineer Should Know About Ethics* (Nueva York: Marcel Dekker, 2005).

Nivel	N.º de identificación del nivel	Actividad
1	1.0	Desarrollo/lanzamiento del sistema operativo Windows Longhorn
2	1.1	Desarrollo de los GUI
2	1.2	Asegurar compatibilidad con las versiones anteriores de Windows
3	1.21	Compatibilidad con Windows ME
3	1.22	Compatibilidad con Windows XP
3	1.23	Compatibilidad con Windows 2000
4	1.231	Capacidad de importar archivos

FIGURA 3.3 ■ Estructura de trabajo desagregada

tinuación cada subtarea principal se desglosa en las actividades que se realizan en el nivel 4, como por ejemplo “importar archivos” creados por Windows 2000 (1.231). Normalmente hay muchas actividades de nivel 4.

PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO

La programación del proyecto implica ordenar y asignar un tiempo a todas las actividades de un proyecto. En esta fase, los directivos deciden cuánto durará cada actividad y calculan cuántas personas y cuánto material se necesitarán en cada fase de producción. Los directivos también establecen programas diferenciados de necesidades de personal según el tipo de habilidad o cualificación requeridas (dirección, ingeniería o vertido de hormigón, por ejemplo). También pueden elaborarse diagramas para programar los materiales.

Un herramienta habitual para la programación de proyectos es el diagrama de Gantt. Los **diagramas de Gantt** son herramientas de bajo coste que ayudan a los directores a asegurarse de que (1) todas las actividades están planificadas, (2) su orden de realización se tiene en cuenta, (3) se han indicado las estimaciones de duraciones de las actividades, y (4) se ha estimado la duración global del proyecto. Como muestra la Figura 3.4, los diagramas de Gantt son fáciles de entender. Se dibuja una barra horizontal para cada activi-

Diagramas de Gantt
Diagramas de planificación utilizados para programar los recursos y asignar fechas

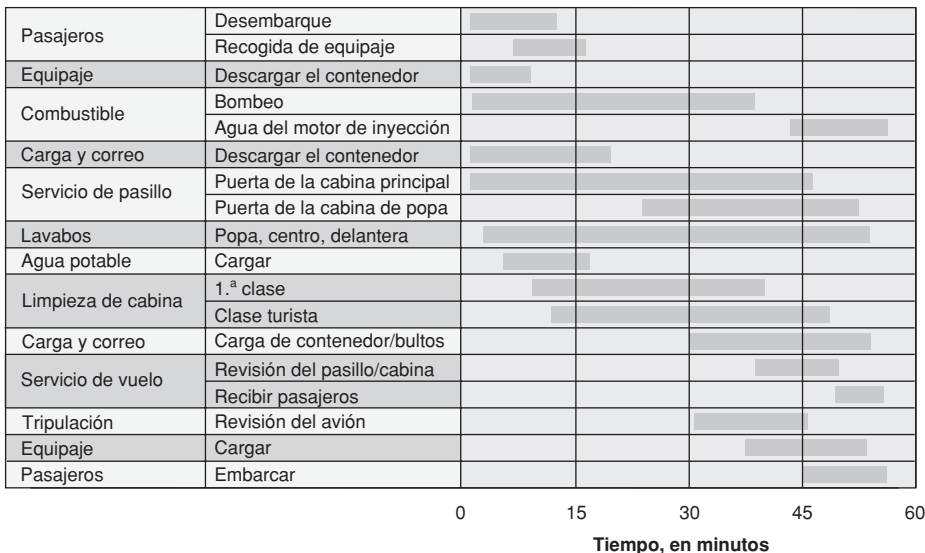


FIGURA 3.4 ■ Actividades de servicio en un reactor comercial, durante una escala de 60 minutos

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

LA TRIPULACIÓN DE TIERRA DE DELTA AIRLINES ORGANIZA UN PLÁCIDO DESPEGUE

Los tres motores del vuelo 199 "aúllan" a su llegada cuando el jet L-1011 de fuselaje ancho avanza pesadamente por la pista de aterrizaje de Orlando, con 200 pasajeros procedentes de San Juan. Dentro de una hora el avión va a estar volando de nuevo.

Sin embargo, antes de que pueda salir, hay varias tareas que atender: cientos de pasajeros y toneladas de equipaje y cargamento que descargar y cargar; cientos de comidas y miles de litros de combustible para el avión, un sinnúmero de refrescos y botellas de licor que reabastecer; limpiar la cabina y los baños; vaciar los tanques de los servicios; y revisar los motores, las alas y el tren de aterrizaje.

Las 12 personas del personal de tierra saben que un error en cualquier sitio, un transportador de cargamento roto, un equipaje perdido, o unos pasajeros mal dirigidos, pueden significar una salida con retraso y provocar una

reacción en cadena de quebraderos de cabeza, desde Orlando hasta Dallas, y a cada destino de un vuelo de enlace.

A Dennis Dettro, el director de operaciones de Delta en el Aeropuerto Internacional de Orlando, le gusta llamar a la operación de carga y descarga "una sinfonía bien dirigida". Al igual que el personal de los boxes espera a un coche de carreras, el personal entrenado espera al vuelo 199 con carros para equipajes, remolques, grúas hidráulicas de carga, un camión para cargar comidas y bebidas, otro para elevar al personal de limpieza, otro para echar combustible y un cuarto para vaciar el agua. La "orquesta" normalmente trabaja con tanta armonía que la mayoría de los pasajeros no sospecha las proporciones del esfuerzo. Los diagramas de Gantt como el de la Figura 3.4 ayudan a la compañía aérea Delta, y a otras líneas aéreas, mediante la asignación de personal y la programación necesaria, a interpretar esta sinfonía.

Fuentes: *New York Times* (21 de enero de 1997), C1 C20, y *USA Today* (17 de marzo de 1998), 10E.

dad del proyecto a lo largo de una línea de tiempo. Esta figura muestra el mantenimiento rutinario de un jet de la compañía aérea Delta Airlines durante los 60 minutos de una escala, y también muestra cómo los diagramas de Gantt pueden emplearse asimismo para programar operaciones repetitivas. En este caso, los diagramas ayudan a identificar retrasos potenciales. El recuadro de *Dirección de operaciones en acción* sobre Delta Airlines proporciona más información. (También se muestra un diagrama de Gantt en el Capítulo 5 del volumen *Direcciones Tácticas*, Figura 5.4).

En proyectos sencillos pueden utilizarse sólo estos diagramas de programación que permiten a los directivos observar el progreso en cada actividad y descubrir y solucionar las áreas con problemas. Sin embargo, los diagramas de Gantt no muestran adecuadamente las interrelaciones entre las actividades y los recursos.

Los métodos PERT y CPM, las dos técnicas de red más utilizadas que describiremos a continuación, *tienen* la característica de poder presentar las relaciones de precedencia y la interdependencia de las actividades. En proyectos complejos, cuya programación está casi siempre informatizada, los métodos PERT y CPM aventajan a los más sencillos diagramas de Gantt. Sin embargo, incluso en los grandes proyectos pueden utilizarse diagramas de Gantt como un resumen de la situación del proyecto y pueden complementar a los otros planteamientos de redes.

En resumen, cualquiera que sea el método elegido por un director de proyectos, la programación de aquél sirve para varios objetivos:

1. Muestra la relación de cada actividad con las demás y con el proyecto completo.
2. Identifica las relaciones de precedencia entre las actividades.
3. Fomenta el establecimiento de una duración y un coste realista para cada actividad.

Los gráficos de Gantt son un ejemplo de una técnica no matemática y ampliamente utilizada. Gusta mucho a los directivos por su sencillez y fácil visualización.

4. Ayuda a una mejor utilización de los recursos de personal, dinero y materiales, identificando cuellos de botella de importancia crítica en el proyecto.

CONTROL DE PROYECTOS

El control de grandes proyectos, como el control de cualquier sistema de dirección, implica un seguimiento muy de cerca de los recursos, los costes, la calidad y los presupuestos. El control implica también la utilización de un circuito de reatrolimentación para revisar el plan del proyecto y tener la posibilidad de mover los recursos allí a donde sean más necesarios. Los informes y diagramas PERT/CPM son hoy en día de disponibilidad habitual en PC. Algunos de los programas más conocidos son: Primavera (de Primavera Systems, Inc.), MacProject (de Apple Computer Corp.), Petmaster (de Westminster Software Inc.), VisiSchedule (de Paladin Software Corp.), Time Line (de Symantec Corp.) y MS Project (de Microsoft Corp.), del cual hablaremos en este capítulo.

Estos programas producen una amplia variedad de informes que incluyen: (1) desgloses detallados del coste de cada tarea, (2) curvas de mano de obra total del programa, (3) tablas de distribución del coste, (4) resúmenes de costes y horas por función, (5) previsiones de materias primas y gastos, (6) informes de problemas, (7) informes de análisis de tiempos, y (8) informes de la situación del trabajo.

TÉCNICAS DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS: PERT Y CPM

La **técnica de evaluación y revisión de programas (PERT: Program Evaluation and Review Technique)** y el **método del camino crítico (CPM: Critical Path Method)** fueron ambas desarrolladas en los años cincuenta para ayudar a los directivos a programar, hacer el seguimiento y controlar grandes y complicados proyectos. El CPM se creó primero, en 1957, como una herramienta desarrollada por J. E. Kelly de Remington Rand y S. R. Walker de duPont para ayudar a la construcción y mantenimiento de fábricas químicas de duPont. Independientemente, la técnica PERT fue desarrollada en 1958 por Booz, Allen y Hamilton para la Marina de Estados Unidos.

El marco de la PERT y el CPM

La PERT y el CPM siguen seis pasos básicos:

1. Definir el proyecto y preparar una estructura de trabajo desagregada.
2. Definir las relaciones entre las actividades. Determinar qué actividades deben preceder y cuáles deben seguir a otras.
3. Dibujar la red que conecta todas las actividades.
4. Asignar las estimaciones de duración y/o coste de cada actividad.
5. Calcular el camino de máxima duración en la red. Éste es el denominado **camino crítico**.
6. Utilizar la red para ayudar a planificar, programar, seguir y controlar el proyecto.

El paso 5, la determinación del camino crítico, es una parte principal del control del proyecto. Las actividades presentes en el camino crítico representan tareas que retrasarán todo el proyecto si no se acaban a tiempo. Los directivos pueden conseguir la flexibilidad necesaria para realizar las tareas críticas identificando las actividades que no son críticas y volviendo a planificar, programar y asignar los recursos financieros y de personal.

La construcción del nuevo edificio de 11 plantas del Arnold Palmer Hospital en Orlando, Florida, fue un enorme proyecto para la dirección del hospital. Este proyecto de 100 millones de dólares y cuatro años de duración se analiza en el Caso de estudio en vídeo al final de este capítulo.



Vídeo 3.2

Gestión de proyectos en el Arnold Palmer Hospital

La técnica de evaluación y revisión de proyectos (PERT)

Una técnica de gestión de proyectos que emplea tres estimaciones de duración para cada actividad.

Método del camino crítico (CPM)

Es una técnica de gestión de proyectos que utiliza sólo una estimación de duración para cada actividad.

Camino crítico

El camino (o caminos) de mayor longitud (duración) en una red.

Aunque PERT y CPM se diferencian hasta cierto punto en terminología y en la forma de construir la red, sus objetivos son los mismos. Además, el análisis utilizado en ambas técnicas es muy parecido. La diferencia principal es que PERT emplea tres estimaciones de duración para cada actividad. Cada estimación tiene una determinada probabilidad de darse, lo que, a su vez, se utiliza para calcular el valor esperado medio y la desviación estándar de la duración de la actividad. CPM supone que la duración de la actividad se conoce con certeza y, por tanto, sólo necesita una duración para cada actividad.

Para mayor claridad, el resto del capítulo se centra en la descripción del PERT. La mayoría de los comentarios y procedimientos descritos, sin embargo, son aplicables también al método del camino crítico.

PERT y CPM son importantes porque pueden ayudar a responder a preguntas como las siguientes (sobre proyectos con miles de actividades):

1. ¿Cuándo se acabará el proyecto?
2. ¿Cuáles son las actividades o tareas críticas del proyecto, es decir, las que demorarían todo el proyecto si sufrieran un retraso?
3. ¿Cuáles son las actividades no críticas, es decir, las que pueden ejecutarse con retraso sin demorar la terminación de todo el proyecto?
4. ¿Cuál es la probabilidad de que el proyecto se termine en una fecha determinada?
5. Se puede calcular en cualquier momento si el proyecto va según lo programado, por detrás de lo programado o por delante de lo programado.
6. Se puede calcular en cualquier momento si se ha gastado el mismo dinero, menos dinero o más dinero que la cantidad presupuestada.
7. ¿Hay suficientes recursos disponibles para acabar el proyecto a tiempo?
8. Si el proyecto tiene que estar acabado en un corto espacio de tiempo, ¿cuál es el mejor modo de lograrlo al mínimo coste?

Diagramas de red y enfoques

El primer paso en una red PERT o CPM consiste en dividir el proyecto completo en actividades significativas acordes a la estructura desagregada del trabajo. Hay dos planteamientos para dibujar redes: **Actividad en Nodos o Vértices (AON: Activity on Node)** y **Actividad en Flechas o Arcos (AOA: Activity on Arrow)**. Con la convención AON los *vértices* o *nodos* designan actividades. Con la AOA, las *flechas* o *arcos* representan actividades. Las actividades consumen tiempo y recursos. La principal diferencia entre AON y AOA es que los nodos o vértices en un gráfico AON representan actividades. En una red AOA los nodos o vértices representan el momento de inicio y de culminación de una actividad y también se denominan *etapas* o *sucesos*. Así pues, los nodos en una red AOA no consumen ni tiempo ni recursos.

La Figura 3.5 ilustra ambos enfoques para una pequeña parte del gráfico de Gantt de las operaciones de la compañía aérea (en la Figura 3.4). Los ejemplos ofrecen una base para comprender seis relaciones comunes de las actividades en las redes. En la Figura 3.5(a), la actividad A debe terminarse antes de que se inicie la actividad B, y B, a su vez, debe terminarse antes de empezar C. La actividad A podría representar “el desembarco de los pasajeros”, mientras que B podría ser la “limpieza de la cabina” y C el “embarque de nuevos pasajeros”.

Las Figuras 3.5(e) y 3.5(f) muestran que el planteamiento AOA requiere, a veces, la incorporación de una **actividad ficticia** para aclarar las relaciones. Una actividad ficticia no consume ni tiempo ni recursos, pero se necesita cuando una red tiene dos actividades

Actividad en flecha (AOA)

Un diagrama de red en el que las flechas representan actividades.

Actividad en nodo (AON)

Un diagrama de red en el que los nodos representan actividades.

Actividades ficticias (dummy)

Actividades sin tiempo, que se introducen en la red para mantener la lógica de la red.

	Actividad en nodo (AON)	Significado de la actividad	Actividad en flecha (AOA)
(a)		A va antes que B, que va antes que C.	
(b)		A y B deben terminarse antes de que empiece C.	
(c)		B y C no pueden empezar hasta que se termine A.	
(d)		C y D no pueden empezar hasta que se hayan terminado tanto A como B.	
(e)		C no puede empezar hasta que tanto A como B estén terminadas; D no puede empezar hasta que se termine B. En AOA se introduce una actividad ficticia.	
(f)		B y C no pueden empezar hasta que se termine A. D no puede empezar hasta que se terminen B y C. En AOA se vuelve a introducir una actividad ficticia.	

FIGURA 3.5 ■ Una comparación de las convenciones de redes AON y AOA

con idénticos sucesos (etapas) de inicio y finalización, o cuando dos o más actividades siguen a algunas pero no a todas las actividades “precedentes”. La utilización de actividades ficticias también es importante cuando se utiliza software para determinar la duración del proyecto. Una actividad ficticia tiene un tiempo de realización nulo.

Aunque en la práctica se utilizan tanto AON como AOA, muchos programas de software de dirección de proyectos, incluido Microsoft Project, utilizan redes AON. Por ello, aunque en el próximo ejemplo vamos a mostrar ambos tipos de redes, en el resto del capítulo nos centraremos en las redes AON.

Ejemplo de actividad en nodo

EJEMPLO 1

Actividad en nodo

Dada la siguiente información, desarrolle una tabla que muestre las relaciones de precedencia de las actividades.

Milwaukee Paper Manufacturing, Inc., que se encuentra cerca del centro de la ciudad de Milwaukee, ha estado durante mucho tiempo intentando evitar el gasto de incorporar a sus instalaciones equipos de control de la contaminación del aire. El Ministerio de Medio Ambiente ha dado recientemente a la fábrica 16 semanas para instalar un complejo sistema de filtrado del aire. Milwaukee Paper ha sido advertida de que se podría obligar a cerrar la fábrica salvo que se instalen los equipos en el plazo otorgado. Joni Steinberg, el director de la fábrica, quiere asegurarse de que la instalación de los sistemas de filtrado se produce sin problemas y en el plazo fijado.

Milwaukee Paper ha identificado las ocho actividades que hay que realizar para poder terminar el proyecto. Cuando el proyecto empieza se pueden realizar simultáneamente dos actividades: construir los componentes internos del dispositivo (actividad A) y las modificaciones necesarias en suelo y techo (actividad B). La construcción del módulo de recolección (actividad C) puede empezar cuando se hayan completado los componentes internos. Verter el cemento en el suelo y la instalación del marco (actividad D) pueden iniciarse en cuanto se hayan terminado los componentes internos y se hayan modificado los suelos y techos.

Tras construir el módulo de recolección, pueden iniciarse dos actividades: la construcción del quemador de alta temperatura (actividad E) y la instalación del sistema de control de la contaminación (actividad F). El dispositivo de limpieza de la contaminación del aire puede instalarse (actividad G) cuando se haya terminado el suelo de cemento, se haya instalado el marco y se haya puesto el quemador de alta temperatura. Finalmente, una vez instalados el sistema de control y el dispositivo de limpieza de la contaminación se puede inspeccionar y probar el sistema (actividad H).

Las actividades y las relaciones de precedencia pueden parecer algo confusas cuando se presentan de esta forma descriptiva. Por tanto, resulta conveniente hacer una lista de toda la información de las actividades en una tabla, como se muestra en la Tabla 3.1. Vemos en la tabla que la actividad A figura como *predecesora inmediata* de la actividad C. De la misma manera, tanto la actividad D como la actividad E deben realizarse antes de iniciar la actividad G.

TABLA 3.1 ■ Actividades y predecesoras en Milwaukee Paper Manufacturing

Actividad	Descripción	Predecesoras inmediatas
A	Construcción de componentes internos	—
B	Modificación de suelos y techos	—
C	Construcción del dispositivo de recolección	A
D	Verter cemento e instalación del marco	A, B
E	Construcción del quemador de alta temperatura	C
F	Instalación del sistema de control de la contaminación	C
G	Instalación del dispositivo de limpieza del aire	D, E
H	Inspeccionar y probar	F, G

Observe que en el Ejemplo 1 basta con hacer una lista con solamente las *predecesoras inmediatas* de cada actividad. Por ejemplo, en la Tabla 3.1, puesto que la actividad A precede a la actividad C, y la actividad C precede a la actividad E, el hecho de que la actividad A precede a la actividad E está *implícito*. No es necesario explicitar esta relación en las relaciones de preferencia de las actividades.

Cuando hay muchas actividades en un proyecto, con relaciones de preferencia relativamente complejas, resulta difícil que un individuo pueda hacerse una idea de la complejidad del proyecto a partir de tan sólo la información en forma de tabla. En estos casos resulta cómodo y útil tener una representación visual del proyecto utilizando una *red de proyecto*. Una red de proyecto es un diagrama de todas las actividades y de las relaciones

Las redes están compuestas de nodos (o vértices) unidos por líneas (o arcos).

EJEMPLO 2

Grafo AON

Dibuje la red AON para Milwaukee Paper, utilizando los datos del Ejemplo 1.

Recuerde que en el planteamiento AON representamos cada actividad mediante un nodo. Las líneas, o arcos, representan las relaciones de precedencia entre actividades.

En este ejemplo hay dos actividades (A y B) que no tienen ninguna predecesora. Dibujamos nodos separados para cada una de estas actividades, como se muestra en la Figura 3.6. Aunque habitualmente no es necesario, suele ser conveniente tener una única actividad de inicio del proyecto. Por ello, hemos incluido una *actividad ficticia* llamada Inicio en la Figura 3.6. Esta actividad ficticia no existe realmente, y no consume ni tiempo ni recursos. La actividad Inicio es una predecesora inmediata de las dos actividades A y B, y sirve de actividad inicial única para todo el proyecto.

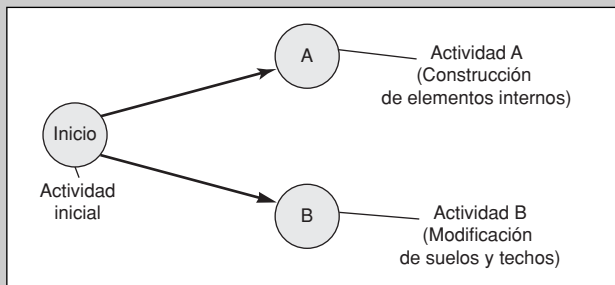


FIGURA 3.6 ■ Inicio de la Red AON para el caso de Milwaukee Paper

Ahora mostramos las relaciones de precedencia utilizando líneas con símbolos de flechas. Por ejemplo, una flecha de la actividad Inicio a la actividad A indica que Inicio es una predecesora de la actividad A. De forma análoga, dibujamos una flecha de inicio a la actividad B.

A continuación necesitamos un nuevo nodo para la actividad C. Puesto que la actividad A precede a la actividad C, dibujamos un arco del nodo A al nodo C (véase la Figura 3.7). De la misma manera, primero dibujamos un nodo para representar la actividad D. Después, puesto que las actividades A y B preceden ambas a la actividad D, dibujamos flechas de A a D y de B a D (véase la Figura 3.7).

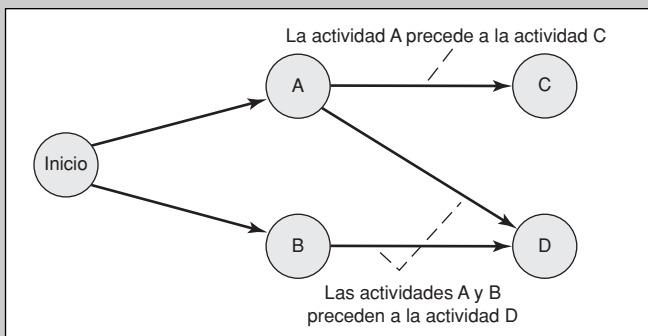


FIGURA 3.7 ■ Red AON intermedia para Milwaukee Paper

Lo hacemos así, añadiendo un nodo independiente para cada actividad, y una línea independiente para cada relación de precedencia que exista. En la Figura 3.8 se muestra la red AON completa para el proyecto de Milwaukee Paper Manufacturing.

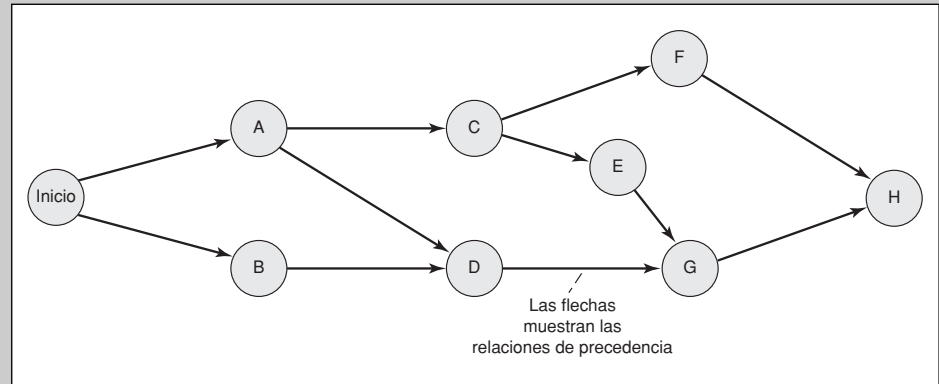


FIGURA 3.8 ■ Red AON completa para Milwaukee Paper

de precedencia que existen entre estas actividades en un proyecto. A continuación vamos a ver cómo se construye una red de proyecto para el caso de Milwaukee Paper Manufacturing.

El dibujo correcto de la red de un proyecto suele requerir cierto tiempo y experiencia. Cuando dibujamos la red de un proyecto por primera vez, no es extraño que coloquemos nuestros nodos (actividades) en la red de tal forma que las flechas (relaciones de precedencia) no son líneas rectas. Es decir, las líneas podrían cortarse las unas a las otras, incluso estar en dirección opuesta. Por ejemplo, si hubiéramos cambiado en la Figura 3.8 las posiciones de los nodos de las actividades E y F, las líneas de F a H y de E a G se cortarían. Aunque esta red sería perfectamente válida, una buena práctica consiste en tener una red bien dibujada. Una regla que recomendamos especialmente es colocar los nodos de forma que todas las flechas apunten en la misma dirección. Para ello, sugerimos que se dibuje primero un borrador de la red, asegurándose de que se muestran todas las relaciones. A continuación se puede volver a dibujar la red para hacer los cambios pertinentes en la ubicación de nodos.

Al igual que con el único nodo de inicio, es conveniente que la red del proyecto acabe en un solo nodo. En el ejemplo de Milwaukee Paper sólo hay una actividad final, la H. Por tanto, tenemos automáticamente un único nodo final.

En las situaciones en las que el proyecto tiene múltiples actividades finales, incluimos una actividad final “ficticia”. Esta actividad ficticia tiene a todas las actividades finales del proyecto como predecesoras inmediatas. Ilustramos este tipo de situación en el Problema resuelto 3.2 al final de este capítulo.

Es conveniente, pero no necesario, tener una sola actividad de inicio y una sola actividad de finalización del proyecto.

Ejemplo de actividad en flecha (AOA)

Vimos antes que en una red AOA de un proyecto podemos representar las actividades por flechas. Los nodos representan un *suceso (etapa)*, que marca el instante de inicio o el momento de finalización de una actividad. Se suele identificar un suceso (nodo) con un número.

Actividad en flecha

Dibuje la red AOA de todo un proyecto para el problema de Milwaukee Paper.

Utilizando los datos de la tabla del Ejemplo 1, vemos que la actividad A empieza en el suceso 1 y acaba en el suceso 2. De la misma manera, la actividad B empieza en el suceso 1 y acaba en el suceso 3. La actividad C, cuya única predecesora inmediata es la actividad A, empieza en el nodo 2 y acaba en el nodo 4. Sin embargo, la actividad D tiene dos predecesoras (a saber, A y B). Por tanto, necesitamos que las dos actividades A y B acaben en el suceso 3 de forma que la actividad D pueda empezar en ese suceso. Sin embargo, no podemos tener múltiples actividades con nodos de inicio y finalización idénticos en una red AOA. Para superar este problema, en estos casos necesitamos añadir una línea (actividad) ficticia para forzar la relación de precedencia. La actividad ficticia, que se muestra en la Figura 3.9 como una línea de puntos, se inserta entre el suceso 2 y el 3 para que el gráfico refleje la precedencia entre A y D. Recuerde que una actividad ficticia no existe realmente en el proyecto, y no consume tiempo. El resto de la red AOA del proyecto de Milwaukee Paper también aparece en la Figura 3.9.

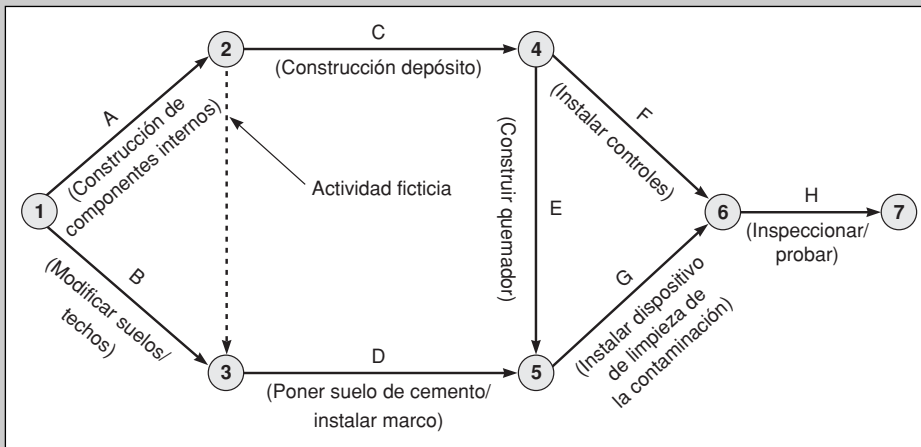


FIGURA 3.9 ■ Red AOA completa (con actividad ficticia) para Milwaukee Paper

EJEMPLO 3

DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA (CALENDARIO) DE UN PROYECTO

Vuelva por un momento a la Figura 3.8 (en el Ejemplo 2) para ver la red AON completa del caso de Milwaukee Paper. Una vez dibujada la red de este proyecto para mostrar todas las actividades y sus relaciones de precedencia, el siguiente paso consiste en determinar el programa del proyecto. Es decir, tenemos que identificar el instante de inicio y de finalización previsto para cada actividad.

Vamos a suponer que Milwaukee Paper estima los tiempos necesarios para cada actividad en semanas, como se muestra en la Tabla 3.2. La tabla indica que el tiempo total para las ocho actividades que tiene que realizar la empresa es de 25 semanas. Sin embargo, puesto que se pueden realizar simultáneamente varias actividades, resulta evidente que el tiempo total necesario para realizar el proyecto puede ser inferior a 25 semanas. Para saber exactamente cuánto tiempo hará falta realizamos el **análisis del camino crítico** de la red.

Análisis del camino crítico
Ayuda a determinar la programación del proyecto.

TABLA 3.2 ■ Estimaciones de tiempo para Milwaukee Paper Manufacturing

Actividad	Descripción	Duración (semanas)
A	Construcción de componentes internos	2
B	Modificación de suelos y techos	3
C	Construcción del dispositivo de recolección	2
D	Suelo de cemento e instalación del marco	4
E	Construcción del quemador de alta temperatura	4
F	Instalación del sistema de control de la contaminación	3
G	Instalación del dispositivo de limpieza del aire	5
H	Inspeccionar y probar	2
I	Tiempo total (semanas)	25

Como se ha indicado anteriormente, el camino crítico es el camino *más largo* en cuanto a tiempo de toda la red. Para encontrar el camino crítico, calculamos dos instantes de inicio y de finalización para cada actividad. Estos instantes se definen de la siguiente manera:

Inicio más temprano (IMTE) = instante más temprano en el que puede empezar una actividad, como consecuencia de que han finalizado todas las predecesoras.

Final más temprano (FMTE) = instante más temprano en el que se puede terminar una actividad.

Inicio más tardío (IMTA) = instante más tardío en el que puede empezar una actividad para que no se retrase la fecha de finalización del proyecto global.

Final más tardío (FMTA) = lo más tarde que puede acabar una actividad para que no se retrase la fecha de finalización del proyecto global.

Utilizamos un proceso de dos etapas, consistente en una etapa de cálculo hacia delante en la red (programación hacia delante) y una etapa de cálculo hacia atrás en la red (programación hacia atrás), para determinar las fechas de inicio y finalización de cada actividad. Las de inicio y finalización más tempranas (IMTE y FMTE) se calculan mediante la **etapa de cálculo hacia delante**. Las de inicio y finalización más tardías (IMTA y FMTA) se calculan durante la etapa de cálculo hacia atrás.

Programación hacia delante

Identifica las fechas más tempranas.

Programación hacia delante

Para mostrar claramente las fechas de inicio y finalización de las actividades en la red del proyecto, utilizamos la notación que se muestra en la Figura 3.10. El IMTE de una actividad se muestra en la esquina superior izquierda del nodo que representa la actividad. El FMTE se muestra en la esquina superior derecha. Los tiempos más tardíos, IMTA y FMTA, se muestran en las esquinas inferior izquierda e inferior derecha respectivamente.

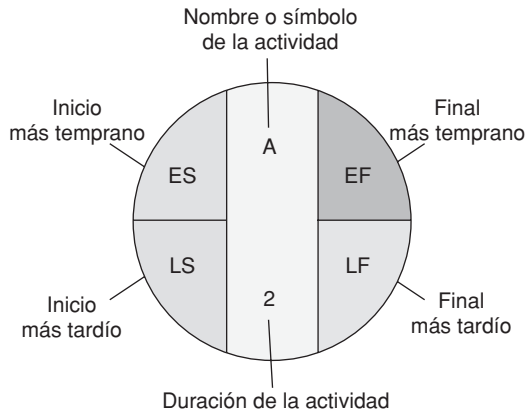


FIGURA 3.10 ■ Notación utilizada en los nodos para los pasos hacia delante

Regla del instante de inicio más temprano Antes de que se pueda iniciar una actividad, *todas* sus predecesoras inmediatas deben haber terminado.

- Si una actividad sólo tiene una predecesora inmediata, su IMTE es igual al FMTE de su predecesora.
- Si una actividad tiene múltiples predecesoras inmediatas, su IMTE es el máximo de los valores FMTE de sus predecesoras. Es decir,

$$IMTE = \text{Max (FMTE de todas las predecesoras inmediatas)} \quad (3.1)$$

Regla del final más temprano El final más temprano (FMTE) de una actividad es la suma de su instante de inicio más temprano (IMTE) más su duración. Es decir,

$$FMTE = IMTE + \text{duración de actividad} \quad (3.2)$$

Todas las actividades predecesoras deben haber terminado antes de que pueda empezar una actividad.

Cálculo de los instantes de inicio y final más tempranos

Calcule los instantes de inicio y finalización más tempranos de las actividades del proyecto de Milwaukee Paper Manufacturing. La Tabla 3.2 anterior muestra las duraciones de las actividades.

La Figura 3.11 muestra la red completa del proyecto de la empresa, junto con los valores de los IMTE y FMTE de todas las actividades. Ahora describimos cómo se calculan esos valores.

Puesto que la actividad Inicio no tiene predecesoras, empezamos igualando su IMTE a 0. Es decir, la actividad Inicio puede empezar al *final* de la semana 0, que es lo mismo que el inicio de la semana 1². Si la actividad Inicio tiene un IMTE de 0, su FMTE también es 0 puesto que su tiempo de actividad es 0.

EJEMPLO 4

² Al escribir los instantes más tempranos y más tardíos tenemos que ser coherentes. Por ejemplo, si especificamos que el valor IMTE de una actividad *i* es la semana 4, ¿queremos decir que es al *principio* de la semana 4 o al *final* de la semana 4? Observe que si el valor hace referencia al *principio* de la semana 4 significa que también disponemos de la semana 4 para realizar la actividad *i*. En nuestro análisis, *todos* los instantes más tempranos y más tardíos corresponden al *final* de un periodo. Es decir, si afirmamos que el IMTE de la actividad *i* es la semana 4, queremos decir que *i* empieza sólo al principio de la semana 5.

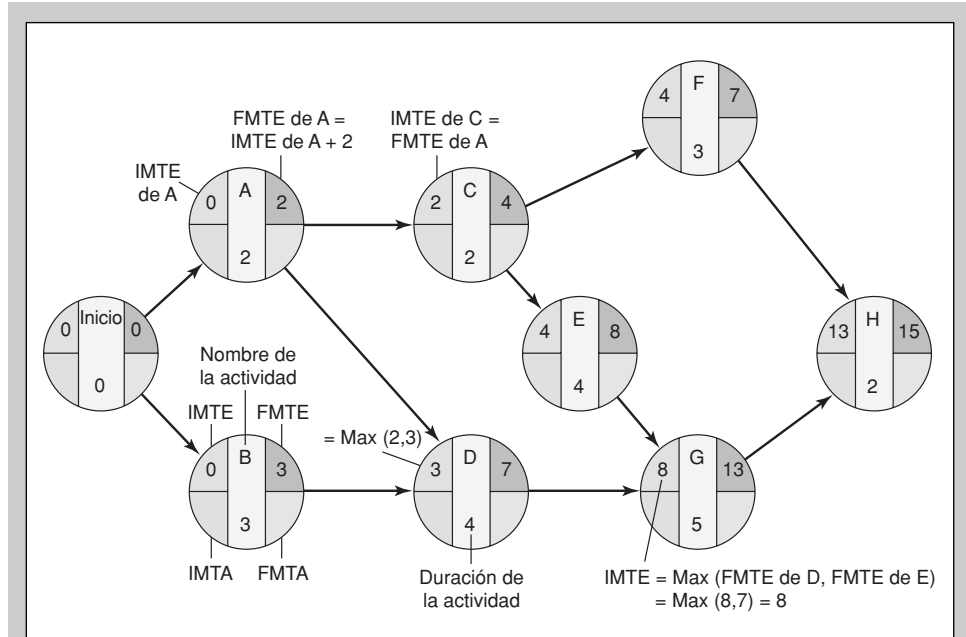


FIGURA 3.11 ■ Fechas de inicio y fin más tempranos para Milwaukee Paper

A continuación analizamos las actividades A y B, que tienen ambas a Inicio como única predecesora inmediata. Utilizando la regla del instante de inicio más temprano, el IMTE de ambas actividades A y B es igual a cero, que es el FMTE de la actividad Inicio. Ahora, utilizando la regla del instante de finalización más temprano, el FMTE de A es 2 ($= 0 + 2$), y el FMTE de B es 3 ($= 0 + 3$).

Puesto que la actividad A precede a la actividad C, el IMTE de C es igual al FMTE de A ($= 2$). El FMTE de C es, por tanto, 4 ($= 2 + 2$).

Ahora llegamos a la actividad D. Las actividades A y B son, ambas, predecesoras inmediatas de D. Mientras que A tiene un FMTE de 2, la actividad B tiene un FMTE de 3. Utilizando la regla del instante de inicio más temprano, calculamos el IMTE de la actividad D de la siguiente manera:

$$\text{IMTE de D} = \text{Max (FMTE de A, FMTE de B)} = \text{Max (2, 3)} = 3$$

El FMTE de D es igual a 7 ($= 3 + 4$). A continuación, las dos actividades E y F tienen a la actividad C como única predecesora inmediata. Por tanto, el IMTE de E y F es igual a 4 ($= \text{FMTE de C}$). El FMTE de E es 8 ($= 4 + 4$), y el FMTE de F es 7 ($= 4 + 3$).

La actividad G tiene a las actividades D y E como predecesoras. Utilizando la regla del instante de inicio más temprano, su IMTE es, por tanto, el máximo del FMTE de D y de E. Por tanto, el IMTE de la actividad G es 8 ($= \text{máximo de 7 y 8}$), y su FMTE es igual a 13 ($= 8 + 5$).

Finalmente llegamos a la actividad H. Puesto que también tiene dos predecesoras, F y G, el IMTE de H es el máximo FMTE de estas dos actividades. Es decir, el IMTE de H es igual a 13 ($= \text{máximo de 13 y 7}$). Esto implica que el FMTE de H es 15 ($= 13 + 2$). Puesto que H es la última actividad del proyecto, también implica que el momento más temprano en que se puede culminar el proyecto es 15 semanas.

Aunque la programación hacia delante nos permite calcular el momento de finalización lo antes posible del proyecto, no identifica el camino crítico. Para identificarlo tene-

mos que efectuar la programación hacia atrás para determinar los valores IMTA y FMTA de todas las actividades.

Programación hacia atrás

De la misma manera que la programación hacia delante parte de la primera actividad del proyecto, la **programación hacia atrás** parte de la última actividad del proyecto. Para cada actividad calculamos primero su valor FMTA, y después su valor IMTA. En el proceso se utilizan las dos siguientes reglas:

Programación hacia atrás
Calcula las fechas más tardías.

Regla del instante de finalización más tardío Esta regla se basa, de nuevo, en el hecho de que antes de que se pueda iniciar una actividad se deben haber terminado todas las predecesoras inmediatas.

- Si una actividad es predecesora inmediata de sólo una actividad, su FMTA es igual al IMTA de la actividad que la sigue de inmediato.
- Si una actividad es predecesora inmediata de más de una actividad, su FMTA es el mínimo de todos los valores IMTA de todas las actividades que la siguen de inmediato. Es decir,

$$\text{FMTA} = \text{Mín (IMTA de todas las actividades que la siguen de inmediato)} \quad (3.3)$$

FMTA de una actividad = mínimo IMTA de todas las actividades que la siguen.

Regla del instante de inicio más tardío El instante de inicio más tardío (IMTA) de una actividad es la diferencia entre su tiempo de finalización más tardío y de su duración. Es decir,

$$\text{IMTA} = \text{FMTA} - \text{duración de la actividad} \quad (3.4)$$

Cálculo de los instantes de inicio y finalización más tardíos

Calcule los instantes de inicio y finalización más tardíos para cada actividad del proyecto de reducción de la contaminación de Milwaukee Paper. Utilice la Figura 3.11 como punto de partida.

La Figura 3.12 muestra la red completa del proyecto de Milwaukee Paper, junto con los valores IMTA y FMTA de todas las actividades. En lo que sigue vamos a ver cómo se calcularon estos valores.

Empezamos asignando un valor FMTA de 15 semanas a la actividad H. Es decir, especificamos que el instante de finalización más tardío de todo el proyecto es el mismo que el instante de finalización más temprano. Utilizando la regla del instante de inicio más tardío, el IMTA de la actividad H es igual a 13 (= 15 - 2).

Puesto que la actividad H es la única actividad posterior a las actividades F y G, el FMTA tanto de F como de G es igual a 13. Esto implica que el IMTA de G es 8 (= 13 - 5), y que el IMTA de F es 10 (= 13 - 3).

Procediendo de esta manera, vemos que el FMTA de E es 8 (= IMTA de G) y su IMTA es 4 (= 8 - 4). De la misma manera, el FMTA de D es 8 (= IMTA de G) y su IMTA es 4 (= 8 - 4).

Ahora analizamos la actividad C, que es la predecesora inmediata de dos actividades: E y F. Utilizando la regla del instante de finalización más tardío, calculamos el FMTA de la actividad C de la siguiente manera:

$$\text{FMTA de C} = \text{Mín (IMTA de E, IMTA de F)} = \text{Mín (4, 10)} = 4$$

EJEMPLO 5

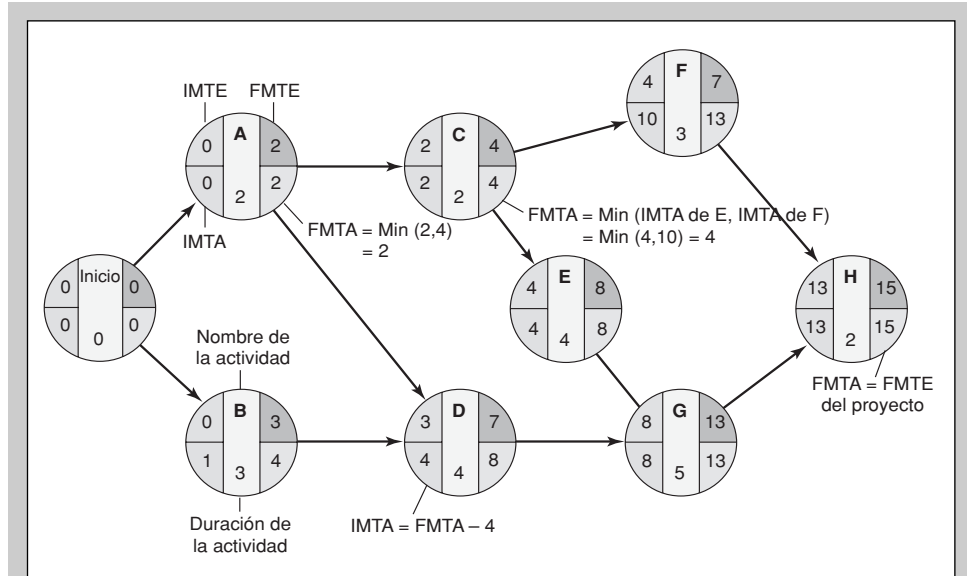


FIGURA 3.12 ■ Instante de inicio y finalización más tardíos para Milwaukee Paper

El IMTA de C se calcula como 2 ($= 4 - 2$). A continuación calculamos el FMTA de B como 4 ($= \text{IMTA de D}$), y su IMTA como 1 ($= 4 + 3$).

Ahora analizamos la actividad A. Calculamos su FMTA como 2 ($= \text{mínimo IMTA de C y D}$). De aquí que el IMTA de la actividad A es 0 ($= 2 - 2$). Finalmente, tanto el FMTA como el IMTA de la actividad Inicio son iguales a 0.

Cálculo de tiempos de holgura e identificación del camino crítico

Después de calcular los instantes más tempranos y tardíos de todas las actividades, resulta fácil calcular el **tiempo de holgura**, o tiempo libre, que tiene cada actividad. La holgura es la cantidad de tiempo en que se puede retrasar una actividad sin que se retrase todo el proyecto. Matemáticamente:

$$\text{Holgura} = \text{IMTA} - \text{IMTE} \text{ u } \text{Holgura} = \text{FMTA} - \text{FMTE} \quad (3.5)$$

EJEMPLO 6



Active Model 3.1

Este ejemplo se desarrolla más en el Active Model 3.1 del CD-ROM del alumno, y en el ejercicio de la página 108.

Cálculo de los tiempos de holgura

Calcule la holgura de las actividades del proyecto de Milwaukee Paper, partiendo de los datos de la Figura 3.12 en el ejemplo anterior.

La Tabla 3.3 resume los IMTE, FMTE, IMTA, FMTA y el tiempo de holgura de cada una de las actividades. Por ejemplo, la actividad B tiene un tiempo de holgura de una semana puesto que su IMTA es 1 y su IMTE es 0 (alternativamente, su FMTA es 4 y su FMTE es 3). Esto significa que la actividad B puede retrasarse hasta una semana y todo el proyecto se podrá terminar de todas formas en 15 semanas.

Por otra parte, las actividades A, C, E, G y H *no* tienen tiempo de holgura. Esto significa que ninguna de ellas se puede retrasar sin que se retrase todo el proyecto. Análogamente, si el director de la fábrica, Joni Steinberg, quiere reducir el plazo total del proyecto, tendrá que reducir la duración de una de estas actividades.

TABLA 3.3 ■ Programas y tiempos de holgura para Milwaukee Paper Manufacturing

Actividad	Inicio más temprano IMTE	Final más temprano FMTE	Inicio más tardío IMTA	Final más tardío FMTA	Holgura IMTA-IMTE	En el camino crítico
A	0	2	0	2	0	Sí
B	0	3	1	4	1	No
C	2	4	2	4	0	Sí
D	3	7	4	8	1	Sí
E	4	8	4	8	0	Sí
F	4	7	10	13	6	Sí
G	8	13	8	13	0	Sí
H	13	15	13	15	0	Sí

Las actividades sin tiempo de holgura se denominan *actividades críticas* y se dice que están en el camino crítico. El camino crítico es un camino continuo en la red del proyecto y que:

Las actividades críticas no tienen tiempo de holgura.

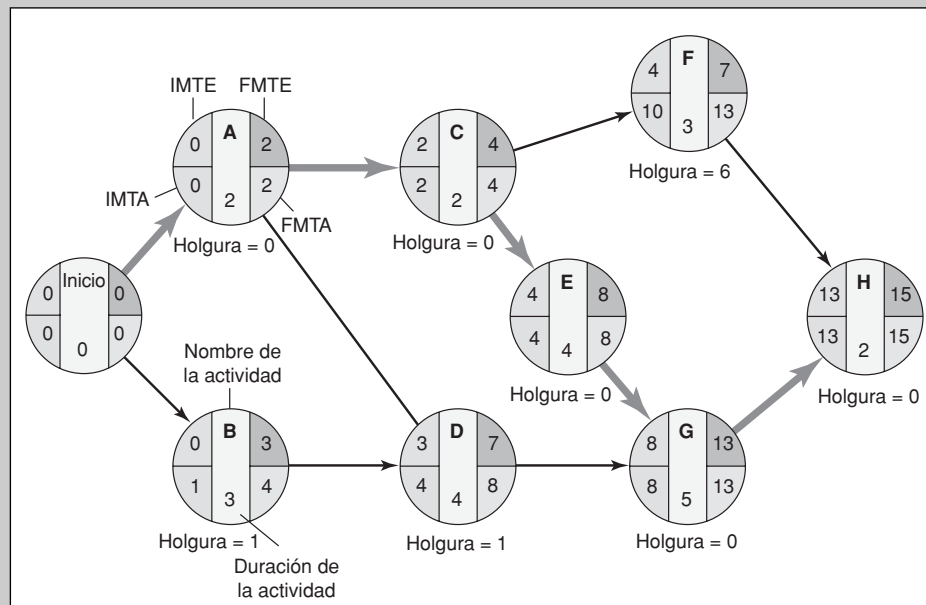
- empieza en la primera actividad del proyecto (Inicio en nuestro ejemplo);
- termina en la última actividad del proyecto (H en nuestro ejemplo); e
- incluye únicamente actividades críticas (es decir, actividades sin tiempo de holgura).

El camino crítico se representa con líneas gruesas

Muestra el camino crítico del proyecto de Milwaukee Paper, Inicio - A - C - E - G - H.

La Figura 3.13 indica que el tiempo total para finalizar el proyecto de 15 semanas corresponde al camino más largo de la red.

EJEMPLO 7



El camino crítico es el camino más largo de la red.

FIGURA 3.13 ■ El camino crítico y los tiempos de holgura para Milwaukee Paper

Tiempo de holgura total frente a tiempo de holgura libre Vuelva a fijarse en la red del proyecto de la Figura 3.13. Analice el caso de las actividades B y D, que tienen cada una un tiempo de holgura de una semana. ¿Significa acaso que podemos retrasar *cada* actividad una semana y seguir culminando el proyecto en 15 semanas? La respuesta es negativa.

Vamos a suponer que la actividad B se retrasa una semana. Ha utilizado su holgura de una semana y ahora tiene un FMTE de 4. Esto implica que la actividad D tiene ahora un IMTE de 4 y un FMTE de 8. Observe que éstos son también sus valores IMTA y FMTA respectivamente. Es decir, la actividad D también se ha quedado ahora sin tiempo de holgura. En definitiva, la holgura de una semana que tenían las actividades B y D estaba, para este camino, *compartida* entre ambas actividades. Si se retrasa cualquiera de ellas en una semana se pierde la holgura, no sólo de esa actividad, sino también la de la otra. Este tipo de tiempo de holgura se conoce como **holgura total**. Normalmente, cuando dos o más actividades no críticas aparecen en la red de forma sucesiva comparten la holgura total.

Por el contrario, analice el tiempo de holgura de 6 semanas de la actividad F. Si se retrasa esta actividad sólo se reduce su tiempo de holgura y no afecta al tiempo de holgura de ninguna otra actividad. Este tipo de tiempo de holgura se conoce como **holgura libre**. Normalmente, si una actividad no crítica tiene actividades críticas a cada lado en su camino, el tiempo de holgura es una holgura libre.

Holgura total

Tiempo de holgura compartido por dos o más actividades.

Holgura libre

Tiempo de holgura asociado a una única actividad.

VARIABILIDAD EN LAS DURACIONES DE LAS ACTIVIDADES

Al identificar hasta ahora las fechas más tempranas y más tardías, y el correspondiente camino(s) crítico(s), hemos adoptado un planteamiento CPM consistente en suponer que se conocen todos los tiempos de las actividades y que son fijos y constantes para cada actividad. Es decir, no hay variabilidad en los tiempos de actividad. Sin embargo, en la práctica, es probable que los tiempos de realización de las actividades varíen dependiendo de diversos factores.

Por ejemplo, la construcción de los componentes internos (actividad A) en Milwaukee Paper Manufacturing debería terminarse en dos semanas. Evidentemente, factores como la llegada tardía de los componentes, la ausencia de personal clave, etcétera, podrían retrasar esta actividad. Suponga que la actividad A termina durando tres semanas. Puesto que la actividad A se encuentra sobre el camino crítico, todo el proyecto quedará retrasado ahora en una semana, hasta 16 semanas. Si habíamos previsto la terminación de este proyecto en 15 semanas, es evidente que no cumpliríamos el plazo previsto.

Aunque algunas actividades pueden tener una menor tendencia a retrasarse, otras pueden ser extremadamente propensas a tener retrasos. Por ejemplo, es posible que la actividad B (modificar suelos y techos) sea muy dependiente de las condiciones meteorológicas. Un largo periodo de mal tiempo podría afectar significativamente a su fecha de finalización.

Esto significa que no podemos ignorar el impacto de la variabilidad en las duraciones de las actividades cuando establecemos la programación de un proyecto. El método PERT resuelve esta cuestión.

Tres estimaciones de duración en el método PERT

En el método PERT utilizamos una distribución de probabilidad basada en tres estimaciones de tiempos para cada actividad, de la siguiente manera:

Para planificar, supervisar y controlar el enorme número de detalles que están involucrados en el patrocinio de un festival de rock al que asisten más de 100.000 espectadores, Hard Rock Café utiliza MS Project y las herramientas que se analizan en este capítulo. El Caso de estudio en vídeo al final del capítulo, “Organización del Rockfest de Hard Rock”, ofrece más detalles de esta tarea organizativa.

Duración optimista (*a*) = tiempo que se necesita para realizar una actividad si todo va como se había previsto. Al estimar este valor, debe haber sólo una pequeña probabilidad (por ejemplo, 1/100) de que la duración de la actividad sea $< a$.

Duración pesimista (*b*) = tiempo que se necesita para realizar una actividad partiendo de condiciones muy desfavorables. Al estimar este valor, debe haber sólo una pequeña probabilidad (también, 1/100) de que la duración de la actividad sea $> b$.

Duración más probable (*m*) = estimación más realista del tiempo necesario para realizar una actividad.

Duración optimista
La "mejor" duración obtenida para completar una actividad en una red PERT.

Duración pesimista
La "peor" duración que podría esperarse para completar una actividad en una red PERT.

Duración más probable
La duración más probable para completar una actividad en una red PERT.

Distribución de probabilidad beta
Es una distribución matemática que puede describir las distribuciones estimadas de duración de actividad en una red PERT.

Cuando se utiliza el método PERT, solemos suponer que las estimaciones de las duraciones de las actividades siguen una **distribución de probabilidad beta** (véase la Figura 3.14). Esta distribución continua suele ser adecuada para determinar el valor esperado y la varianza de los tiempos de realización de las actividades.

Para calcular la *duración esperada de una actividad*, *t*, la distribución beta pondera las tres estimaciones de tiempos de la siguiente manera:

$$t = (a + 4m + b)/6 \tag{3.6}$$

Es decir, la duración más probable (*m*) recibe una ponderación cuatro veces mayor que la duración optimista (*a*) y la duración pesimista (*b*). El tiempo de realización estimado *t* calculado mediante la Ecuación 3.6 para cada actividad del proyecto, es el que se utiliza para calcular las fechas más tempranas y más tardías de las actividades.

Para calcular la *dispersión* o *varianza de la duración de una actividad*, utilizamos la fórmula³:

$$\text{Varianza} = [(b - a)/6]^2 \tag{3.7}$$

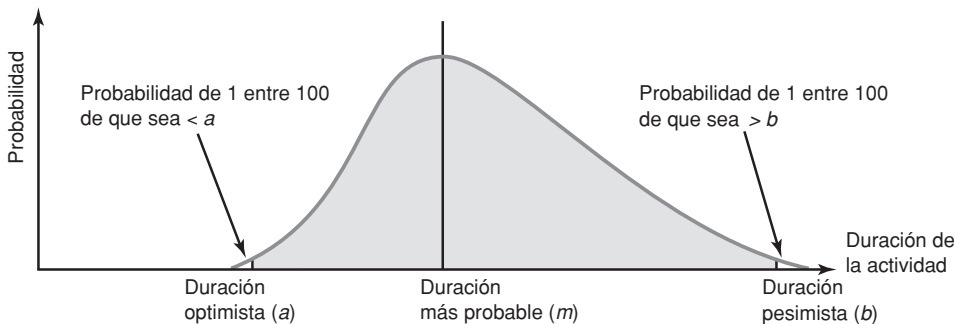


FIGURA 3.14 ■ Distribución de probabilidad beta con tres estimaciones de tiempos

³ Esta fórmula se basa en el concepto estadístico de que de un extremo al otro de la distribución beta hay 6 desviaciones estándar (+, - 3 desviaciones estándar desde la media). Puesto que $(b - a)$ está a 6 desviaciones estándar, la varianza es $[(b - a)/6]^2$.

EJEMPLO 8

Duraciones esperadas y varianzas

Suponga que Joni Steinberg y el equipo de dirección del proyecto de Milwaukee Paper han calculado las siguientes estimaciones de duración de la actividad F (instalación del sistema de control de la contaminación):

$$a = 1 \text{ semana; } m = 2 \text{ semanas, } b = 9 \text{ semanas}$$

- Calcule la duración esperada y la varianza de la actividad F.
- Calcule a continuación la duración esperada y la varianza de todas las demás actividades del proyecto de control de la contaminación. Utilice las estimaciones de duración de la Tabla 3.4.

SOLUCIÓN

- La duración esperada para la actividad F es

$$t = \frac{a + 4m + b}{6} = \frac{1 + 4(2) + 9}{6} = \frac{18}{6} = 3 \text{ semanas}$$

La varianza de la actividad F es

$$\text{Varianza} = \left[\frac{(b - a)}{6} \right]^2 = \left[\frac{(9 - 1)}{6} \right]^2 = \left(\frac{8}{6} \right)^2 = \frac{64}{36} = 1,78$$

- El resto de los cálculos se muestran en la Tabla 3.4.

TABLA 3.4 ■ Estimaciones de duraciones (en semanas) para el proyecto de Milwaukee Paper

Actividad	Optimista <i>a</i>	Más probable <i>m</i>	Pesimista <i>b</i>	Duración esperada $t = (a + 4m + b)/6$	Varianza $[(b - a)/6]^2$
A	1	2	3	2	$[(3 - 1)/6]^2 = 4/36 = 0,11$
B	2	3	4	3	$[(4 - 2)/6]^2 = 4/36 = 0,11$
C	1	2	3	2	$[(3 - 1)/6]^2 = 4/36 = 0,11$
D	2	4	6	4	$[(6 - 2)/6]^2 = 16/36 = 0,44$
E	1	4	7	4	$[(7 - 1)/6]^2 = 36/36 = 1,00$
F	1	2	9	3	$[(9 - 1)/6]^2 = 64/36 = 1,78$
G	3	4	11	5	$[(11 - 3)/6]^2 = 64/36 = 1,78$
H	1	2	3	2	$[(3 - 1)/6]^2 = 4/36 = 0,11$

Las duraciones esperadas en esta tabla son, de hecho, las duraciones de las actividades que utilizamos en nuestro cálculo anterior y en la identificación del camino crítico.

Probabilidad de finalización del proyecto

El análisis del camino crítico nos ayudó a determinar que el tiempo estimado para finalizar el proyecto de Milwaukee Paper era de 15 semanas. Joni Steinberg sabe, sin embargo, que hay una significativa variación en las estimaciones de duración de varias actividades. La variación de las actividades que no están en el camino crítico puede afectar al plazo



total de finalización del proyecto, pudiendo retrasarlo. Ésta es una posibilidad que preocupa considerablemente al director de la fábrica.

El método PERT utiliza la varianza de las actividades del camino crítico para ayudar a determinar la varianza de todo el proyecto. La varianza del proyecto se calcula sumando las varianzas de las actividades *críticas*:

$$\sigma_p^2 = \text{Varianza del proyecto} = \sum (\text{varianzas de las actividades del camino crítico}) \quad (3.8)$$

Calculamos la varianza del proyecto sumando las varianzas de sólo aquellas actividades que se encuentran sobre el camino crítico.

Cálculo de la varianza y la desviación estándar del proyecto

Del Ejemplo 8 (véase la Tabla 3.4), sabemos que la varianza de la actividad A es 0,11, la varianza de la actividad C es 0,11, la varianza de la actividad E es 1,00, la varianza de G es 1,78 y la varianza de H es 0,11.

Calcule la varianza total del proyecto y la desviación estándar del proyecto.

$$\text{Varianza del proyecto } (\sigma_p^2) = 0,11 + 0,11 + 1,00 + 1,78 + 0,11 = 3,11$$

Lo que implica:

$$\text{Desviación estándar del proyecto } (\sigma_p) = \sqrt{\text{Varianza del proyecto}} = \sqrt{3,11} = 1,76 \text{ semanas}$$

EJEMPLO 9

¿Cómo se puede utilizar esta información para ayudar a responder a las preguntas relativas a la probabilidad de acabar a tiempo el proyecto? El método PERT hace dos hipótesis más: (1) el tiempo de finalización del proyecto sigue una distribución de probabilidad normal, y (2) las duraciones de las actividades son estadísticamente independientes. Con estos supuestos, se puede utilizar la curva normal en forma de campana que se muestra en la Figura 3.15 para representar la fecha de finalización del proyecto. Esta curva normal implica que hay una posibilidad del 50% de que el tiempo para culminar el proyecto sea inferior a 15 semanas y una probabilidad del 50% de que sea superior a 15 semanas.

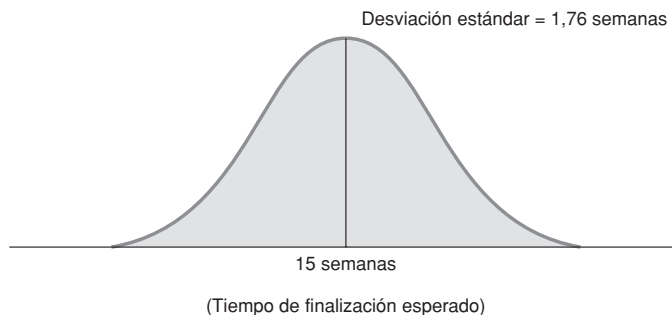


FIGURA 3.15 ■ Distribución de probabilidad para el tiempo de finalización del proyecto en Milwaukee Paper

EJEMPLO 10**Probabilidad de terminar un proyecto a tiempo**

Joni Steinberg querría averiguar la probabilidad de que su proyecto se termine en el plazo de 16 semanas o antes.

Para ello, tiene que calcular el área correspondiente bajo la curva normal. La ecuación normal estándar se puede aplicar de la siguiente manera:

$$Z = (\text{fecha a terminar} - \text{fecha esperada de finalización})/\sigma_p \quad (3.9)$$

$$= (16 \text{ semanas} - 15 \text{ semanas})/1,76 \text{ semanas} = 0,57$$

donde Z es el número de desviaciones estándar que hay entre la fecha de finalización o fecha objetivo y la fecha media o esperada.

Mirando en la Tabla Normal del Apéndice I encontramos una probabilidad de 0,7157. Así pues, hay un 71,57 por ciento de posibilidades de que el equipo de control de la contaminación se pueda instalar en 16 semanas o menos. Esto se representa en la Figura 3.16.

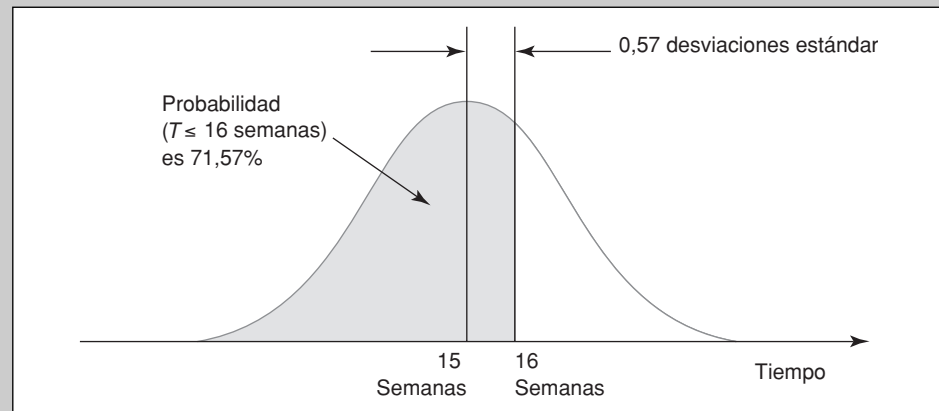


FIGURA 3.16 ■ Probabilidad de que Milwaukee Paper cumpla el plazo de 16 semanas

Determinación del plazo de finalización del proyecto para un determinado nivel de confianza Pongamos que a Joni Steinberg le preocupa que sólo haya una posibilidad del 71,57% de que el equipo de control de la contaminación pueda estar en marcha en un plazo de 16 semanas o menos. Cree que es posible solicitar al Ministerio de Medio Ambiente que conceda más tiempo. Sin embargo, antes de ponerse en contacto con el ministerio, quiere tener suficiente información sobre el proyecto. En concreto, quiere encontrar una fecha en la que tenga un 99% de posibilidades de tener culminado el proyecto. Espera utilizar su análisis para convencer al ministerio de que amplíe la fecha límite.

Evidentemente, esta fecha de finalización sería superior a 16 semanas. Sin embargo, ¿cuál es el valor exacto de esta nueva fecha? Para responder a esta pregunta utilizamos de nuevo el supuesto de que el plazo de finalización del proyecto de Milwaukee Paper sigue una distribución de probabilidad normal con una media de 15 semanas y una desviación estándar de 1,76 semanas.

EJEMPLO 11

Cálculo de la probabilidad de una determinada fecha de finalización del proyecto

Joni Steinberg quiere averiguar cuál es la fecha de finalización en la que el proyecto de la empresa tiene una probabilidad del 99% de estar acabado.

Primero tiene que calcular el valor Z correspondiente al 99%, tal y como se muestra en la Figura 3.17.

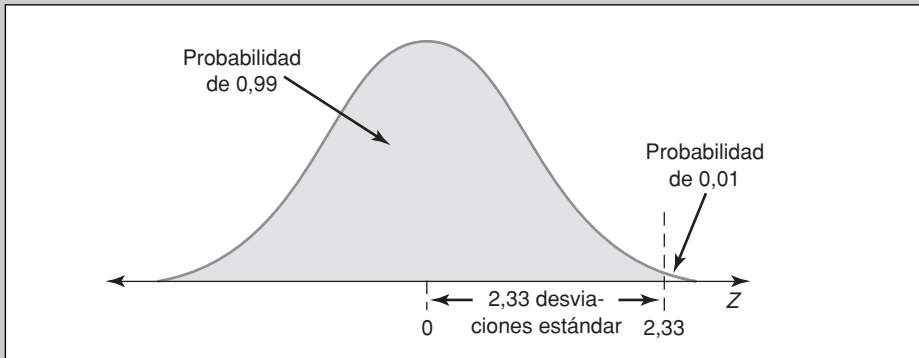


FIGURA 3.17 ■ Valor Z para un 99% de probabilidad de finalización del proyecto en Milwaukee Paper

Volviendo a consultar la Tabla Normal en el Apéndice I, identificamos un valor Z de 2,33 como el más cercano a la probabilidad de 0,99. Es decir, la fecha de Joni Steinberg debe estar a 2,33 desviaciones estándar por encima de la fecha de finalización media del proyecto. Partiendo de la ecuación normal estándar (véase la Ecuación 3.9), podemos resolver la incógnita de la fecha de finalización volviendo a escribir la ecuación de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Fecha de finalización} &= \text{fecha esperada (media) de finalización} + (Z \times \sigma_p) & (3.10) \\ &= 15 + (2,33 \times 1,76) = 19,1 \text{ semanas} \end{aligned}$$

Por consiguiente, si Steinberg puede conseguir que el Ministerio de Medio Ambiente acepte concederle una nueva fecha límite de 19,1 semanas (o más), puede estar seguro en un 99% de que el proyecto estará terminado a tiempo.

Variabilidad en la fecha de finalización de los caminos no críticos En nuestro análisis hasta ahora nos hemos centrado únicamente en la variabilidad de los tiempos de finalización de las actividades que se encuentran en el camino crítico. Esto parece lógico puesto que estas actividades son, por definición, las actividades más importantes en la red de un proyecto. Sin embargo, cuando hay variabilidad en las duraciones de las actividades, es importante que también analicemos la variabilidad de los tiempos de finalización de las actividades en los caminos *no críticos*.

Analice, por ejemplo, el caso de la actividad D en el proyecto de Milwaukee Paper. Recuerde, de la Figura 3.13 (en el Ejemplo 7), que es una actividad no crítica, con un tiempo de holgura de una semana. Por tanto, no hemos tenido en cuenta la variabilidad en la duración de D al calcular las probabilidades de las fechas posibles de finalización del proyecto. Observamos, sin embargo, que D tiene una varianza de 0,44 (véase la Tabla 3.4 en el Ejemplo 8). De hecho, la duración pesimista de D es de 6 semanas. Esto significa que si D termina necesitando todo el plazo pesimista para realizarse, el proyecto no acabará en 15 semanas, a pesar de que D no es una actividad crítica.

Los caminos no críticos con varianzas elevadas también deben ser controlados de cerca.

Por ello, cuando calculamos las probabilidades de las fechas de finalización de un proyecto, debe ser necesario que no nos fijemos sólo en los caminos críticos. Debemos calcular también estas probabilidades para caminos no críticos, especialmente para los que tienen varianzas elevadas. Es posible que un camino no crítico tenga una probabilidad de terminarse en una fecha de finalización anterior a la dada, que la del camino crítico. El cálculo de la varianza y la probabilidad de finalización de un camino no crítico se realiza de la misma manera que en los Ejemplos 9 y 10.

Qué es lo que ha aportado hasta ahora la dirección de proyectos Las técnicas de la dirección de proyectos han permitido, hasta ahora, que Joni Steinberg disponga de importante información de gestión:

1. La fecha esperada de finalización del proyecto es de 15 semanas.
2. Hay una probabilidad del 71,57% de que los equipos estén en marcha en el plazo de 16 semanas. El análisis PERT puede calcular fácilmente la probabilidad de terminar en cualquier fecha que interese a Steinberg.
3. Hay cinco actividades (A, C, E, G y H) sobre el camino crítico. Si cualquiera de estas actividades se retrasa por cualquier razón, todo el proyecto se retrasará.
4. Hay tres actividades (B, D, F) que no son críticas pero que tienen cierta holgura. Esto significa que Steinberg podría utilizar en parte sus recursos y, si fuera necesario, podría acelerar todo el proyecto.
5. Se dispone de un programa detallado de fechas de inicio y finalización de las actividades (véase la Tabla 3.3 en el Ejemplo 6).

EQUILIBRIO ENTRE COSTE Y DURACIÓN, Y ACELERACIÓN DE LA DURACIÓN DE UN PROYECTO

Cuando se está dirigiendo un proyecto, no es infrecuente que el director del proyecto se encuentre ante una de las siguientes situaciones (o las dos): (1) el proyecto está retrasado, y (2) se ha adelantado el plazo previsto para la finalización del proyecto. En cualquiera de estas situaciones es necesario acelerar algunas o todas las actividades restantes para acabar el proyecto en la fecha deseada. El proceso con el que se reduce la duración de un proyecto de la forma más barata posible se denomina **aceleración**.

Aceleración

Disminución de la duración de una actividad en una red para reducir la duración del camino crítico, de forma que el plazo global de finalización quede reducido.

Como se ha indicado anteriormente, el método CPM es una técnica determinista en la que cada actividad tiene dos estimaciones de duración. La primera es la duración *normal* o *estándar* que utilizamos en nuestro cálculo de los instantes más tempranos y más tardíos. Esta duración normal tiene asociado un coste *normal* de la actividad. La segunda duración es la *duración acelerada*, que se define como la duración más corta necesaria para realizar una actividad. Asociada a esta duración acelerada está el *coste acelerado* de la actividad. Habitualmente podemos acelerar una actividad incorporándole recursos acelerados de una actividad que sea superior a su coste normal.

La cantidad de tiempo en que se puede acortar una actividad (es decir, la diferencia entre el tiempo normal y el tiempo acelerado) depende de la actividad en cuestión. Es posible que no podamos acortar algunas actividades. Por ejemplo, si es necesario que un molde tenga un tratamiento de calor de 48 horas, la incorporación de más recursos no ayudará a recortar el tiempo. Por el contrario, es posible que podamos acortar algunas actividades de forma significativa (por ejemplo, poner los cimientos de una casa en tres días en vez de en diez utilizando tres veces más trabajadores).

De la misma manera, el coste del aceleramiento (o reducción) de una actividad depende del carácter de dicha actividad. A los directivos les suele interesar acelerar un proyecto al menor coste adicional. De aquí que, cuando se eligen las actividades que se van a acelerar, y en cuánto se van a acortar, tenemos que asegurarnos de lo siguiente:

- el tiempo en que se acorta una actividad es, de hecho, posible;
- en conjunto, las duraciones de las actividades aceleradas nos permitirán acabar el proyecto en la nueva fecha final;
- el coste total de la reducción es el menor posible.

Queremos encontrar la forma más barata de acortar un proyecto hasta la fecha deseada de finalización.

Para acelerar un proyecto se siguen estos cuatro pasos:

Paso 1: Calcular el coste del acortamiento por semana (u otro periodo de tiempo) para cada actividad de la red. Si los costes del acortamiento son lineales en el tiempo, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Coste de aceleración por periodo} = \frac{(\text{Coste acelerado} - \text{Coste normal})}{(\text{Tiempo normal} - \text{Tiempo acelerado})} \quad (3.11)$$

Paso 2: Utilizando las duraciones actuales de las actividades, buscamos el camino(s) crítico(s) de la red del proyecto. Se identifican las actividades críticas.

Paso 3: Si sólo hay un camino crítico, se selecciona la actividad de este camino crítico que (a) se puede acortar y (b) tiene el menor coste de aceleramiento por periodo. Si hay más de un camino crítico, se selecciona una actividad de cada camino crítico tal que (a) cada actividad elegida se puede acortar y (b) el coste acelerado total por periodo de todas las actividades seleccionadas es el menor posible. Se acorta cada actividad en un periodo. Observe que una misma actividad puede ser común a más de un camino crítico.

Paso 4: Actualización de todos los tiempos de las actividades. Si se ha alcanzado la fecha de finalización deseada, se para. En caso contrario se vuelve al paso 2.

En el Ejemplo 12 ilustramos la aceleración de un proyecto.

Aceleración de un proyecto para cumplir una fecha de finalización

Suponga que el plazo concedido a Milwaukee Paper Manufacturing para instalar el nuevo equipo de control de la contaminación o tener que cerrar por imposición judicial es de tan sólo 13 semanas (en vez de 16). Como recordará, la duración del camino crítico de Joni Steinberg era de 15 semanas. ¿Qué actividades tiene que acelerar Steinberg, y en cuánto, para cumplir con esta fecha de finalización de 13 semanas? Evidentemente, a Steinberg le interesa acortar el proyecto en dos semanas al menor coste adicional.

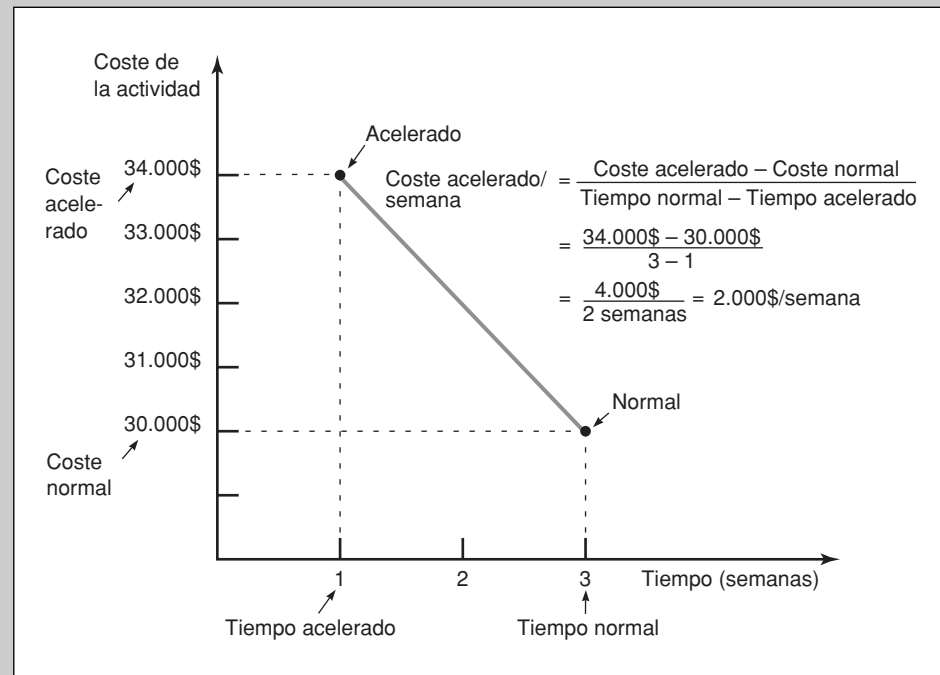
En la Tabla 3.5 se muestran los tiempos normales y acelerados y los costes normales y acelerados para la empresa. Observe, por ejemplo, que el tiempo normal de la actividad B es de tres semanas (la estimación utilizada para calcular el camino crítico) y su tiempo acelerado es de una semana. Esto significa que se puede acortar la actividad B hasta en dos semanas si se proporcionan los recursos adicionales necesarios. El coste de estos recursos adicionales es de 4.000 dólares (diferencia entre el coste acortado de 34.000 dólares y el coste normal de 30.000 dólares). Si suponemos que el coste de aceleración es lineal en el tiempo (es decir, el coste es el mismo para cada semana de reducción de la duración), el coste de acelerar la actividad B es de 2.000 dólares (= 4.000\$/2) por semana de reducción.

EJEMPLO 12

TABLA 3.5 ■ Datos normales y acelerados para Milwaukee Paper Manufacturing

Actividad	Duración (semanas)		Coste (\$)		Coste acelerado por semana (\$)	¿Camino crítico?
	Normal	Acelerada	Normal	Acelerado		
A	2	1	22.000	22.750	750	Sí
B	3	1	30.000	34.000	2.000	No
C	2	1	26.000	27.000	1.000	Sí
D	4	3	48.000	49.000	1.000	No
E	4	2	56.000	58.000	1.000	Sí
F	3	2	30.000	30.500	500	No
G	5	2	80.000	84.500	1.500	Sí
H	2	1	16.000	19.000	3.000	Sí

Este cálculo para la actividad B se representa en la Figura 3.18. Los costes de aceleración de todas las demás actividades se calculan de forma análoga.


FIGURA 3.18 ■ Tiempos y costes normales y acelerados de la actividad B

Ahora se pueden aplicar los pasos 2, 3 y 4 para reducir el plazo de finalización del proyecto de Milwaukee Paper al mínimo coste. Mostramos de nuevo la red del proyecto de Milwaukee Paper en la Figura 3.19.

El camino crítico actual (utilizando los tiempos normales) es Inicio-A-C-E-G-H, donde Inicio es únicamente una actividad inicial ficticia. De estas actividades críticas, la actividad A tiene el menor coste de aceleración por semana, de 750 dólares. Joni Steinberg debería, por tanto, acortar la actividad A en una semana para reducir la duración del proyecto hasta 14 semanas. El coste es de 750 dólares adicionales. Observe que la actividad A no se puede reducir más puesto que ha alcanzado su límite de reducción de una semana.

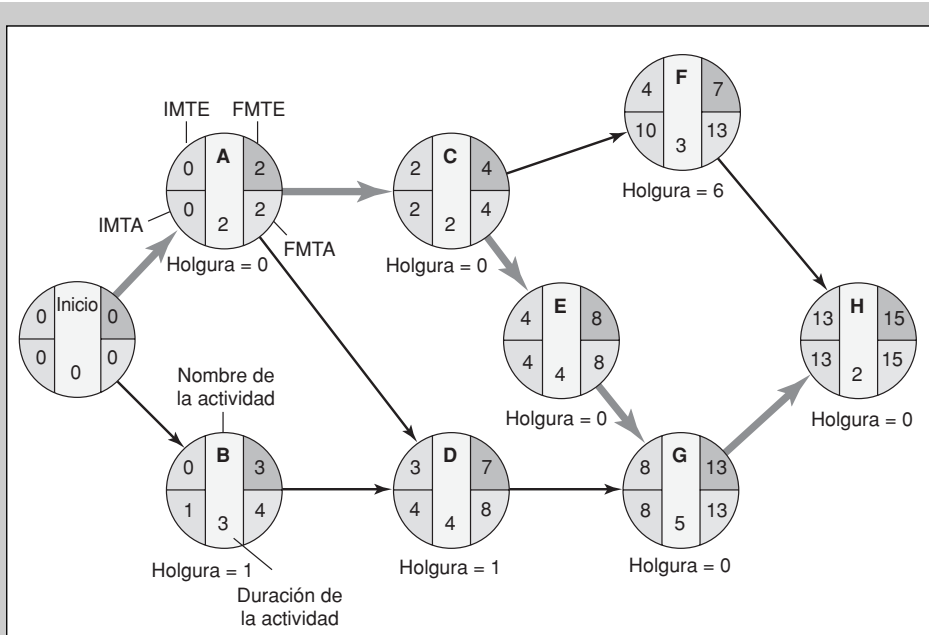


FIGURA 3.19 ■ Camino crítico y tiempos de holgura de Milwaukee Paper

En este momento, el camino inicial Inicio-A-C-E-G-H sigue siendo el camino crítico, con un plazo de realización de 14 semanas. Sin embargo, hay un nuevo camino Inicio-B-D-G-H que también es crítico ahora, con un plazo de realización de 14 semanas. De aquí que cualquier acortamiento adicional deba realizarse para ambos caminos críticos.

En cada uno de estos caminos críticos tenemos que identificar una actividad que todavía se puede acortar. También queremos que el coste total de acelerar una actividad en cada camino sea el menor posible. Podríamos tener la tentación de elegir las actividades con el menor coste de aceleración por periodo en cada camino. Si lo hiciéramos, elegiríamos la actividad C del primer camino y la actividad D del segundo. El coste total del acortamiento sería entonces de 2.000 dólares (= 1.000\$ + 1.000\$).

Pero vemos que la actividad G es común a ambos caminos. Es decir, si acortamos la actividad G habremos reducido simultáneamente el plazo de realización de los dos caminos. Aunque el coste de acortamiento de 1.500 dólares para la actividad G es mayor que el de las actividades C y D, sigue siendo preferible reducir G puesto que el coste total será ahora de tan sólo 1.500 dólares (comparado con los 2.000 dólares de acelerar C y D).

De aquí que, para reducir el proyecto a 13 semanas, Steinberg debe acortar la actividad A en una semana y la actividad G en una semana. El coste total adicional será de 2.250\$ (= 750\$ + 1.500\$).

La aceleración es especialmente importante cuando los contratos de los proyectos incluyen premios o penalizaciones por antelación o retraso en los plazos de terminación.

CRÍTICA A LOS MÉTODOS PERT Y CPM

Como crítica a nuestro análisis sobre el método PERT, a continuación describimos algunas características sobre las que los directivos de operaciones deben ser conscientes.

Ventajas

1. Especialmente útil para programar y controlar grandes proyectos.
2. Su concepto es sencillo y no es complejo matemáticamente.

3. Las redes gráficas (grafos) ponen de relieve las relaciones entre las diversas actividades del proyecto.
4. Los análisis del camino crítico y de los tiempos de holgura ayudan a identificar las actividades que deben vigilarse de cerca.
5. La documentación del proyecto y los grafos permiten mostrar quién es el responsable de las diferentes actividades.
6. Se puede aplicar en una gran variedad de proyectos e industrias.
7. No sólo es útil en el control de la programación, sino también en el de los costes.

Limitaciones

En las grandes redes hay demasiadas actividades para poder vigilarlas todas de cerca, pero los directivos pueden concentrarse en las actividades críticas.

1. Las actividades del proyecto tienen que estar claramente definidas, ser independientes y mantener relaciones estables entre sí.
2. Las relaciones predecesores tienen que ser especificadas y puestas en la red.
3. Las estimaciones de las duraciones tienden a ser subjetivas y corren el riesgo de quedar sin determinar porque los directivos temen ser demasiado optimistas o no ser lo suficientemente pesimistas.
4. Existe el peligro inherente de poner demasiado énfasis en el camino más largo, o crítico. También es necesario controlar de cerca los caminos casi críticos.

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

LA MALA GESTIÓN DEL ENORME PROYECTO ACELA DE AMTRAK

Presionado por el Congreso para dividir Amtrak en empresas más pequeñas y menos dependientes del gobierno, el servicio ferroviario estadounidense para pasajeros se embarcó en 1996 en un enorme proyecto: Acela. El objetivo de Acela era convertirse en el primer servicio ferroviario estadounidense que compitiera con las compañías aéreas en el corredor Washington DC-Nueva York-Boston. Un elemento clave era el Acela Express, un tren dinámico con velocidad de 240 kilómetros por hora, con conexiones a Internet en cada asiento y minivergas. El proyecto de 32.000 millones de dólares, una vez terminado, debería reducir el trayecto entre Nueva York y Boston en casi 2 horas y sumar 180 millones de dólares a los beneficios anuales de la acorralada Amtrak Corporation.

Pero, según la U.S. General Accounting Office (GAO), la agencia auditora estadounidense, tanto Amtrak como sus principales proveedores gestionaron mal el proyecto. "La dirección del proyecto de Amtrak no fue global, y se centraba fundamentalmente en el corto plazo", observa un informe de la GAO de 2004. El portavoz de Amtrak, Cliff

Black, afirma: "El informe de GAO es exacto... en lo que respecta a la gestión y planificación del proyecto". Se acusó a Amtrak de no abordar los problemas de infraestructuras como mejoras de las vías, los puentes y el cableado eléctrico. Por ello, Acela hace el viaje mucho más despacio de lo previsto.

No ayudó al proyecto que las empresas que tenían que fabricar conjuntamente los trenes Acela, de 1.000 millones de dólares cada uno, Bombardier de Canadá y GEC Alston de Gran Bretaña, fabricaran una locomotora con ruedas defectuosas. Como en la mayoría de los grandes proyectos, las penalizaciones por un retraso en la entrega eran importantes. Comenzaban en 1.000 dólares por tren y día y aumentaban hasta alcanzar 13.500 dólares por tren y día.

Ahora, tras haber vuelto a definir el alcance del proyecto, clarificar la estructura de trabajo desagregada, abordar muchos de los problemas de infraestructuras, y haber invertido miles de millones más, Amtrak afirma que la velocidad del tren Acela está, por fin, aumentando. Puede que algún día el tren gane al avión.

Fuentes: Knight Ridder Tribune Business News (9 de marzo de 2004), 1 y (19 de marzo de 2004), 1, y The New York Times (17 de julio de 2004), C7.

CÓMO UTILIZAR MICROSOFT PROJECT PARA GESTIONAR PROYECTOS

Los planteamientos analizados hasta ahora son eficaces para gestionar pequeños proyectos. Sin embargo, para proyectos grandes o complejos, es preferible utilizar un programa informático especializado en la gestión de proyectos. En esta sección ofrecemos una breve introducción al ejemplo más popular de este tipo de programas informáticos especializados, Microsoft Project.

Debemos destacar que, a este nivel de introducción, nuestro propósito aquí no consiste en describir todas las posibilidades de este programa. Por el contrario, ilustramos cómo se puede utilizar para realizar algunos de los cálculos básicos de la dirección de proyectos. Dejamos en sus manos el análisis de las funciones y posibilidades avanzadas de Microsoft Project (o de cualquier otro programa de dirección de proyectos). Con este libro se puede solicitar gratuitamente una versión de utilización limitada de MS Project.

MS Project es útil para programar y controlar proyecto

Creación del programa del proyecto utilizando MS Project

Vamos a retomar el proyecto de Milwaukee Paper Manufacturing. Recuerde que este proyecto tiene ocho actividades (repetidas en el margen). El primer paso consiste en definir las actividades y sus relaciones de precedencia. Para ello, abrimos Microsoft Project y hacemos clic en **archivo/nuevo** para abrir un proyecto en blanco. Ahora podemos introducir la fecha de inicio del proyecto en la información de resumen que se presenta al principio (véase la pantalla 3.1). Observe que las fechas se presentan como fechas del calendario natural, en vez de día 0, día 1, etcétera. Por ejemplo, hemos utilizado el 1 de julio como nuestra fecha de inicio del proyecto en la pantalla 3.1. Microsoft Project actualizará de forma automática la fecha de finalización del proyecto cuando hayamos introducido toda la información del proyecto. En la pantalla 3.1 hemos especificado la fecha actual como el 10 de enero.

Primero definimos un nuevo proyecto.

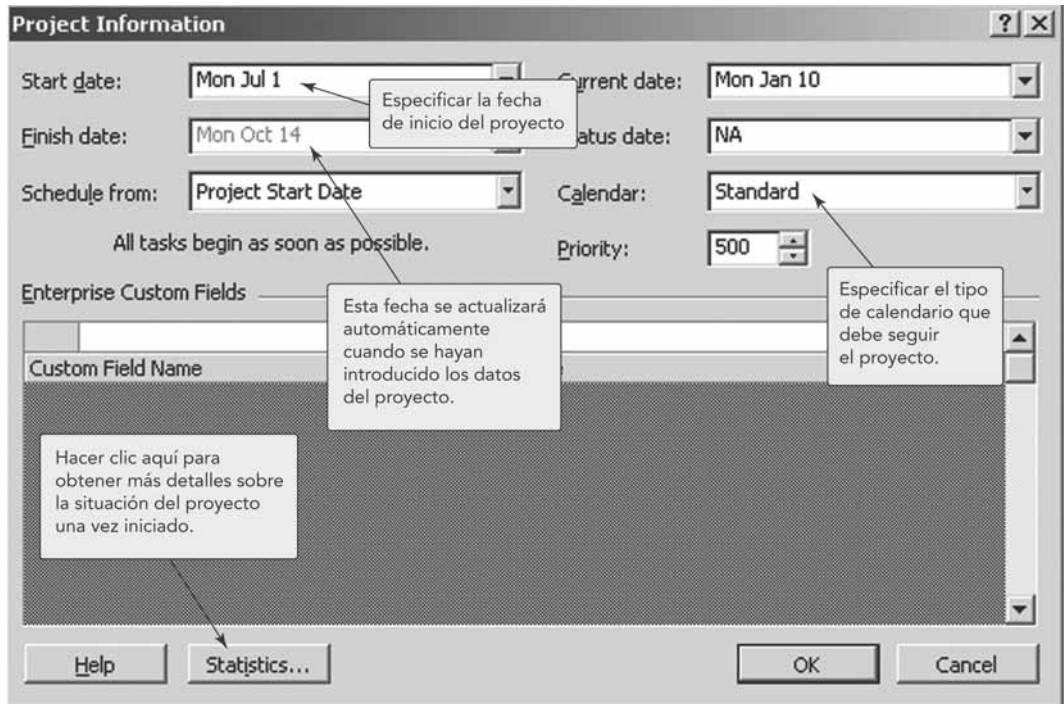
Introducción de la información sobre las actividades Tras introducir la información de resumen, utilizamos ahora la ventana que se muestra en la pantalla 3.2 para introducir toda la información sobre las actividades. Para cada actividad (o tarea, como se denomina en Microsoft Project), introducimos su nombre y duración. Microsoft Project identifica las tareas con números (por ejemplo, 1, 2) en vez de letras. De aquí que, por conveniencia, hemos mostrado tanto la letra (por ejemplo, A, B) como la descripción de la actividad en la columna **Nombre de la Tarea** en la pantalla 3.2. Por defecto, la duración se mide en días. Para especificar semanas, incluimos la letra “w” (*weeks*) tras la duración de cada actividad. Por ejemplo, introducimos la duración de la actividad A como 2w.

A continuación introducimos la información sobre actividades.

A medida que introducimos las actividades y duraciones, el programa introduce automáticamente fechas de inicio y finalización. Observe que todas las actividades tienen la misma fecha de inicio (por ejemplo, el 1 de julio), puesto que todavía no hemos definido las relaciones de precedencia. Además, como se muestra en la pantalla 3.2, si se ha seleccionado la opción del gráfico de Gantt (**Gantt Chart**) en el menú Ver (**View**), aparecerá una barra horizontal correspondiente a la duración de cada actividad en la parte derecha de la ventana.

Observe que en el gráfico de Gantt los sábados y domingos aparecen automáticamente en gris para reflejar que no son días laborables. En la mayoría de los programas informáticos de dirección de proyectos todo el proyecto está relacionado con un calendario maestro (o, alternativamente, cada actividad está vinculada a su propio calendario específico). Además, se pueden definir otros días no laborables utilizando estos calendarios. Por

Duración	
Actividad	Tiempo (en semanas)
A	2
B	3
C	2
D	4
E	4
F	3
G	5
H	2

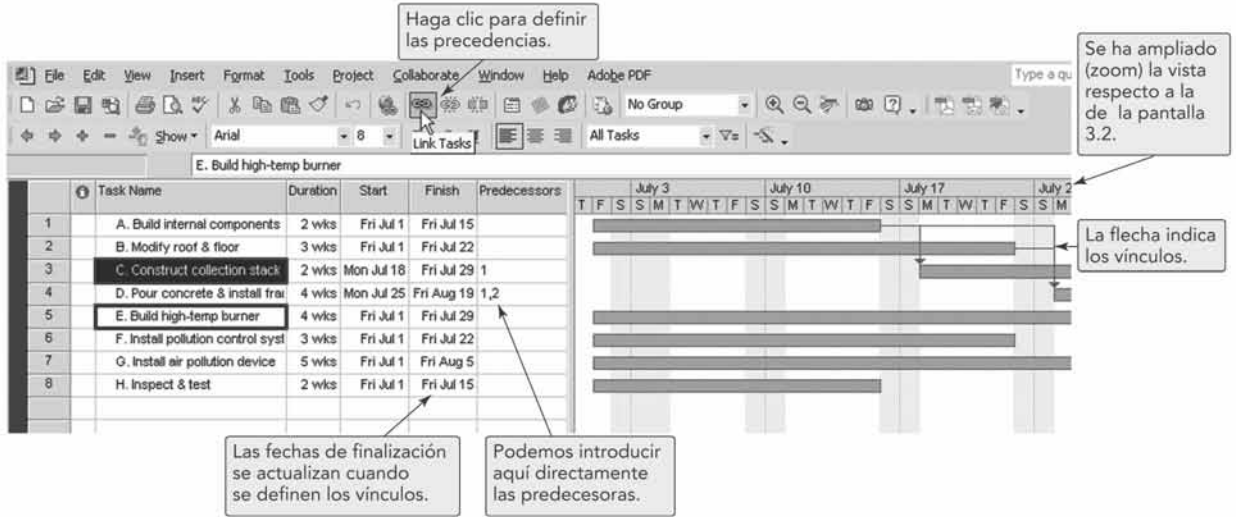


PANTALLA 3.1 ■ Información de resumen del proyecto en MS Project

ejemplo, hemos utilizado **Tools/Change Working Time** para especificar en la pantalla 3.2 que el 4 de julio es festivo. Esto prolonga automáticamente todas las fechas de finalización de las actividades en un día. Puesto que la actividad A empieza el viernes, 1 de julio, y dura dos

Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1. A. Build internal components	2 wks	Fri Jul 1	Fri Jul 15	
2. B. Modify roof & floor	3 wks	Fri Jul 1	Fri Jul 22	
3. C. Construct collection stack	2 wks	Fri Jul 1	Fri Jul 15	
4. D. Pour concrete & install fra	4 wks	Fri Jul 1	Fri Jul 29	
5. E. Build high-temp burner	4 wks	Fri Jul 1	Fri Jul 29	
6. F. Install pollution control syst	3 wks	Fri Jul 1	Fri Jul 22	
7. G. Install air pollution device	5 wks	Fri Jul 1	Fri Aug 5	
8. H. Inspect & test	2 wks	Fri Jul 1	Fri Jul 15	

PANTALLA 3.2 ■ Introducción de las actividades en MS Project para Milwaukee Paper Manufacturing



PANTALLA 3.3 ■ Definición de vínculos entre actividades en MS Project

semanas (es decir, 10 días laborables), su fecha de finalización es ahora el viernes 15 de julio (en vez del jueves 14 de julio).

Definición de relaciones de precedencia El siguiente paso consiste en definir las relaciones de precedencia (o vínculos) entre estas actividades. Hay dos maneras de especificar estos vínculos. La primera consiste en introducir los números de las actividades (por ejemplo, 1, 2) en la columna *Predecessor*, como se muestra en la pantalla 3.3 para las actividades C y D. El otro método consiste en utilizar el icono **Link**. Por ejemplo, para especificar las relaciones de precedencia entre las actividades C y E, hacemos primero clic en la actividad C, mantenemos pulsada la tecla ctrl, y después hacemos clic en E. Luego hacemos clic en el icono *Link*, como se muestra en la pantalla 3.3. En cuanto hemos definido un vínculo, las barras del gráfico de Gantt se vuelven a repositionar automáticamente para reflejar las nuevas fechas de inicio y finalización de las actividades vinculadas. Además, el propio vínculo se muestra como una flecha que parte de la actividad predecesora a la(s) sucesora(s).

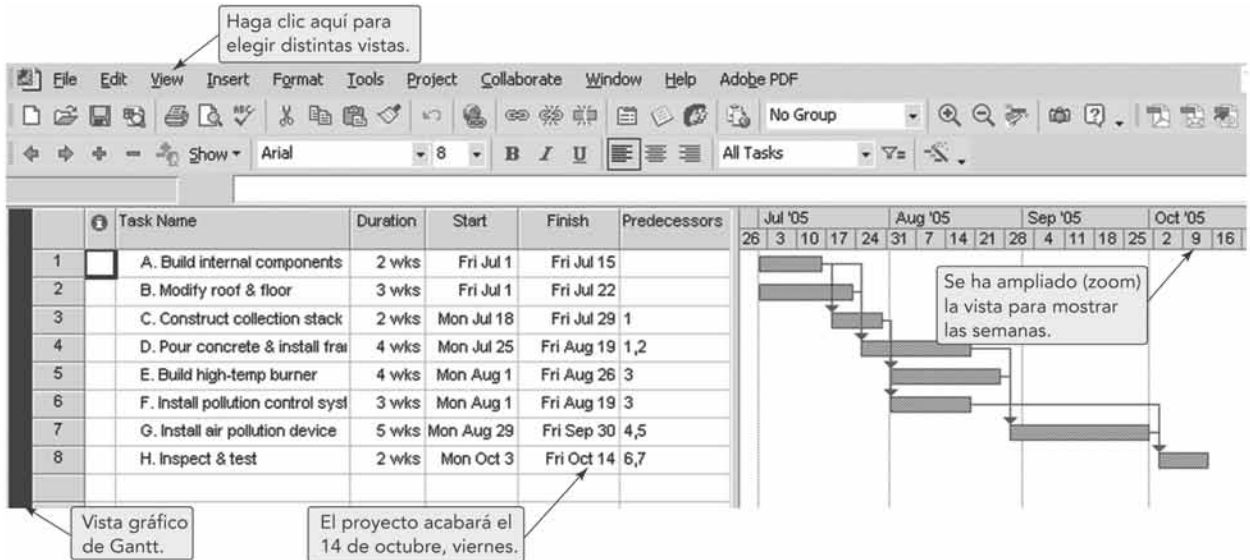
Cómo ver el programa del proyecto Cuando se han definido todos los vínculos, se puede ver todo el programa completo del proyecto como un gráfico de Gantt, como se muestra en la pantalla 3.4. También podemos seleccionar **View/Network Diagram** para verlo como una red (como se muestra en la pantalla 3.5). El camino crítico se muestra en rojo en la pantalla (destacado en la pantalla 3.5) en el diagrama de red o grafo. Podemos hacer clic en cualquiera de las actividades en la red del proyecto para ver los detalles de la actividad. Asimismo, podemos fácilmente añadir o suprimir actividades y/o vínculos de la red del proyecto. Cada vez que lo hagamos, MS Project actualizará automáticamente las fechas de inicio, fechas de finalización y los caminos críticos. Si queremos, también podemos cambiar manualmente el layout de la red (por ejemplo, volver a posicionar las actividades) cambiando las opciones en **Format/Layout**.

Las pantallas 3.4 y 3.5 muestran que, si el proyecto de Milwaukee Paper empieza el 1 de julio, se puede terminar el 14 de octubre. Las fechas de inicio y finalización de todas las actividades también aparecen claramente identificadas. Este calendario tiene en cuenta

La programación tiene en cuenta automáticamente los días no laborables.

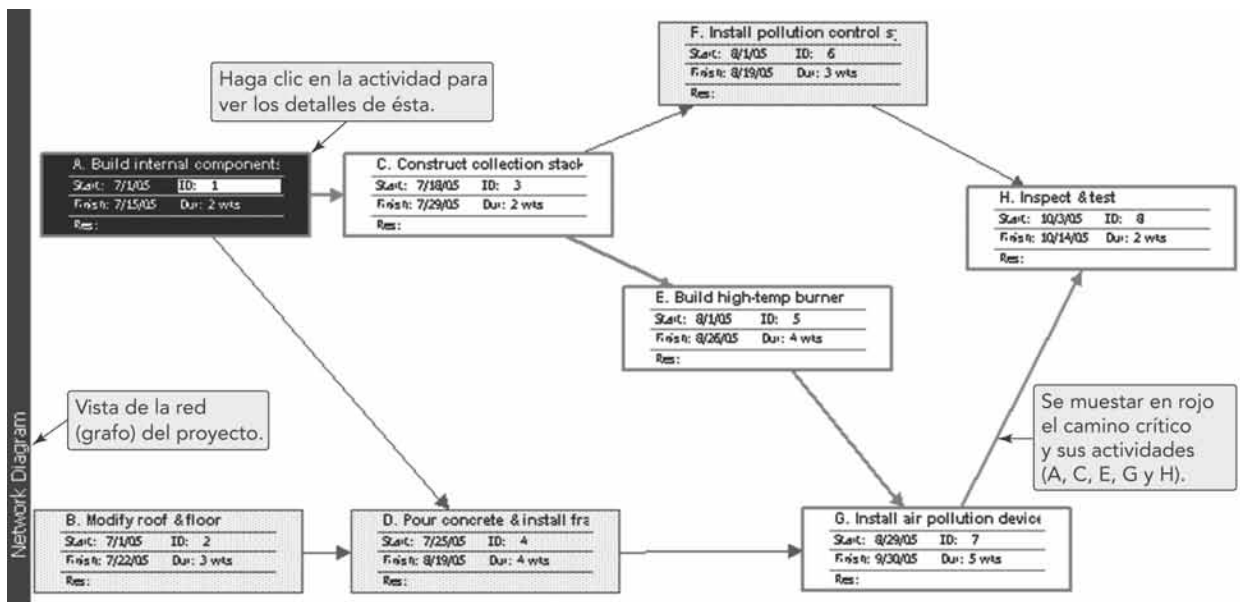
Precedencias	
Actividad	Predecesoras
A	—
B	—
C	A
D	A, B
E	C
F	C
G	D, E
H	F, G

Se puede ver el proyecto, o bien como un gráfico de Gantt, o bien como una red.



PANTALLA 3.4 ■ Gráfico de Gantt con MS Project para Milwaukee Paper Manufacturing

ta los días no laborables, que son todos los fines de semana y el 4 de julio. Estas pantallas ilustran cómo se puede simplificar, en gran medida, con la utilización de programas informáticos especializados en la dirección de proyectos los procedimientos de programación analizados anteriormente en este capítulo.



PANTALLA 3.5 ■ Red del proyecto con MS Project para Milwaukee Paper

Análisis PERT Como se ha indicado, MS Project no hace los cálculos de probabilidad PERT analizados en los Ejemplos 10 y 11. Sin embargo, haciendo clic en **View/Toolbars/PERT Analysis**, podemos hacer que Microsoft Project nos permita introducir las duraciones optimistas, más probables y pesimistas para cada actividad. A continuación podemos elegir ver gráficos de Gantt utilizando cualquiera de estas tres duraciones para cada actividad.

Seguimiento del avance y control de costes utilizando MS Project

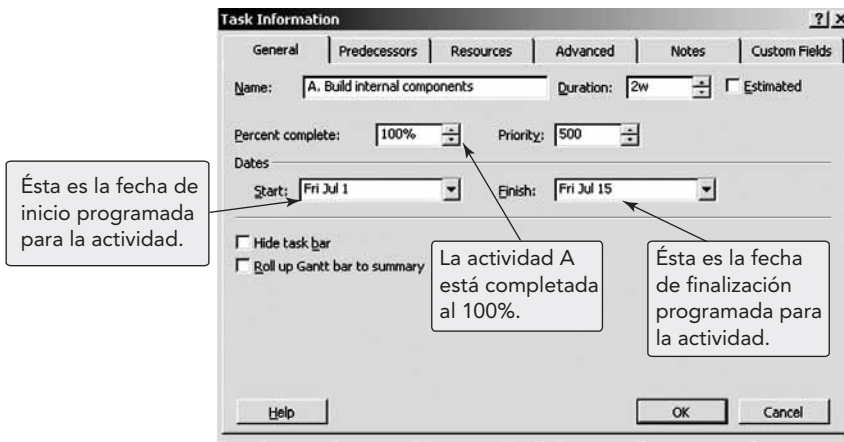
Tal vez la mayor ventaja de utilizar un programa informático especializado para gestionar los proyectos es que se puede hacer el seguimiento del avance del proyecto. En este sentido, Microsoft Project dispone de muchas opciones para hacer seguimiento de las actividades individuales en cuanto a tiempos, costes, utilización de recursos, etcétera. En esta sección vamos a ilustrar cómo podemos hacer un seguimiento del avance de un proyecto en lo concerniente al tiempo.

Seguimiento de la situación de un proyecto respecto al tiempo Una forma fácil de hacer un seguimiento del avance de las tareas en cuanto al tiempo consiste en introducir el porcentaje de trabajo realizado para cada tarea. Una forma de hacerlo es haciendo doble clic en cualquier actividad en la columna de *Task Name* en la pantalla 3.4. Se muestra una ventana como la que se representa en la pantalla 3.6. Vamos a introducir ahora el porcentaje de trabajo realizado para cada tarea.

El cuadro que se muestra en el margen ofrece información sobre el porcentaje realizado a fecha de hoy de cada una de las actividades de Milwaukee Paper. (Suponga que estamos a viernes, 12 de agosto, es decir, el final de la sexta semana en la programación del proyecto)⁴. La pantalla 3.6 muestra que la actividad A está totalmente terminada. Introducimos el porcentaje de materialización de todas las demás actividades de manera parecida.

La programación tiene en cuenta automáticamente los días no laborables.

Proyecto de control de la contaminación Porcentaje finalizado a 12 de agosto	
Actividad	Completado
A	100
B	100
C	100
D	10
E	20
F	20
G	0
H	0

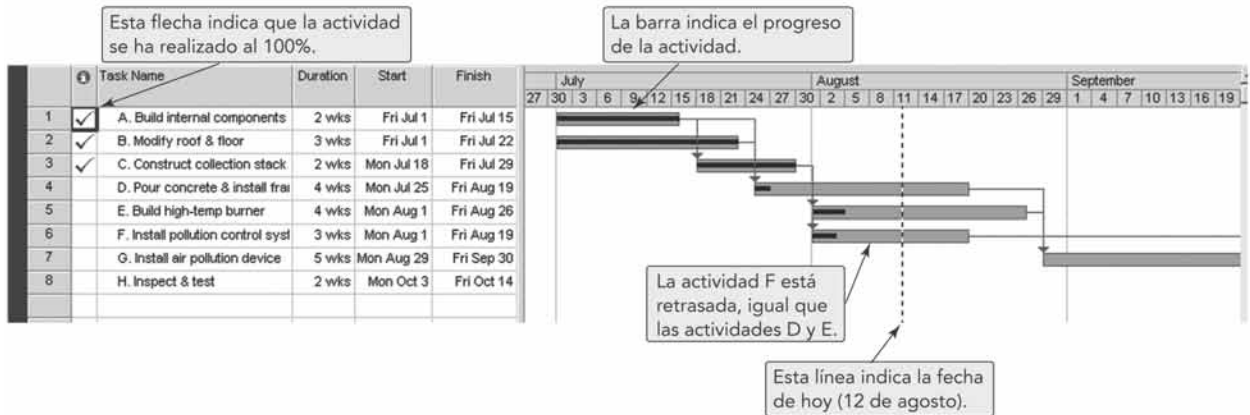


“Los proyectos mal dirigidos son caros, no sólo financieramente, sino también en cuanto al tiempo desperdiciado y al personal desmoralizado. Pero el fracaso casi nunca es debido a un mal programa informático”.

C. Fujinami y A. Marshall, asesores en Kepner Tregoe, Inc.

PANTALLA 3.6 ■ Actualización del avance de las actividades en MS Project

⁴ Recuerde que el día festivo del 4 de julio ha desplazado todas las fechas en un día. Por ello, las actividades acaban los viernes, y no los jueves.



PANTALLA 3.7 ■ Seguimiento de los progresos del proyecto MS Project

Como se muestra en la pantalla 3.7, el gráfico de Gantt refleja de inmediato esta información actualizada al dibujar una línea gruesa dentro de la barra de cada actividad. La longitud de esta línea es proporcional al porcentaje de trabajo realizado de dicha actividad.

¿Cómo sabemos si estamos cumpliendo los plazos? Observe que hay una línea recta vertical en el gráfico de Gantt que corresponde a la fecha de hoy. Microsoft Project moverá automáticamente esta línea para situarla sobre la fecha actual. Si el proyecto está cumpliendo los plazos previstos, todas las barras a la *izquierda* de la línea que representa la fecha actual deberían estar terminadas. Por ejemplo, la pantalla 3.7 muestra que las actividades A, B y C están dentro de los plazos previstos. Por el contrario, las actividades D, E y F están retrasadas. Hay que analizar más detenidamente lo que está ocurriendo en estas actividades para determinar los motivos del retraso. Este tipo de información *visual* fácil de interpretar es lo que hace que estos programas sean tan útiles en la práctica de la dirección de proyectos.

Además de leer esta sección sobre MS Project, le animamos a cargar el software desde el CD-ROM que puede pedir con su texto y que intente seguir estos procedimientos.

RESUMEN

El método PERT y el CPM, así como otras técnicas de programación, han demostrado ser herramientas muy valiosas para el control de proyectos grandes y complejos. Con estas herramientas, los directores conocen la situación de cada actividad, qué actividades son críticas y cuáles tienen margen; además, saben qué actividades son las más aptas para ser aceleradas. Los proyectos se dividen en actividades diferenciadas, y se identifican recursos específicos para ellas. Esto permite a los directores de proyecto responder enérgicamente a la competencia mundial. Una dirección de proyectos eficaz también permite que las empresas creen productos y servicios para los mercados globales. Al igual que MS Project, suministrado en su CD-ROM del alumno y presentado en este capítulo, hay una gran variedad de paquetes de software disponibles para ayudar a los directivos a manejar los problemas de modelización de una red.

Los métodos PERT y CPM, sin embargo, no resuelven todos los problemas de programación y gestión. También son necesarias buenas prácticas de gestión, claras responsabilidades para las tareas, y sistemas de información sencillos y oportunos. Es importante recordar que los modelos que describimos en este capítulo son sólo herramientas para ayudar a los directivos a tomar mejores decisiones.

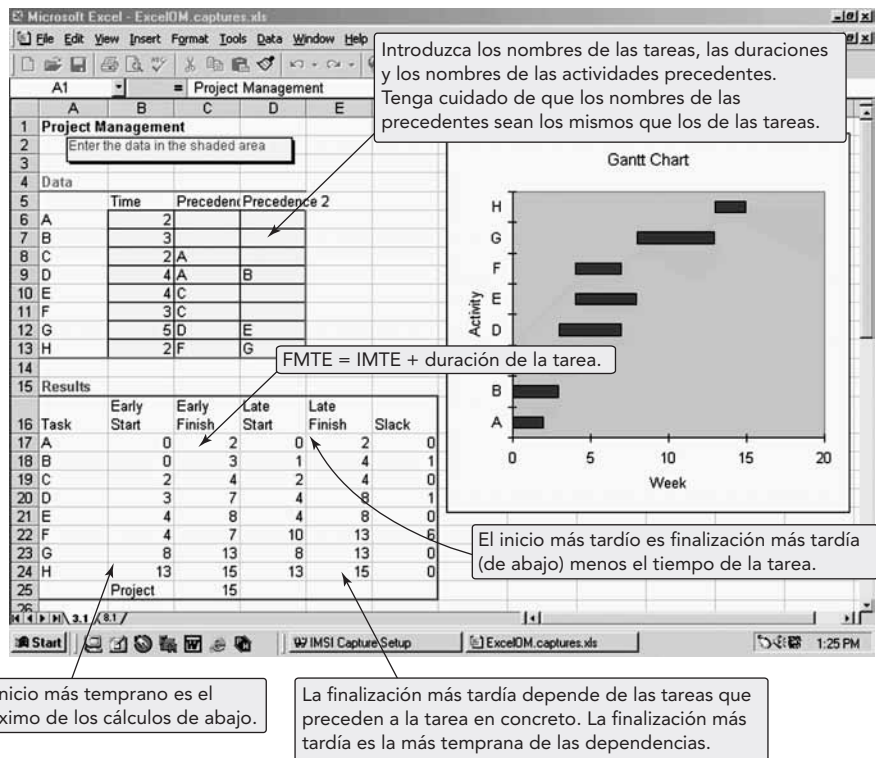
Organización del proyecto
 Estructura de trabajo desagregada
 Diagramas de Gantt
 Técnica de evaluación y revisión de proyectos (PERT)
 Método del camino crítico (CPM)
 Camino crítico
 Actividad en flecha o arco (AOA)
 Actividad en nodo o vértice (AON)
 Actividades ficticias
 Análisis del camino crítico

Programación hacia delante
 Programación hacia atrás
 Tiempo de holgura
 Holgura total
 Holgura libre
 Duración optimista
 Duración más probable
 Duración pesimista
 Distribución de probabilidad beta
 Aceleración

TÉRMINOS CLAVE

CÓMO UTILIZAR PROGRAMAS INFORMÁTICOS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Además del programa Microsoft Project que se ha ilustrado, tanto Excel OM como POM para Windows son programas que pueden utilizar los lectores de este texto como herramientas para la dirección de proyectos.



PROGRAMA 3.8 ■ Utilización de Excel Om con los datos de Milwaukee Paper Manufacturing de los Ejemplos 4 y 5



Cómo utilizar Excel OM

Excel OM es un módulo de programación de proyectos. La pantalla 3.8 utiliza los datos del ejemplo de Milwaukee Paper Manufacturing de este capítulo (véanse los Ejemplos 4 y 5). El análisis PERT/CPM también maneja las actividades con tres estimaciones de duración.



Cómo utilizar POM para Windows

El módulo de programación de proyectos de POM para Windows también puede calcular el tiempo previsto de finalización del proyecto para una red CPM y PERT con una o con tres estimaciones de duración. Para más detalles, consúltese el Apéndice IV.



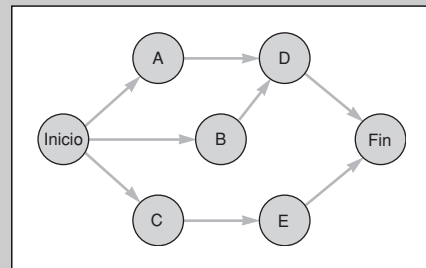
PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 3.1

Construya una red AON a partir de la siguiente información:

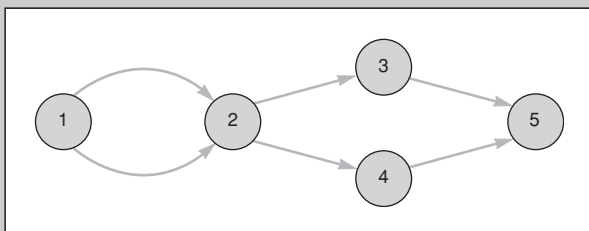
Actividad	Predecesoras inmediatas
A	—
B	—
C	—
D	A, B
E	C

Solución



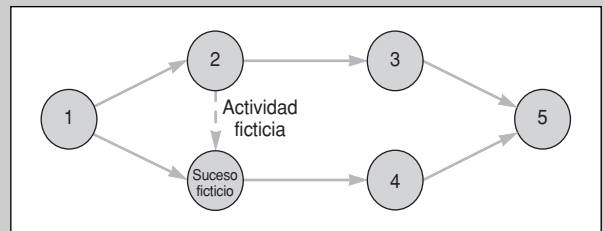
Problema resuelto 3.2

Introduzca una actividad ficticia y una etapa para corregir la siguiente red AON:



Solución

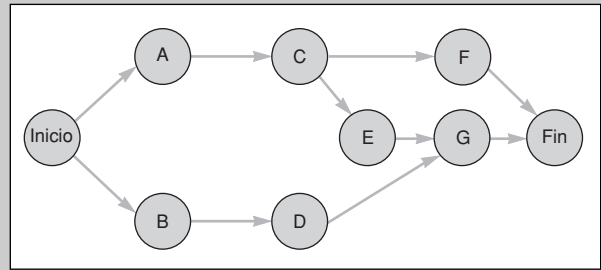
Añadimos la siguiente actividad ficticia y el siguiente suceso ficticio para obtener una red AON correcta:



Problema resuelto 3.3

Calcule el camino crítico, la fecha de finalización T , y la varianza σ_p^2 a partir de la siguiente información de una red AON:

Actividad	Duración	Varianza	IMTE	FMTE	IMTA	FMTA	Holgura
A	2	$\frac{2}{6}$	0	2	0	2	0
B	3	$\frac{2}{6}$	0	3	1	4	1
C	2	$\frac{4}{6}$	2	4	2	4	0
D	4	$\frac{4}{6}$	3	7	4	8	1
E	4	$\frac{2}{6}$	4	8	4	8	0
F	3	$\frac{1}{6}$	4	7	10	13	6
G	5	$\frac{1}{6}$	8	13	8	13	0



Solución

Concluimos que el camino crítico es Inicio, A, C, E, G, Final.

Duración total del proyecto = $T = 2 + 2 + 4 + 5 = 13$

y

$$\sigma_p^2 = \Sigma \text{Varianzas en camino crítico} = \frac{2}{6} + \frac{4}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6} = \frac{9}{6} = 1,5$$

Problema resuelto 3.4

Para completar el ensamblaje de un ala de un avión experimental, Jim Gilbert ha diseñado siete actividades principales. Estas actividades se han denominado de A a G en la siguiente tabla, que también muestra sus duraciones estimadas (en semanas) y las precededoras inmediatas. Calcule la duración esperada y la varianza de cada actividad.

Actividad	a	m	b	Predecesoras inmediatas
A	1	2	3	—
B	2	3	4	—
C	4	5	6	A
D	8	9	10	B
E	2	5	8	C, D
F	4	5	6	D
G	1	2	3	E

Solución

Las duraciones esperadas y las varianzas se pueden calcular utilizando las Fórmulas 3.6 y 3.7 de este capítulo. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Actividad	Duración esperada (en semanas)	Varianza
A	2	$\frac{1}{9}$
B	3	$\frac{1}{9}$
C	5	$\frac{1}{9}$
D	9	$\frac{1}{9}$
E	5	1
F	5	$\frac{1}{9}$
G	2	$\frac{1}{9}$

Problema resuelto 3.5

En relación con el problema anterior, Jim Gilbert quiere ahora calcular el camino crítico del proyecto de ensamblaje del ala, así como el plazo esperado de finalización del proyecto. Además, quiere averiguar los inicios y finales más tempranos y tardíos de todas las actividades.

Solución

La red AON del proyecto de Jim Gilbert se muestra en la Figura 3.20. Observe que este proyecto tiene múltiples actividades (A y B) que no tienen predecesoras inmediatas, y múltiples actividades (F y G) que no tienen sucesoras. De aquí que, además de una única actividad inicial (Inicio) hemos incluido una única actividad final (Final) para el proyecto.

La Figura 3.20 muestra los instantes más tempranos y tardíos de todas las actividades. Los resultados también se resumen en la siguiente tabla:

Actividad	Fechas de las actividades				Holgura
	IMTE	FMTE	IMTA	FMTA	
A	0	2	5	7	5
B	0	3	0	3	0
C	2	7	7	12	5
D	3	12	3	12	0
E	12	17	12	17	0
F	12	17	14	19	2
G	17	19	17	19	0

Duración esperada del proyecto = 19 semanas

Varianza del camino crítico = 1,333

Desviación estándar del camino crítico = 1,155 semanas

Las actividades del camino crítico son B, D, E y G. Estas actividades tienen una holgura nula, como se muestra en la tabla.

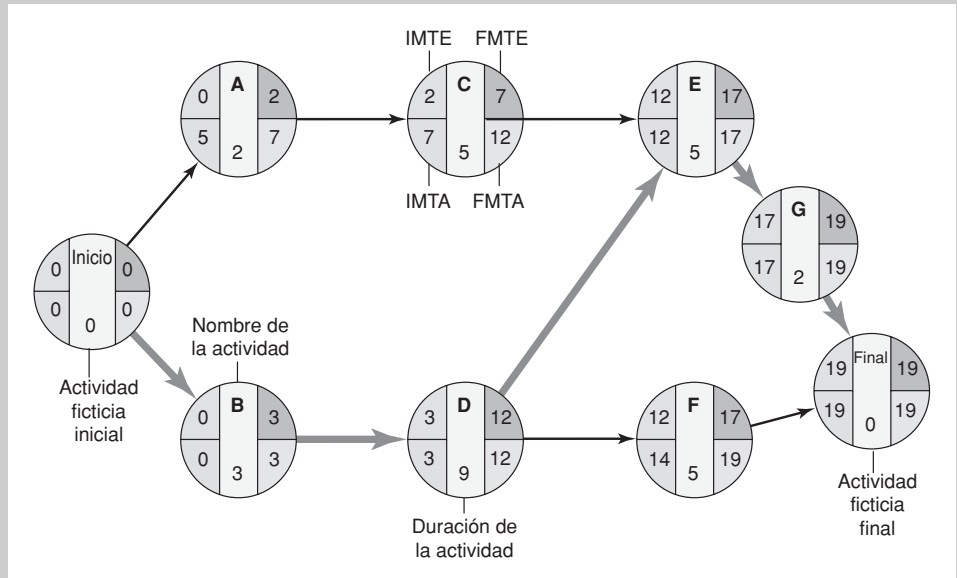


FIGURA 3.20 ■ Camino crítico del Problema resuelto 3.5

Problema resuelto 3.6

Se ha calculado la siguiente información de un proyecto:

Duración esperada del proyecto = $t = 62$ semanas

Varianza del proyecto = $\sigma_p^2 = 81$

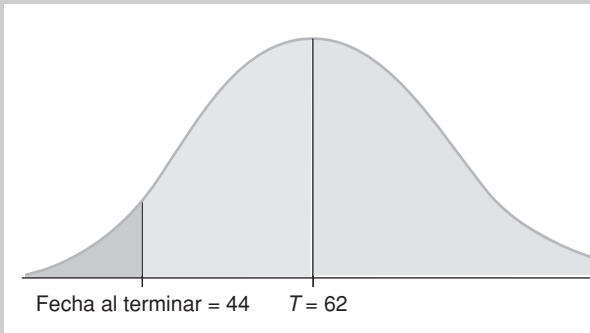
¿Cuál es la probabilidad de que el proyecto se acabe en 18 semanas *antes* de su fecha prevista de finalización?

Solución

La fecha deseada de finalización es de 18 semanas antes de la fecha prevista de 62 semanas. La fecha deseada de terminación es de 44 (o $61 - 18$) semanas.

$$Z = \frac{\text{Fecha al terminar} - \text{Fecha prevista}}{\sigma_p} = \frac{44 - 62}{9} = \frac{-18}{9} = -2,0$$

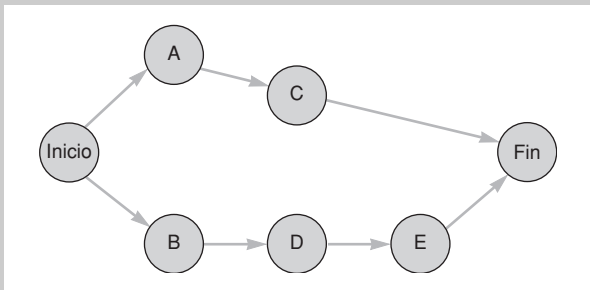
La curva de distribución normal tiene la siguiente forma:



Puesto que la curva normal es simétrica y los valores de la tabla se calculan para los valores positivos de Z , el área deseada es igual a $1 -$ (el valor de la tabla). Para $Z = +2,0$, el área de la tabla es $0,977275$. Por lo tanto, el área correspondiente a un valor de Z de $-2,0$ es $0,02275$ (o $1 - 0,977275$). Por consiguiente, la probabilidad de acabar el proyecto 18 semanas antes de la fecha prevista de finalización es de aproximadamente $0,023$, o $2,3\%$.

Problema resuelto 3.7

Calcule el coste mínimo de reducción del tiempo de finalización de un proyecto en 3 meses a partir de la siguiente información:



Solución

El primer paso para resolver este problema consiste en calcular IMTE, FMTE, IMTA, FMTA y el tiempo de holgura para cada actividad.

Actividad	IMTE	FMTE	IMTA	FMTA	Holgura
A	0	6	9	15	9
B	0	7	0	7	0
C	6	13	15	22	9
D	7	13	7	13	0
E	13	22	13	22	0

El camino crítico por las actividades B, D, y E.

Actividad	Duración normal (meses)	Duración acelerada (meses)	Coste normal	Coste acelerado
A	6	4	2.000\$	2.400\$
B	7	5	3.000	3.500
C	7	6	1.000	1.300
D	6	4	2.000	2.600
E	9	8	8.800	9.000

A continuación, hay que calcular el coste de aceleración/mes para cada actividad.

Actividad	Duración normal – Duración acelerada	Coste acelerado – Coste normal	Coste acelerado/mes	¿Camino crítico?
A	2	400\$	200\$/mes	No
B	2	500	250/mes	Sí
C	1	300	300/mes	No
D	2	600	300/mes	Sí
E	1	200	200/mes	Sí

Finalmente seleccionamos la actividad del camino crítico con el menor coste de aceleración/mes. Esta actividad es la E. Por tanto, podemos reducir el tiempo total de finalización del proyecto en un mes con un coste adicional de 200 dólares. Aún tenemos que reducir la fecha de finalización del proyecto en 2 meses. Esta reducción puede conseguirse al menor coste posible en el camino crítico, mediante la reducción de la actividad B en dos meses, con un coste adicional de 500 dólares. Esta solución queda resumida en la siguiente tabla:

Actividad	Meses de reducción	Coste
E	1	200\$
B	2	500
		Total: 700\$

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestra página web o utilice el CD-ROM del estudiante para obtener ayuda sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa
- Ejercicios en Internet
- Casos en Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en Power Point
- Videoclips y casos en vídeo
- Problemas prácticos
- Excell OM
- Archivos de datos para Excel OM
- MS Project (si se solicita)
- Ejercicio Active Model
- POM para Windows



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. Ofrezca un ejemplo de una situación en que se necesita la dirección de proyectos.
2. ¿Qué es una organización de proyecto?
3. ¿De qué tres fases está compuesta la dirección de un gran proyecto?
4. ¿Qué preguntas pueden contestarse con los métodos PERT y CPM?
5. Defina *estructura de trabajo desagregada*. ¿Cómo se utiliza?
6. ¿Cómo se utilizan los gráficos de Gantt en la dirección de proyectos?
7. ¿Cuál es la diferencia entre una red de actividad en flecha (AOA) y una red de actividad en nodo (AON)? ¿Cuál es la que más se utiliza en este capítulo?
8. ¿Qué importancia tiene el camino crítico?
9. ¿Qué tiene que hacer un directivo para acelerar una actividad?
10. Describa cómo pueden calcularse mediante una red PERT las duraciones esperadas y las varianzas de las actividades.
11. Defina *inicio más temprano, final más temprano, inicio más tardío y final más tardío*.
12. A veces los alumnos se sienten confusos por el concepto de camino crítico, y quieren creer que es el camino *más corto* en una red. Explique de manera convincente por qué no es así.
13. ¿Qué es una actividad ficticia? ¿Por qué se utiliza en una red AOA?
14. ¿Cuáles son las tres estimaciones de tiempos en PERT?

15. ¿Es posible que un director de un proyecto tenga que analizar la posibilidad de acelerar una actividad no crítica en la red de un proyecto? Explique de manera convincente.
16. ¿Cómo se calcula en PERT la varianza total de un proyecto?
17. Describa el significado de holgura y analice cómo se puede calcular.
18. ¿Cómo se calcula la probabilidad de que un proyecto acabe en determinada fecha? ¿Qué supuestos se postulan en este cálculo?
19. Enumere algunos de los programas de software más utilizados en la dirección de proyectos.



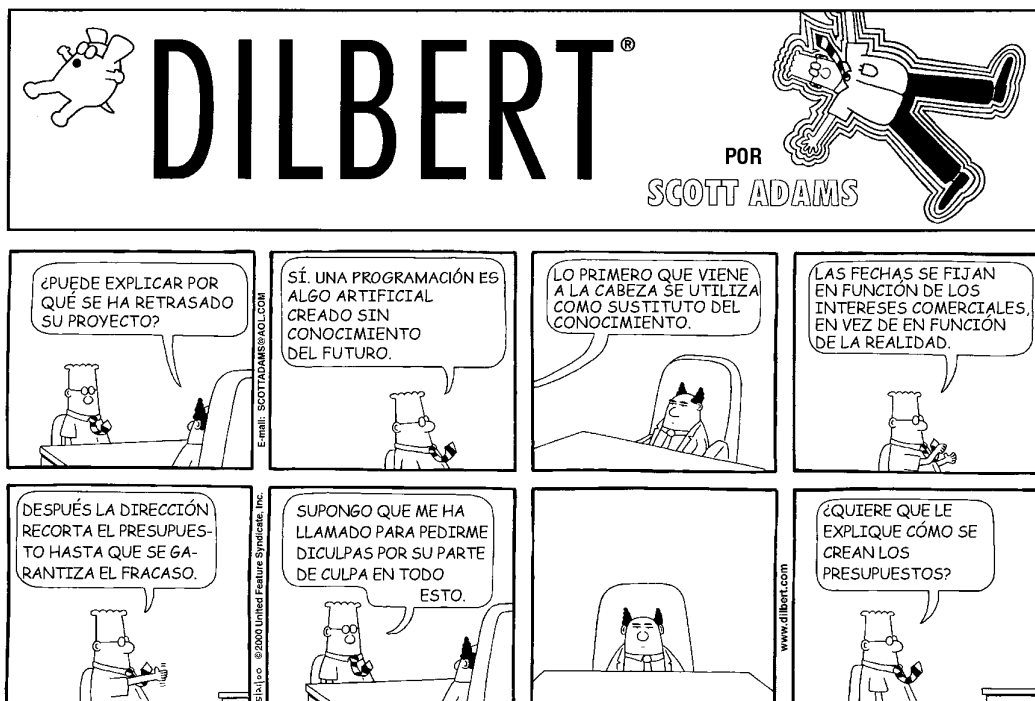
DILEMA ÉTICO

Dos ejemplos de proyectos muy mal gestionados son el proyecto TAURUS y el "Big Dig". El primero, denominado formalmente el proyecto de automatización de la Bolsa de Londres, costó 575 millones de dólares antes de que fuera finalmente abandonado. Aunque la mayoría de los proyectos de Sistemas de Gestión de la Información (*Management Information Systems, MIS*) tienen reputación por sobrepasar costes, retrasos y su escaso rendimiento, el proyecto TAURUS estableció una nueva marca de desastre.

Pero incluso el proyecto TAURUS palideció ante el proyecto más caro y más grande de obra pública de la historia de Estados Unidos: el proyecto de un túnel/vía central en Boston que duró 15 años. Llamado Big Dig

(Gran Excavación), tal vez sea, en décadas, el caso más patente y grave de un proyecto mal dirigido. Partiendo de un presupuesto inicial de 2.000 millones de dólares, se llegó a un coste final de 15.000 millones, el proyecto costó más que el canal de Panamá, la presa Hoover, o la Interestatal 9, la autovía de 3.070 kilómetros que une Maine y Florida.

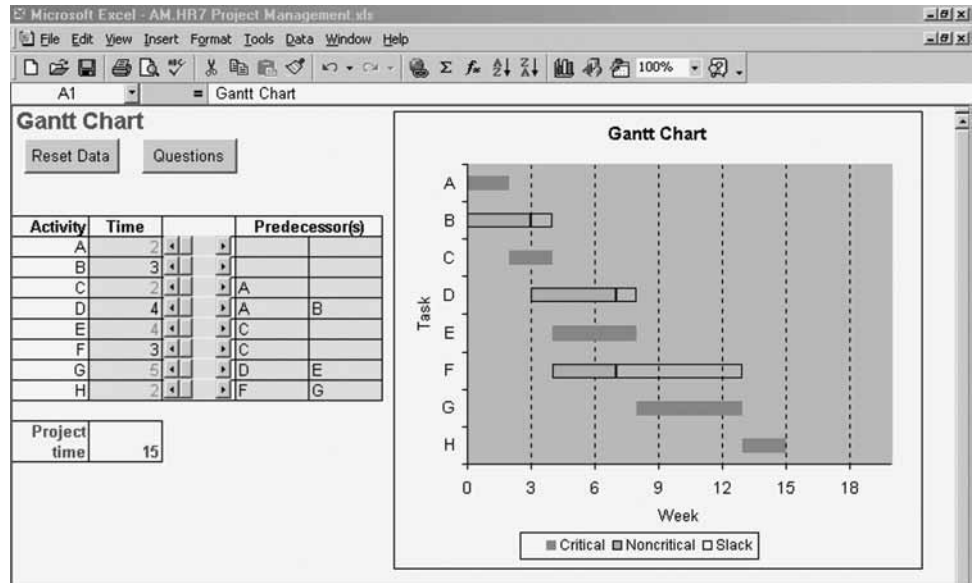
Busque información sobre uno de estos dos proyectos (u otro de su elección) y explique por qué se produjeron esos problemas, y por qué permiten los directores de proyectos que tan grandes empeños humanos terminen en semejante estado. El señor Dilbert (véase en las viñetas a continuación) tiene su opinión, pero ¿cuáles cree usted que son las causas?





EJERCICIO ACTIVE MODEL

Milwaukee Paper Manufacturing. Este ejercicio Active Model le permite evaluar cambios en importantes elementos de la red del hospital que hemos visto en el capítulo, utilizando su CD-ROM. Véase Active Model 3.1.



ACTIVE MODEL 3.1 ■ Dirección de proyectos

Este gráfico contiene un diagrama de Gantt con una única estimación de duraciones para el proyecto de Milwaukee Paper. Las actividades críticas aparecen en oscuro, tanto en la tabla de datos como en el diagrama de Gantt. Las actividades no críticas aparecen en claro en el diagrama de Gantt, y el lado derecho de estas actividades no críticas muestra la holgura que tienen. Usted puede utilizar las barras de desplazamiento para cambiar las duraciones de las actividades individuales. Para las actividades críticas, cuando cambian las duraciones cambian los plazos del proyecto. Para las actividades no críticas, si se aumenta la duración, pueden finalmente convertirse en actividades críticas.

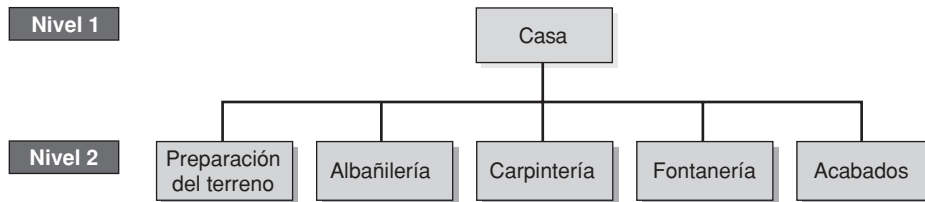
Preguntas

1. Tanto A como H son actividades críticas. Describa la diferencia de lo que ocurre en el diagrama cuando aumenta la duración de A o cuando aumenta H.
2. La actividad F no es crítica. ¿En cuántas semanas puede aumentar la duración de la actividad F hasta que se hace crítica?
3. La actividad B no es crítica. ¿En cuántas semanas puede aumentar la duración de esta actividad hasta que sea crítica? ¿Qué ocurre cuando pasa a ser crítica?
4. ¿Qué pasa cuando aumenta la duración de B en más de una semana después de que haya pasado a ser una actividad crítica?
5. Suponga que cambia la normativa sobre construcción y, por ello, la actividad B tiene que estar acabada antes de que se puede empezar la actividad C. ¿Cómo afectaría al proyecto?



PROBLEMAS*

- 3.1. La estructura de trabajo desagregada para la construcción de una casa (niveles 1 y 2) se muestra a continuación:



- a) Añada dos actividades de nivel 3 a cada una de las actividades del nivel 2 para que la estructura desagregada tenga más detalle.
- b) Elija una de sus actividades de nivel 3 y añada dos actividades de nivel 4.

- 3.2. Jerry Jacobs ha decidido presentarse a Congresista para la Cámara de Representantes en el distrito 34 de Florida. Considera que su campaña electoral de 8 meses es un proyecto importante y quiere crear una estructura desagregada de trabajo para ayudar a controlar la detallada programación de la campaña. Hasta ahora ha definido la siguiente estructura:

Nivel	N.º de Id. del nivel	Actividad
1	1.0	Desarrollo de la campaña política
2	1.1	Plan de financiación
3	1.11	_____
3	1.12	_____
3	1.13	_____
2	1.2	Definición de una postura en las cuestiones principales
3	1.21	_____
3	1.22	_____
3	1.23	_____
2	1.3	Búsqueda de personal para la campaña
3	1.31	_____
3	1.32	_____
3	1.33	_____
3	1.34	_____
2	1.4	Cumplimiento de las cuestiones burocráticas para ser candidato
3	1.41	_____
3	1.42	_____
2	1.5	Planes/cuestiones éticas
3	1.51	_____

Ayude al Sr. Jacobs proponiendo información más detallada en las líneas que están en blanco. ¿Hay otras actividades importantes (de nivel 2) que haya que incluir? En caso afirmativo, añada un N.º de Id. 1.6 e inclúyalas.

* Nota: **P** Significa que se puede resolver el problema con el programa POM para Windows; **W** significa que se puede resolver el problema con Excel OM, y **P_W** significa que se puede resolver el problema con POM para Windows y/o Excel OM.

- P** 3.3. Dibuje la red AON asociada a las siguientes actividades para el proyecto de empresa de consultoría Girish Shambu. ¿Cuánto tiempo tardarán Girish y sus compañeros de equipo en realizar su proyecto? ¿Cuáles son las actividades del camino crítico?

Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Duración (días)	Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Duración (días)
A	—	3	E	B	4
B	A	4	F	C	4
C	A	6	G	D	6
D	B	6	H	E, F	8

- P** 3.4. Dadas las actividades cuya secuencia viene descrita en la siguiente tabla, dibuje el diagrama AOA pertinente. ¿Qué actividades están en el camino crítico? ¿Qué longitud tiene el camino crítico?

Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Duración (días)	Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Duración (días)
A	—	5	F	C	5
B	A	2	G	E, F	2
C	A	4	H	D	3
D	B	5	I	G, H	5
E	B	5			

- P** 3.5. Utilizando AOA, dibuje una red que describa el siguiente proyecto de construcción de Sarah McComb. Calcule su camino crítico. ¿Cuál es la duración mínima de esta red?

Actividad	Nodos	Duración (semanas)	Actividad	Nodos	Duración (semanas)
J	1-2	10	N	3-4	2
K	1-3	8	O	4-5	7
L	2-4	6	P	3-5	5
M	2-3	3			

- P** 3.6. Shirley Hopkins está considerando proporcionar formación en liderazgo a los directivos de nivel medio. Shirley ha realizado una lista de las actividades que han de completarse antes de poder desarrollar un programa de formación de estas características. En la siguiente tabla aparecen las actividades y las predecesoras inmediatas.

Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Duración (días)	Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Duración (días)
A	—	2	E	A, D	3
B	—	5	F	C	6
C	—	1	G	E, F	8
D	B	10			

- Desarrolle una red AON para este problema.
- ¿Cuál es el camino crítico?
- ¿Cuál es el plazo total para finalizar el proyecto?
- ¿Cuál es el tiempo de holgura de cada una de las actividades?

- P
✎
3.7. Las estimaciones de duraciones de las tareas para el proyecto de creación de una línea de producción en la factoría Robert Klassen de Ontario son las siguientes:

Actividad	Duración (en horas)	Predecesoras inmediatas
A	6,0	—
B	7,2	—
C	5,0	A
D	6,0	B, C
E	4,5	B, C
F	7,7	D
G	4,0	E, F

- a) Dibuje la red AON del proyecto.
- b) Identifique el camino crítico.
- c) ¿Cuál es la duración esperada del proyecto?
- d) Dibuje el diagrama de Gantt del proyecto.

- P
✎
3.8. Está en fase de planificación un gran campo de juego en la plaza del pueblo de Richmond, Virginia. A continuación se describen seis actividades que han de completarse.

Actividad	Horas necesarias	Predecesora(s) inmediata(s)
Planificación (A)	20	—
Compra suministros (B)	60	Planificación (A)
Excavación/nivelado (C)	100	Planificación (A)
Aserrado de maderas (D)	30	Compra de suministros (B)
Colocación maderas (E)	20	Excavación/nivelado (C) y Aserrado (D)
Montaje/pintura (F)	10	Colocación maderas (E)

- a) Desarrolle una red de actividad en flecha (AOA) para este proyecto.
- b) ¿Cuál es el plazo de finalización del proyecto?

- 3.9.** Con los datos del Problema 3.8, desarrolle una red de actividad en nodo (AON) para ese proyecto.
- 3.10.** En el siguiente cuadro se muestran las actividades necesarias para construir una máquina experimental de control de la contaminación en Billy Thornton Corp. Construya una red AON para estas actividades.

Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)
A	—	E	B
B	—	F	B
C	A	G	C, E
D	A	H	D, F

- P
✎
3.11. Billy Thornton (véase el Problema 3.10) consiguió determinar las duraciones de las actividades para construir su máquina. Thornton querría determinar IMTE, FMTE, IMTA, FMTA y el tiempo de holgura para cada actividad. También debe determinar el tiempo

total de finalización y el camino crítico. A continuación damos los plazos de cada actividad:

Actividad	Duración (semanas)	Actividad	Duración (semanas)
A	6	E	4
B	7	F	6
C	3	G	10
D	2	H	7

- P** 3.12. Las actividades que se describen en el siguiente cuadro corresponden a Duplaga Corporation.

Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Duración
A	—	9
B	A	7
C	A	3
D	B	6
E	B	9
F	C	4
G	E, F	6
H	D	5
I	G, H	3

- Dibuje el diagrama PERT AON correspondiente para el equipo directivo de Ed Duplaga.
- Determine el camino crítico.
- ¿Cuál es el plazo de finalización?

- P** 3.13. Un pequeño proyecto de remodelación de la tienda de regalos de Hard Rock Café tiene seis actividades principales. Dadas las siguientes estimaciones a , m y b , calcule la duración esperada y la desviación estándar de cada actividad.

Actividad	a	m	b
A	11	15	19
B	27	31	41
C	18	18	18
D	8	13	19
E	17	18	20
F	16	19	22

- P** 3.14. Latta Carpet and Trim es una empresa que instala alfombras en oficinas comerciales. Carol Latta ha estado muy preocupada por el excesivo tiempo que tarda en realizar las tareas de enmoquetado en los últimos trabajos realizados. Algunos de sus trabajadores son muy poco fiables. A continuación se muestra una lista de las duraciones optimistas, las más probables y las más pesimistas, todas ellas en días.

Calcule la duración prevista y la varianza para cada actividad.

Actividad	Duración en días			Predecesora(s) inmediata(s)
	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>	
A	3	6	8	—
B	2	4	4	—
C	1	2	3	—
D	6	7	8	C
E	2	4	6	B, D
F	6	10	14	A, E
G	1	2	4	A, E
H	3	6	9	F
I	10	11	12	G
J	14	16	20	C
K	2	8	10	H, I

- **P** 3.15. Carol Latta quiere calcular el plazo total de finalización del proyecto y el camino crítico para enmoquetar un edificio de oficinas. Consúltese el Problema 3.14 para los detalles. Además, calcule IMTE, FMTE, IMTA, FMTA y el tiempo de holgura para cada actividad.
- **P** 3.16. ¿Cuál es la probabilidad de que Latta Carpet and Trim termine el proyecto descrito en los Problemas 3.14 y 3.15 en 40 o en menos días?
- **P** 3.17. Bill Fennema, presidente de Fennema Construction, ha definido las tareas, duraciones y relaciones de precedencia para construir nuevos moteles en la siguiente tabla. Dibuje la red AON y responda a las preguntas que siguen:

Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Estimaciones de duración (en semanas)		
		Optimista	Más probable	Pesimista
A	—	4	8	10
B	A	2	8	24
C	A	8	12	16
D	A	4	6	10
E	B	1	2	3
F	E, C	6	8	20
G	E, C	2	3	4
H	F	2	2	2
I	F	6	6	6
J	D, G, H	4	6	12
K	I, J	2	2	3

- a) ¿Cuál es la duración esperada de la actividad C?
- b) ¿Cuál es la varianza de la actividad C?
- c) A partir de los cálculos de las duraciones estimadas, ¿cuál es el camino crítico?
- d) ¿Cuál es la duración estimada del camino crítico?
- e) ¿Cuál es la varianza de las actividades del camino crítico?
- f) ¿Cuál es la probabilidad de terminar el proyecto antes de la semana 36?

- ∴P** 3.18. ¿Cuál es el mínimo coste para reducir en cuatro días la duración del siguiente proyecto?

Actividad	Plazo normal (días)	Plazo acortado (días)	Coste normal	Coste acelerado	Precededora(s) inmediata(s)
A	6	5	900\$	1.000\$	—
B	8	6	300	400	—
C	4	3	500	600	—
D	5	3	900	1.200	A
E	8	5	1.000	1.600	C

- ∴P** 3.19. Hay tres actividades candidatas para ser aceleradas en la red de un proyecto de instalación de un gran equipo informático (todas son, por supuesto, críticas). Los detalles de las actividades se muestran en la siguiente tabla:

Actividad	Precededora	Plazo normal (días)	Coste normal	Plazo acortado	Coste acelerado
A	—	7 días	6.000\$	6 días	6.600\$
B	A	4 días	1.200	2 días	3.000
C	B	11 días	4.000	9 días	6.000

- ¿Qué acción emprendería para reducir en un día el camino crítico?
- Suponiendo que ningún otro camino pasa a ser crítico, ¿qué acción emprendería para reducir el camino crítico otro día más?
- ¿Cuál es el coste total de la reducción de dos días?

- ∴P** 3.20. La empresa de software de Ravi Behara está considerando desarrollar una versión de lujo de un determinado producto de software. Las actividades necesarias para realizar este proyecto se muestran en la siguiente tabla:

Actividad	Plazo normal (semanas)	Plazo acortado (semanas)	Coste normal	Coste acortado	Precededora(s) inmediata(s)
A	4	3	2.000\$	2.600\$	—
B	2	1	2.200	2.800	—
C	3	3	500	500	—
D	8	4	2.300	2.600	—
E	6	3	900	1.200	A
F	3	2	3.000	4.200	C
G	4	2	1.400	2.000	D, E

- ¿Cuál es la fecha de finalización del proyecto?
- ¿Cuál es el coste total necesario para terminar este proyecto en duración normal?
- Si deseamos reducir el tiempo necesario para la finalización del proyecto en una semana, ¿qué actividad deberá reducirse, y cuánto incrementaría esto el coste total?
- ¿Cuál es el tiempo máximo en que puede reducirse el proyecto? ¿Cuánto aumentarían los costes?

- ∴P** 3.21. Las duraciones estimadas y las precededoras inmediatas de las actividades de un proyecto que se va a desarrollar en la empresa de escaneado de la retina Caesar Douglas

aparecen en la siguiente tabla. Suponga que las duraciones de las actividades son independientes.

Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Duración (semanas)		
		<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
A	—	9	10	11
B	—	4	10	16
C	A	9	10	11
D	B	5	8	11

- a) Calcule la duración esperada y la varianza de cada actividad.
- b) ¿Cuál es el plazo de finalización esperado del camino crítico? ¿Cuál es el tiempo de finalización esperado del otro camino de la red?
- c) ¿Cuál es la varianza del camino crítico? ¿Cuál es la varianza del otro camino de la red?
- d) Si el tiempo para completar el camino A - C sigue una distribución normal, ¿cuál es la probabilidad de que se termine este camino en 22 semanas o menos?
- e) Si el tiempo para completar el camino B - D sigue una distribución normal, ¿cuál es la probabilidad de que se termine este camino en 22 semanas o menos?
- f) Explique por qué la probabilidad de que se termine el *camino crítico* en 22 semanas o menos no es necesariamente la probabilidad de que el *proyecto* se termine en 22 semanas o menos.

∴P 3.22. La empresa Tom Stam Manufacturing produce dispositivos hechos a medida para el control de la contaminación en aceras de tamaño medio. El último proyecto asumido por Stam requiere 14 actividades diferentes.

- a) Los directivos de Stam quieren determinar el plazo total de finalización del proyecto (en días) y aquellas actividades que están en el camino crítico. Se muestran los datos en el siguiente cuadro.
- b) ¿Cuál es la probabilidad de terminarlo en 53 días?

Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Plazo optimista	Plazo más probable	Plazo pesimista
A	—	4	6	7
B	—	1	2	3
C	A	6	6	6
D	A	5	8	11
E	B, C	1	9	18
F	D	2	3	6
G	D	1	7	8
H	E, F	4	4	6
I	G, H	1	6	8
J	I	2	5	7
K	I	8	9	11
L	J	2	4	6
M	K	1	2	3
N	L, M	6	8	10

∴P 3.23. Dream Team Productions está en las últimas fases del diseño de su nueva película, *Killer Works*, que se estrenará el próximo verano. Market Wise, la empresa contratada para coor-

dinar la salida al mercado de los juguetes *Killer Works*, ha identificado 16 actividades a realizar antes de estrenar la película.

- a) ¿Cuántas semanas antes del estreno de la película debe empezar Market Wise su campaña de marketing? ¿Cuáles son los caminos críticos? Las tareas, con duraciones expresadas en semanas, son las siguientes:

Actividad	Predecesora(s) inmediata(s)	Plazo optimista	Plazo más probable	Plazo pesimista
A	—	1	2	4
B	—	3	3,5	4
C	—	10	12	13
D	—	4	5	7
E	—	2	4	5
F	A	6	7	8
G	B	2	4	5,5
H	C	5	7,7	9
I	C	9,9	10	12
J	C	2	4	5
K	D	2	4	6
L	E	2	4	6
M	F, G, H	5	6	6,5
N	J, K, L	1	1,1	2
O	I, M	5	7	8
P	N	5	7	9

- b) Si las actividades I y J no fueran necesarias, ¿qué efecto tendría en el camino crítico y en el número de semanas necesarias para completar la campaña de marketing?

:P 3.24. Haciendo uso de la técnica PERT, Harold Schramm averiguó que el plazo previsto para la terminación de la construcción de un yate de recreo es de 21 meses, y la varianza del proyecto, de 4.

- a) ¿Qué probabilidad hay de que el proyecto se termine en 17 meses?
 b) ¿Qué probabilidad hay de que el proyecto se termine en 20 meses?
 c) ¿Qué probabilidad hay de que el proyecto se termine en 23 meses?
 d) ¿Qué probabilidad hay de que el proyecto se termine en 25 meses?

:P 3.25. Bolling Electronics fabrica reproductores de DVD para uso profesional. W. Blazer Bolling, presidente de Bolling Electronics, está pensando producir reproductores de DVD para uso doméstico. En la siguiente tabla se muestran las actividades necesarias para producir un modelo experimental y datos relacionados:

Actividad	Plazo normal (semanas)	Plazo acortado (semanas)	Coste normal (\$)	Coste acortado (\$)	Predecesora(s) inmediata(s)
A	3	2	1.000	1.600	—
B	2	1	2.000	2.700	—
C	1	1	300	300	—
D	7	3	1.300	1.600	A
E	6	3	850	1.000	B
F	2	1	4.000	5.000	C
G	4	2	1.500	2.000	D, E

- a) ¿Cuál es la fecha de finalización del proyecto?
- b) Acorte este proyecto a 10 semanas con un coste mínimo.
- c) Acorte este proyecto a 7 semanas (que es lo máximo que se puede acortar) al coste mínimo.

⋮P 3.26. Maser es un nuevo automóvil deportivo de diseño personalizado. Un análisis de las tareas necesarias para la construcción del Maser indica la siguiente lista de actividades relevantes, su(s) predecesora(s) inmediata(s) y su duración⁶.

Código de la tarea	Descripción	Predecesora(s) inmediata(s)	Duración normal (días)
A	Comienzo	—	0
B	Diseño	A	8
C	Pedido de los accesorios especiales	B	0.1
D	Construcción de la estructura	B	1
E	Fabricación de las puertas	B	1
F	Colocación de ejes, ruedas, y depósito de gasolina	D	1
G	Fabricación de la carrocería	B	2
H	Fabricación de la transmisión y del tren de la dirección	B	3
I	Ajuste de puertas a la carrocería	G, E	1
J	Fabricación del motor	B	4
K	Prueba del motor en banco de pruebas	J	2
L	Montaje del chasis	F, H, K	1
M	Pruebas del chasis en carretera	L	0.5
N	Pintar la carrocería	I	2
O	Cableado	N	1
P	Instalación de interiores	N	1.5
Q	Aceptar entrega de accesorios especiales	C	5
R	Montar la carrocería y los accesorios al chasis	M, O, P, Q	1
S	Prueba del automóvil en carretera	R	0.5
T	Colocación de los embellecedores externos	S	1
U	Acabado	T	0

- a) Dibuje un diagrama de red para el proyecto.
- b) Marque el camino crítico e indique su longitud.
- c) Si hubiera que anticipar la fecha de terminación del Maser en dos días, ¿ayudaría:
 - i) comprar las transmisiones y direcciones ya montadas?
 - ii) instalar robots para reducir a la mitad el tiempo de montaje del motor?
 - iii) disminuir en tres días el plazo de entrega de los accesorios especiales?
- d) ¿Cómo pueden sacarse recursos de actividades en el camino no crítico para realizar con mayor rapidez las actividades del camino crítico?

⋮P 3.27. Se le pide que se responsabilice de los seminarios matinales del Festival de Vino y Comida de la Costa Sur de Miami el año que viene. Hay tres seminarios, y cada uno requiere varias tareas. Debe empezar reclutando a un comité de seis personas para que le ayude. También debe reclutar a un asistente. Ésta es la tarea A y espera que le requiera 12 horas. A continuación deberá trabajar simultáneamente en el desarrollo de ideas para cada uno de los

⁶ Fuente: James A. D. Stoner y Charles Wankel, *Management*, 3.^a edición (Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall, 1986): 195.

seminarios. El decano de la facultad de ciencias empresariales, Bill Quain, dice que dos de los seminarios se centrarán en “Comer en la Costa Sur”. Sabe que no necesitará mucho tiempo para esto. De hecho, piensa dividir su comité en dos grupos para definir el tema y después reclutar a un conferenciante. Cree que estos dos grupos, trabajando simultáneamente, necesitarán unas cuatro horas cada uno para realizar la tarea.

El tercer seminario es más difícil. El decano Quain quiere algo sobre “grandes vinos que encontré en restaurantes baratos”. Va a trabajar en esto personalmente, junto con su ayudante de más confianza. Lo hará al mismo tiempo que la planificación de los otros dos seminarios. Probablemente necesitará unas 12 horas para hacerlo. Las tres tareas deben estar terminadas antes de pasar a la siguiente fase.

La siguiente fase (tarea E) sólo requiere que trabajen en ella usted y su ayudante. Redactarán el material para los programas. Esto les requerirá unas seis horas. Para la tarea F su asistente enviará por fax el material del programa a cuatro imprentas, solicitando presupuestos (una hora) y utilizará unas especificaciones que se definieron el año pasado. Recibirá los presupuestos, hará copias y las entregará a los miembros del comité (tres horas). En las tareas H e I el comité se vuelve a dividir en dos grupos. Cada grupo revisa los cuatro presupuestos y los clasifica (cuatro horas). Entonces, en la tarea J, se reúnen todos los miembros del comité y analizan los presupuestos (dos horas). Después votan cuál es el presupuesto ganador. Esta tarea requiere una hora más.

Después de que usted y su asistente conozcan el voto, se reunirán ambos con la imprenta que ha obtenido el contrato (tarea L), otra hora. Después de que la imprenta entregue las pruebas de imprenta, usted y su asistente deben tener otra reunión de una hora con la imprenta para dar su autorización final. Dos miembros del comité dan los últimos toques a la sala donde se realizarán los seminarios (cinco horas). La imprenta necesita 10 horas para imprimir los programas. Finalmente se desarrollan los tres seminarios, simultáneamente. Cada seminario dura dos horas, y hace falta que haya dos miembros del comité en cada uno. Cuando todo ha acabado, todo el comité, incluyéndole a usted y a su asistente, se reúne durante una hora.

- a) ¿Cuánto dura el proyecto?
- b) ¿Qué tarea tiene *más* tiempo de holgura?
- c) ¿Qué tareas no tienen tiempo de holgura?
- d) ¿Cuál es el tiempo de holgura del camino crítico?
- e) ¿Cuántas tareas distintas hay en este proyecto?
- f) Calcule cuántas horas, usted, su asistente y el comité, dedican a este proyecto.
- g) Valora su tiempo, el de su asistente y el de los miembros del comité a 25 dólares por hora. Un consultor ha entregado un presupuesto de 5.000 dólares para hacerse cargo de todo el proyecto (excluyendo el trabajo de imprenta) y realizar todo el trabajo. ¿Debe aceptar la oferta?



PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

Visite en nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer los problema adicionales: 3.28 a 3.34.

■ Caso de estudio ■

Universidad de Southwestern: (A)*

Southwestern University (SWU) es una gran universidad estatal de Stephenville, Texas, 30 millas al sudoeste de Dallas/Fort Worth, y con cerca de 20.000 estudiantes matriculados. En una típica relación entre los habitantes de la ciudad y el ambiente universitario, la universidad es una fuerza dominante en la pequeña ciudad, con más estudiantes en otoño y primavera que residentes permanentes.

Potencia del fútbol americano desde hace tiempo, su equipo pertenece al grupo de los Once Grandes, y normalmente se encuentra entre los 20 mejores en los rankings de los equipos universitarios de fútbol. Para mejorar sus posibilidades de alcanzar el tan difícil pero siempre deseado número uno en la clasificación, en 1999 la SWU contrató al legendario Bo Piterno como entrenador.

Una de las peticiones de Piterno cuando se incorporó a SWU fue construir un nuevo estadio. Al aumentar la asistencia, los administradores de SWU empezaron a pensar en esta posibilidad. Después de seis meses de

estudio, mucha lucha política, y un análisis financiero serio, el doctor Joel Wisner, Presidente de la Universidad de Southwestern, ha tomado la decisión de agrandar el estadio del campus universitario.

Añadir miles de asientos, incluyendo docenas de palcos, no contenta a todo el mundo. El influyente entrenador Bo Piterno ha argumentado la necesidad de tener un estadio de primera categoría, que incluya dormitorios para sus jugadores y una gran oficina para el entrenador del futuro equipo campeón de la NCAA. Pero la decisión está tomada y *todos*, incluido el entrenador, tendrán que aprender a vivir con ella.

El trabajo consiste ahora en comenzar la construcción inmediatamente después de la finalización de la temporada de 2005. Esto significaría exactamente disponer de 270 días hasta el partido de apertura de la temporada de 2006. El contratista, Construcciones Hill (siendo Bob Hill, como puede suponerse, antiguo alumno), firmó su contrato. Bob Hill estudió las tareas que sus ingenieros habían diseñado, y miró directamente a los ojos del Presidente Wisner: “Garantizo que el equipo podrá utilizar el campo el año que viene”. Lo dijo con seguridad. “Espero que así sea”, con-

TABLA 3.6 ■ Proyecto de la Universidad de Southwestern

Actividad	Descripción	Predecesora(s)	Estimación (días)			Coste aceler./Día
			Optimista	Más probable	Pesimista	
A	Estructuración de fianzas, seguros e impuestos	—	20	30	40	1,500\$
B	Cimientos, pilares de hormigón para los palcos	A	20	65	80	3.500
C	Renovar los asientos de los palcos altos	A	50	60	100	4.000
D	Renovar pasillos, accesos por escaleras, ascensores	C	30	50	100	1.900
E	Cableado interior, tornos	B	25	30	35	9.500
F	Aprobaciones de inspección	E	0,1	0,1	0,1	0
G	Fontanería	D, E	25	30	35	2.500
H	Pintura	G	10	20	30	2.000
I	Ferretería/soladuras/trabajos metalúrgicos	H	20	25	60	2.000
J	Baldosas/moquetas/ventanas	H	8	10	12	6.000
K	Inspección	J	0,1	0,1	0,1	0
L	Trabajo de últimos detalles/limpieza	I, K	20	25	60	4.500

testó Wisner. “Los 100.000 dólares por cada día de retraso de penalización del contrato no son nada comparado con lo que te hará el entrenador Pitterno si nuestro partido de apertura con Penn State se retrasa o se cancela”.

Hill, sudando ligeramente, no necesitó responder ya que bien sabía que en el Estado de Texas son fanáticos del fútbol americano y si no se cumplía el objetivo de los 270 días Construcciones Hill se *hundiría*.

De vuelta a su oficina, Hill revisó de nuevo los datos (véase el Cuadro 3.6 y obsérvese que las estimaciones de duraciones optimistas pueden utilizarse como duraciones aceleradas). Entonces reunió a sus capataces: “Chicos, si no tenemos un 75% de seguridad de terminar el estadio en menos de 270 días, ¡entonces quiero reducir el plazo de este proyecto! Dadme los cálculos de costes con un objetivo de finalización de 250 días, y también para 240 días: ¡quiero que esté terminado con antelación y no justo a tiempo!”

Preguntas para el debate

1. Dibuje la red de Construcciones Hill y determine el camino crítico. ¿Cuál es el plazo previsto de terminación de la obra?
2. ¿Cuál es la probabilidad de que la obra se termine antes de 270 días?
3. Si es necesario acortar el plazo hasta 250 ó 240 días, ¿cómo lo haría Hill?, ¿y con qué coste? Como se indica en el caso, supóngase que las estimaciones de duración optimista pueden utilizarse como duraciones aceleradas.

* Este caso de estudio está integrado en todo el texto. Otras cuestiones relativas a la ampliación futbolística de Southwestern incluyen: (B) previsión de la asistencia a los partidos (Capítulo 4); (C) calidad de las instalaciones (Capítulo 6); (D) umbral de rentabilidad de productos alimenticios (suplemento al Capítulo 7 en el sitio web); (E) dónde se va a ubicar el nuevo estadio (sitio web para el Capítulo 8); (F) planificación del inventario de programas de fútbol (sitio web para el Capítulo 2 del volumen *Decisiones Tácticas*); (G) Programación del personal de seguridad para los días en que hay partido (Capítulo 3 de *Decisiones Tácticas*).



Caso de estudio en vídeo

Dirección de proyectos en el Arnold Palmer Hospital

Todos los días nace el equivalente a una nueva clase de guardería en el Arnold Palmer Hospital de Orlando. Con más de 10.500 nacimientos en 2004 en un hospital diseñado en 1989 con capacidad para 6.500 nacimientos al año, la unidad de cuidados intensivos para recién nacidos estaba al límite. Además, con un intenso y continuado crecimiento de la población en la zona central de Florida, el hospital solía estar lleno. Era evidente que se necesitaban nuevos edificios. Tras muchos análisis, previsiones y debates, el equipo directivo decidió construir un nuevo edificio con 273 plazas al otro lado de la calle donde estaba el hospital. Pero el edificio debía construirse cumpliendo las Líneas Directrices del hospital y su exclusividad como centro sanitario dedicado a las necesidades específicas de mujeres y niños. Esas líneas directrices son: *entorno centrado en la familia, un entorno curativo donde se respeta la intimidad y la*

dignidad, santuario de cuidados que incluye un entorno cálido y sereno con iluminación natural, personal sincero y dedicado que ofrece atención de máxima calidad, y funciones y flujos de operaciones centrados en el paciente.

El vicepresidente de Desarrollo de Negocio, Karl Hodges, quería un hospital diseñado desde el interior hacia afuera por gente que compendiera las líneas directrices, que conociera todo sobre el sistema actual, y que fuera a utilizar el nuevo sistema, a saber, los doctores y enfermeras. Hodges y su personal dedicaron 13 meses a analizar las necesidades de expansión con este grupo, así como con los pacientes y la comunidad, antes de desarrollar una propuesta para el nuevo edificio el 17 de diciembre de 2001. Un equipo administrativo creó 35 grupos de usuarios, que mantuvieron mil reuniones de planificación (con una duración de entre 45 minutos y todo un día). Incluso crearon una “Corte Suprema” para resolver las opiniones conflictivas sobre cuestiones relativas a las múltiples facetas del nuevo hospital.

Cuestiones sobre normativas y de financiación añadían una gran complejidad a esta gran expansión, y a Hodges le preocupaba mucho que el proyecto cumpliera los plazos y presupuestos. Tom Hyatt, director de Desarrollo de la Instalación, fue designado responsable

de la dirección *in situ* del proyecto de 100 millones de dólares, además de tener que supervisar las renovaciones, expansiones y otros proyectos ya en marcha. Las actividades del proyecto multianual del nuevo edificio de Arnold Palmer figuran en la Tabla 3.7.

TABLA 3.7 ■ Actividades y duraciones de la planificación de la expansión y construcción del Arnold Palmer Hospital*

Actividad	Duración prevista	Actividades precedentes
1. Propuesta y revisión	1 mes	—
2. Definición del programa maestro	2 semanas	1
3. Proceso de selección del arquitecto	5 semanas	1
4. Efectuar una inspección completa del recinto y de sus necesidades	1 mes	1
5. Planos iniciales del arquitecto	6 semanas	3
6. Estimación de costes	2 meses	2, 4, 5
7. Entrega de planos al Consejo para su consideración/decisión	1 mes	6
8. Revisión de la normativa	6 semanas	6
9. Selección del constructor	9 semanas	6
10. Definición de la situación de necesidad de más plazas hospitalarias (“certificado de necesidad”)	3,5 meses	7, 8
11. Dibujo de los planos	4 meses	10
12. Documentos de la construcción	5 meses	9, 11
13. Preparación del terreno/demolición del edificio existente	9 semanas	11
14. Inicio de la construcción	2 meses	12, 13
15. Traslado de suministros de agua, luz y fuerza	6 semanas	12
16. Realización de los cimientos	2 meses	14
17. Construcción de la estructura	9 meses	16
18. Fachadas/tejado	4 meses	17
19. Interior	12 meses	17
20. Inspecciones del edificio	5 semanas	15, 19
21. Ocupación del edificio	1 mes	20

^a Esta lista de actividades se ha abreviado para el caso de estudio. Para simplificar, suponga que cada semana = 0,25 (es decir, 2 semanas = medio mes; 6 semanas = mes y medio, etcétera).

Preguntas para el debate

- Dibuje la red para la planificación y construcción del nuevo hospital.
- ¿Cuál es el camino crítico y cuánto se espera que durará el proyecto?
- ¿Por qué es más compleja la construcción de este edificio de 11 plantas que la construcción de un edificio de oficinas del mismo tamaño?
- ¿Qué porcentaje de la duración global del proyecto se dedicó en la planificación anterior a la propuesta y revisiones? ¿Antes de la construcción del edificio? ¿Por qué?

* Puede que quiera revisar el caso de vídeo en su CD-ROM antes de responder a estas preguntas.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).



Caso de estudio en vídeo

Organización del festival Rockfest de Hard Rock

En Hard Rock Café, como en muchas organizaciones, la dirección de proyectos es una herramienta clave de planificación. Con el constante crecimiento de Hard Rock en hoteles y cafés, la remodelación de los cafés existentes, la programación del concierto Hard Rock Live y otros espectáculos, y la planificación del festival anual Rockfest, los directivos tienen que recurrir a técnicas y software de dirección de proyectos para ajustarse a la programación y al presupuesto.

“Sin Microsoft Project —comenta el vicepresidente de Hard Rock Chris Tomasso—, sería imposible que tantas personas pudieran trabajar a la vez”. Tomasso es responsable del festival Rockfest, al que asisten más de 100.000 entusiastas espectadores. El reto consiste en organizarlo en un reducido horizonte de planificación de nueve meses. A medida que se acerca el acontecimiento, Tomasso dedica más esfuerzo a esas actividades. Durante los tres primeros meses Tomasso actualiza sus diagramas en MS Project una vez al mes. Después, en el hito de los seis meses, empieza a actualizarlos semanalmente. En el hito de los nueve meses controla y corrige la programación dos veces por semana.

TABLA 3.8 ■ Algunas de las principales actividades y subactividades en la planificación del concierto Rockfest

Actividad	Descripción	Predecesora(s)	Duración (semanas)
A	Cerrar contratos de construcción y local	—	7
B	Elegir al promotor local	A	3
C	Contratar al director de producción	A	3
D	Diseñar el sitio web de promoción	B	5
E	Cerrar contrato con televisión	D	6
F	Contratar al director	E	4
G	Planificar la ubicación de las cámaras de TV	F	2
H	Buscar artistas reconocidos	B	4
I	Buscar a teloneros	H	4
J	Viaje y alojamiento de artistas	I	10
K	Cálculo de la capacidad del local	C	2
L	Contrato de distribución de entradas	D, K	3
M	Venta de entradas <i>in situ</i>	L	8
N	Sonido y escenario	C	6
O	Pases y credenciales para escenario	G, R	7
P	Viaje y alojamiento trabajadores	B	20
Q	Contratar al coordinador de patrocinadores	B	4
R	Cerrar contratos de patrocinio	Q	4
S	Definir/colocar logos de patrocinadores	R, X	3
T	Contratar a director de operaciones	A	4
U	Desarrollo de la planificación del escenario	T	6
V	Contratar al director de seguridad	T	7
W	Definir plan de seguridad policial/contra incendios	V	4
X	Electricidad, fontanería, agua, servicios	U	8
Y	Contratos de merchandising	B	6
Z	Venta de merchandising por Internet	Y	6

Al principio del proceso de gestión del proyecto, Tomasso identifica 10 grandes tareas (denominadas actividades de nivel 2 en una estructura desagregada de trabajo): contratación de artistas, venta de entradas, marketing/relaciones públicas, promoción online, televisión, producción del espectáculo, viajes, patrocinadores, operaciones y merchandising. Utilizando una estructura desagregada de trabajo, cada una de estas actividades se divide de nuevo en una serie de subtareas. La Tabla 3.8 identifica 26 de las principales actividades y subactividades, sus predecesoras inmediatas, y las estimaciones de duraciones. Tomasso introduce todos estos datos en el programa MS Project**. Tomasso modifica el documento de MS Project y las fechas a medida que avanza el progreso. “No importa modificarlo siempre que sigas avanzando”.

El día del concierto no es el final de la planificación del proyecto. “No hay más que sorpresas. Que un grupo no pueda llegar al lugar del concierto por los atascos de tráfico es una sorpresa, pero es una sorpresa ‘anticipada’. Teníamos preparado un helicóptero como medida de seguridad para traer al grupo”, afirma Tomasso.

Al acabar el concierto en julio, Tomasso y su equipo tienen un respiro de 3 meses antes de reiniciar el proceso de planificación.

Preguntas para el debate***

1. Identifique el camino crítico y sus actividades en el caso de Rockfest. ¿Cuánto tiempo dura el proyecto?
2. ¿Qué actividades tienen una holgura de 8 semanas o más?
3. Identifique cinco grandes retos que deba superar un director de proyectos de este tipo de acontecimientos.
4. ¿Por qué resulta útil la estructura desagregada de trabajo en un proyecto de este tipo? Desagregue las 26 actividades en lo que considere que deban ser tareas del nivel 2, 3 y 4.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

* La actividad de nivel 1 es el propio concierto.

** Tomasso utiliza, de hecho, 127 actividades; esta lista es sólo una breve versión para el caso de estudio.

*** Puede que quiera ver el caso de vídeo en su CD-ROM del estudiante antes de contestar a estas preguntas.

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestra página personal www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Compañía Constructora Haywood Brothers.** Este caso trata de cómo averiguar la probabilidad de que un proyecto se termine según lo programado.
- **Centro de Investigación de Planificación Familiar en Nigeria.** Este caso trata sobre la programación del camino crítico, aceleración, y equilibrado de las necesidades de personal en una clínica africana.
- **Shale Oil Company:** Esta refinería de petróleo debe parar para hacer el mantenimiento de una importante máquina.

Harvard ha seleccionado estos casos de la Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Microsoft Office 2000 (#600-097):** Un análisis de la evolución del proyecto Office 2000.
- **Chrysler y BMW:** La joint venture del motor Tritec (#600-004): Un brillante líder de proyectos define la estrategia de un nuevo producto.
- **BAE Automated Systems (A):** Sistema de manejo de equipajes del aeropuerto internacional de Denver (#396-311): La gestión del proyecto de construcción del sistema de manejo de equipajes en Denver.
- **Turner Construction Co. (#190-128):** Se ocupa del sistema de control de gestión de proyectos en una empresa constructora.



BIBLIOGRAFÍA

- Cleland, D. L. y L. R. Ireland, *Project Manager's Portable Handbook*, 2.^a ed. New York: McGraw-Hill/Irwin (2004).
- Dusenberry, W., "CPM for New Product Introductions", *Harvard Business Review* (julio-agosto 1967): pp. 124-139.
- Ghattas, R. G. y S. L. McKee, *Practical Project Management*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2001).
- Herroslen, W. y R. Lens, "On the Merits and Pitfalls of Critical Chain Scheduling", *Journal of Operations Management* 19 (2001): pp. 559-577.
- Huchzermeier, Arnd y Christoph H. Loch, "Project Management Under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R&D", *Management Science* 47, n.º 1 (enero 2001): pp. 85-101.
- Kerzner, H., *Project Management: A System Approach for Planning, Scheduling, and Controlling*, 8.^a ed. New York: Wiley (2003).
- Khang, D. B. y M. Yin, "Time, Cost and Quality Tradeoff in Project Management", *International Journal of Project Management* 17, n.º 4 (agosto 1999): pp. 249-256.
- Kolisch, Rainer, "Resource Allocation Capabilities of Commercial Project Management Software Packages", *Interfaces* 29, n.º 4 julio-agosto 1999): pp. 19-31.
- Mantel, S., J. R. Meredith, S. M. Shafer y M. Sutton, *Project Management in Practice*. New York: Wiley (2001).
- Matta, N. F. y R. N. Ashkenas, "Why Good Projects Fail Anyways", *Harvard Business Review* (septiembre 2003): pp. 109-114.
- McDowell, Samuel W., "Just-in-Time Project Management", *IIE Solutions* (abril 2001): pp. 30-33.
- Render, B., R. M. Stair y M. Hanna, *Quantitative Analysis for Management*, 9.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2006).
- Render, B., R. M. Stair y R. Balakrishnan, *Managerial Decision Modeling with Spreadsheets*, 2.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2006).
- Shtub, A. F. et al., *Project Management*, 2.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2005).
- Sinason, D. H., J. E. McEldowney y A. S. Pinello, "Improving Audit Planning and Control with Project Management Techniques", *Internal Auditing* (nov.-dic. 2002): pp. 12-17.
- Vanhoucke, M. y E. Demeulemeester, "The Application of Project Scheduling Techniques in a Real-Life Environment", *Project Management Journal* (marzo 2003): pp. 30-43.



RECURSOS EN INTERNET

- AE-Business Solutions for project management:
www.eprojectcentral.com
- PERT Chart EXPERT is an add-on product for Microsoft Project that adds extensive PERT charting:
www.criticaltools.com
- PERT Chart and WBS Chart add-on products for Microsoft Project:
www.criticaltools.com/
- Project Management Forum:
www.pmforum.org
- Project Management Institute, Inc.:
www.pmi.org
- Project Management Software:
www.project-management-software.org
- Project Management Today:
www.projectnet.co.uk/pm/pmt/pmt.htm
- Project workspace for the construction industry:
www.buzzsaw.com
- Project time collection:
www.journeyx.com

PREVISIÓN

4

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA COMPAÑÍA DE PROYECCIÓN MUNDIAL: TUPPERWARE CORPORATION

¿QUÉ ES LA PREVISIÓN?

Horizontes temporales de la previsión
La influencia del ciclo de vida del producto

TIPOS DE PREVISIONES

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA PREVISIÓN

Recursos humanos
Capacidad
Gestión de la cadena de suministros

SIETE ETAPAS EN EL SISTEMA DE PREVISIÓN

ENFOQUES DE LA PREVISIÓN

Revisión de los métodos cualitativos
Revisión de los métodos cuantitativos

PREVISIÓN DE SERIES TEMPORALES

Descomposición de una serie temporal
Enfoque simple
Medias móviles
Alisado exponencial
Medición del error de previsión
Alisado exponencial con ajuste de tendencia
Proyecciones de tendencia
Variaciones estacionales en los datos
Variaciones cíclicas en los datos

MÉTODOS DE PREVISIÓN CAUSAL: ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN

Utilización del análisis de regresión para realizar previsiones
Error estándar de estimación
Coeficientes de correlación para las rectas de regresión
Análisis de regresión múltiple

SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LAS PREVISIONES

Alisado adaptativo
Previsión enfocada

PREVISIÓN EN EL SECTOR SERVICIOS

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

UTILIZACIÓN DE SOFTWARE PARA HACER PREVISIONES

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y DE CD-ROM DEL ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

DILEMA ÉTICO

EJERCICIO DE ACTIVE MODEL

PROBLEMAS

PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

CASOS DE ESTUDIO: UNIVERSIDAD DE SOUTHWESTERN (B); DIGITAL CELL PHONE, INC.

CASO DE ESTUDIO EN VÍDEO: PREVISIONES PARA HARD ROCK CAFÉ

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya completado este capítulo, debe ser capaz de:

Identificar o definir:

Previsión
Tipos de previsiones
Horizontes temporales
Enfoques de la previsión

Describir o explicar:

Medias móviles
Alisado exponencial
Proyecciones de tendencia
Estacionalidad
Análisis de regresión y correlación
Medidas de precisión de la previsión



PERFIL DE UNA COMPAÑÍA DE PROYECCIÓN MUNDIAL: TUPPERWARE CORPORATION

La previsión es la ventaja competitiva de Tupperware

En Tupperware, matrices de una aleación de acero inoxidable, que requieren cada una de ellas cerca de 1.000 horas de tratamiento manual, son la base del proceso de fabricación. Cada matriz crea la forma exacta de un nuevo producto; el coste medio de la matriz es de 100.000 dólares, y su peso puede ser superior a 5 toneladas. Cuando un producto específico se programa para una tanda de producción, su molde se coloca cuidadosamente, en el interior de una prensa de inyección.

Los gránulos de plástico, que se funden a 500 grados en productos Tupperware, caen a través de tuberías, desde recipientes del segundo piso hasta la máquina que contiene el molde. Después de ser inyectados en moldes enfriados con agua, a una presión de 1.400 kilos por centímetro cuadrado, el producto se enfría, y es retirado e inspeccionado.

Proceso de fabricación de Tupperware

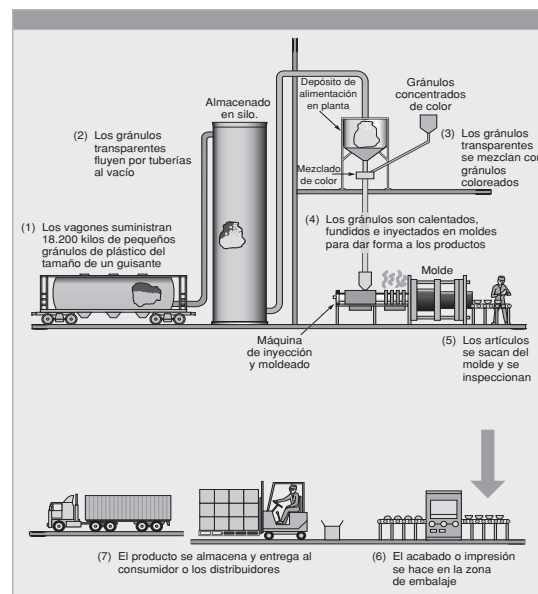
Cuando la mayoría de la gente piensa en Tupperware se imagina recipientes para guardar comida que se venden en pequeñas reuniones en casas privadas. Esta imagen es correcta, pero Tupperware también es un próspero fabricante global, con más de un 85% de sus 1.100 millones de dólares en ventas fuera de Estados Unidos. Es una marca conocida en más de 100 países, con 13 fábricas en todo el mundo: una en Carolina del Sur, tres en América Latina, una en África, cuatro en Europa y cuatro en Asia. En todas partes, Tupperware es un símbolo de calidad, que proporciona una garantía de por vida para cada uno de sus 400 productos de plástico ante un posible astillado, agrietado, rotura o descascarillado.

En Tupperware, la previsión de la demanda es un proceso crítico que no se acaba nunca. Cada uno de sus 50 centros de beneficio en todo el mundo es responsable del cálculo de las estimaciones de las ventas con carácter mensual, trimestral y anual. Éstas se agrupan por regiones y, a continuación globalmente, en la sede central que Tupperware tiene en Orlando, Florida. Estas estimaciones determinan la producción de cada fábrica.

La variedad de modelos estadísticos de previsión utilizados en Tupperware comprende todas las técnicas tratadas en este capítulo, como medias móviles, alisado exponencial y análisis de regresión. En las oficinas centrales se mantienen enormes bases de datos que muestran las ventas de cada producto, así como las pruebas de mercado de cada *nuevo* producto (más del 20% de las ventas de la empresa provienen de productos con una antigüedad inferior a dos años) y el lugar donde se encuentra cada producto en su propio ciclo de vida.

Hay tres factores clave en la previsión de ventas de Tupperware: (1) el número de “consultores” o agentes de ventas que están registrados, (2) el porcentaje de éstos que está actualmente en “activo” (este número varía cada semana y mes), y (3) las ventas por agente de venta activo por semana. Las previsiones incluyen datos históricos, sucesos recientes y acciones de promoción.

Tupperware se mantiene por encima de sus potentes competidores, como por ejemplo Rubbermaid, gracias a la utilización de un *proceso en grupo* para refinar sus previsiones estadísticas. Aunque la información proviene de ventas, marketing, finanzas y producción, la previsión final es fruto del consenso de todos los directivos participantes. Este último paso es la versión de Tupperware del “jurado de opinión ejecutiva” descrito en este capítulo.



Todos los días, directivos como los de Tupperware toman decisiones sin saber lo que ocurrirá en el futuro. Hacen pedidos para almacenar sin conocer las ventas que tendrán, compran nuevos equipos a pesar de la incertidumbre sobre la demanda de sus productos, y realizan inversiones sin saber los beneficios que obtendrán. Los directivos están siempre intentando hacer las mejores estimaciones de lo que ocurrirá en el futuro dada la incertidumbre. El principal objetivo de la previsión consiste en hacer buenas estimaciones.

En este capítulo se examinarán diferentes tipos de previsión y se presentarán distintos modelos de previsión. Nuestro propósito es mostrar que los directivos tienen diferentes formas de prever el futuro. También se proporcionará una visión de conjunto sobre la previsión de ventas en las empresas, y se describirá cómo preparar, controlar y juzgar la exactitud de una previsión. Unas buenas previsiones son parte *esencial* de unas operaciones eficientes en fabricación y servicios.

¿QUÉ ES LA PREVISIÓN?

La **previsión** es el arte y la ciencia de predecir acontecimientos futuros. Supone la recopilación de datos históricos y su proyección hacia el futuro con algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva del futuro, o puede englobar una combinación de éstas; es decir, un modelo matemático ajustado por las buenas opiniones del directivo.

Al ir presentando las diferentes técnicas de previsión a lo largo del capítulo, el lector se dará cuenta enseguida de que raramente existe un único método óptimo. Lo que funciona a la perfección para una empresa bajo una serie de condiciones podría resultar desastroso en otra empresa, e incluso en otro departamento dentro de la misma empresa. Además, veremos que existen límites a lo que se puede esperar de las previsiones. Raramente son perfectas, por no decir nunca, y además son costosas y lentas de preparar y controlar.

De cualquier forma, pocos negocios pueden permitirse evitar el proceso de previsión y limitarse a esperar a ver lo que ocurre para tomar decisiones. Una planificación eficaz, tanto a corto como a largo plazo, se basa en la previsión de demanda de los productos de la empresa.

Previsión

Es el arte y la ciencia de predecir acontecimientos futuros.

Horizontes temporales de la previsión

Las previsiones se clasifican normalmente según el *horizonte de tiempo futuro* que abarcan. Hay tres tipos de horizontes temporales:

1. *Previsión a corto plazo.* Esta previsión tiene un periodo de cobertura de hasta un año, aunque generalmente es inferior a los tres meses. Se utiliza para la planificación de compras, programación de trabajos, programación de las necesidades de mano de obra, asignación de tareas y planificación de los niveles de producción.
2. *Previsión a medio plazo.* Una previsión a medio plazo, o intermedia, abarca generalmente entre tres meses y tres años. Es útil para la planificación de las ventas, planificación de la producción y de su presupuesto, planificación de caja, así como para el análisis de diferentes planes operativos.
3. *Previsiones a largo plazo.* Generalmente abarcan periodos de tres años o más, y se utilizan en la planificación de nuevos productos, gastos de capital, localización o expansión de instalaciones e investigación y desarrollo.

Las previsiones a medio y largo plazo se distinguen de las previsiones a corto plazo por tres características:

Nuestra habilidad para hacer previsiones ha mejorado, pero ha sido dejada atrás por una economía mundial que cada vez es más compleja.

1. En primer lugar, las previsiones a medio y largo plazo *tratan de cuestiones más globales*, y sirven de base a las decisiones de gestión referentes a planificación y productos, plantas y procesos. La implementación de decisiones relativas a instalaciones, como la decisión de GM de abrir una nueva planta de fabricación en Brasil, puede llevar de principio a fin entre 5 y 8 años.
2. En segundo lugar, las previsiones a corto plazo normalmente *emplean metodologías diferentes* a las utilizadas en las previsiones a largo plazo. Las técnicas matemáticas, como las de medias móviles, alisado exponencial y extrapolación de tendencia (todas las cuales se examinarán en breve), son comunes en las proyecciones a corto plazo. Los métodos más generales y *menos* cuantitativos son de utilidad en la predicción de temas tales como si debería introducirse un nuevo producto (por ejemplo, un grabador de discos ópticos) en la línea de productos de la empresa.
3. Finalmente, como podrá suponer, las previsiones a corto plazo *tienden a ser más exactas* que las realizadas a largo plazo. Los factores que influyen sobre la demanda cambian a diario. Por consiguiente, al aumentar el horizonte temporal, es probable que disminuya la fiabilidad de la previsión. Ni que decir tiene que es necesario actualizar regularmente las previsiones de ventas para conservar su valor e integridad. Tras cada temporada de ventas, es necesario examinar y ajustar las previsiones.

La influencia del ciclo de vida del producto

Otro factor que hay que tener en cuenta cuando se desarrollan previsiones de ventas, especialmente a largo plazo, es el ciclo de vida del producto. Los productos, e incluso los servicios, no se venden al mismo ritmo a lo largo de toda su vida. La mayoría de los productos de éxito pasa por cuatro etapas: (1) introducción, (2) crecimiento, (3) madurez y (4) declive.

Los productos situados en las dos primeras etapas del ciclo de vida (como la realidad virtual y los televisores de pantalla de cristal líquido LCD) necesitan previsiones más largas que los que están en las etapas de madurez y declive (como disquetes y monopatines). Las previsiones que reflejan el ciclo de vida son útiles para proyectar diferentes niveles de personal, de inventarios y de capacidad de producción requeridos a la que el producto pasa de la primera a la última etapa. En el Capítulo 5 se aborda con más detalle el reto de introducir nuevos productos.

TIPOS DE PREVISIONES

Las organizaciones utilizan principalmente tres tipos de previsiones en la planificación del futuro de sus operaciones:

1. **Previsiones económicas.** Tratan del ciclo económico prediciendo las tasas de inflación, masa monetaria, construcción de primeras viviendas y otros indicadores económicos.
2. **Previsiones sobre la tecnología.** Referentes al ritmo del progreso tecnológico, que puede dar como resultado el nacimiento de interesantes productos, requiriendo nuevas fábricas y equipos.
3. **Previsiones de la demanda.** Son estimaciones de la demanda de los productos o servicios de una empresa. Estas previsiones, también denominadas previsiones de ventas, conducen los sistemas de producción de las empresas, su capacidad y su

Previsiones económicas

Indicadores de planificación valiosos para ayudar a las organizaciones a preparar previsiones a medio y largo plazo.

Previsiones sobre tecnología

Pronósticos a largo plazo relacionados con la tasa de crecimiento del progreso tecnológico.

Previsiones de demanda

Previsiones de las ventas de una empresa para cada periodo de tiempo en el horizonte de planificación.

planificación, y sirven como input para la planificación financiera, de marketing y de personal.

Las previsiones económicas y tecnológicas son técnicas especializadas que pueden caer fuera de las funciones del director de operaciones. En consecuencia, en este libro se hará especial hincapié en la previsión de la demanda.

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA PREVISIÓN

Las buenas previsiones son de gran importancia en todos los aspectos de un negocio: *La previsión es la única estimación de la demanda hasta que se conozca la demanda real*. En consecuencia, las previsiones de la demanda determinan las decisiones en muchas áreas. Veamos el impacto de esta previsión en tres actividades: (1) recursos humanos, (2) capacidad y (3) gestión de la cadena de suministro.

Recursos humanos

La contratación, formación y despido de los trabajadores dependen de la demanda esperada. Si el departamento de recursos humanos debe contratar a nuevos trabajadores sin previo aviso, la cantidad de formación disminuye, y la calidad de la plantilla sufre. Una gran empresa química del Estado de Louisiana estuvo a punto de perder a su mejor cliente cuando una rápida expansión para poder trabajar las 24 horas del día provocó un fracaso total en el control de calidad del segundo y tercer turno.

Capacidad

Cuando la capacidad es insuficiente, el déficit resultante puede traducirse en incumplimientos en las entregas, pérdida de clientes y pérdida de cuota de mercado. Esto es exactamente lo que ocurrió con Nabisco cuando subestimó la enorme demanda de sus nuevas galletas bajas en grasa Snackwell Devil's Food Cookies. Ni siquiera con las líneas de producción trabajando horas extras pudo Nabisco satisfacer la demanda, y perdió clientes. Al contrario, cuando se tiene exceso de capacidad, los costes pueden dispararse.

Gestión de la cadena de suministros

Las buenas relaciones con los suministradores y las ventajas consiguientes de precio para materiales y componentes dependen de la exactitud en las previsiones. Por ejemplo, los fabricantes de coches que quieran que TRW Corp. les garantice suficiente capacidad de airbags deben proporcionar previsiones precisas para justificar ampliaciones en las fábricas de TRW. En un mercado global, en el que los componentes para los Boeing 787 se fabrican en docenas de países, es crítica la coordinación que está dirigida por las previsiones. Programar el transporte a Seattle para el ensamblaje final al menor coste posible significa que no haya sorpresas de última hora que puedan dañar los ya bajos márgenes de beneficios.

SIETE ETAPAS EN EL SISTEMA DE PREVISIÓN

Para hacer previsiones se siguen siete etapas básicas. Como ejemplo para cada etapa vamos a utilizar a la empresa Tupperware Corporation, protagonista del *perfil de una empresa global* de este capítulo.



Vídeo 4.1

Previsión en
Hard Rock Café

1. *Determinar el uso de la previsión.* Tupperware utiliza previsiones de la demanda para definir los niveles de producción en cada una de sus 13 fábricas.
2. *Seleccionar los artículos para los que se va a realizar la previsión.* Tupperware tiene más de 400 productos, cada uno con su propio código de stock SKU (*stock keeping unit* / unidad de mantenimiento de existencias). Tupperware, como otras empresas de este tipo, hace pronósticos de demanda por familias (o grupos) de SKU.
3. *Definir el horizonte temporal de la previsión.* ¿Es a corto, medio, o a largo plazo? Tupperware realiza previsiones mensualmente, trimestralmente y anualmente para sus proyecciones de ventas.
4. *Seleccionar el modelo o los modelos de previsión.* Tupperware utiliza diferentes modelos estadísticos de los que trataremos más adelante, entre los que se incluyen medias móviles, alisado exponencial y análisis de regresión. También se emplean modelos de juicios de opinión o no cuantitativos.
5. *Recopilación de los datos necesarios para hacer la previsión.* La sede central de Tupperware tiene enormes bases de datos para controlar la venta de cada producto.
6. *Realizar la previsión.*
7. *Validar e implementar los resultados.* En Tupperware, las previsiones se revisan en los departamentos de ventas, marketing, finanzas y producción, para asegurarse de que modelo, hipótesis y datos son válidos. Se aplican medidas de error de previsión; y entonces se utilizan las previsiones para programar materiales, equipos y personal en cada fábrica.

Estas siete etapas presentan un procedimiento sistemático para iniciar, diseñar e implementar un sistema de previsiones. Cuando el sistema se va a utilizar para generar previsiones con regularidad a lo largo del tiempo, los datos deben recopilarse de forma rutinaria. En este caso, los cálculos reales se hacen con computadora.

Cualquiera que sea el sistema que utilicen empresas como Tupperware, cada compañía tiene que hacer frente a diversas realidades:

1. Las previsiones rara vez son perfectas. Esto significa que hay factores externos que no se pueden predecir o controlar y que suelen incidir en la previsión. Las empresas necesitan tener en cuenta esta realidad.
2. La mayoría de las técnicas de previsión suponen que el sistema tiene inherente cierta estabilidad. Por consiguiente, algunas empresas automatizan sus predicciones utilizando software de previsiones, y entonces controlan estrechamente sólo los productos cuya demanda es errática.
3. Tanto las previsiones de familia de productos como las agregadas son más precisas que las previsiones de productos individuales. Por ejemplo, Tupperware agrupa las previsiones de productos en familias (por ejemplo, bols versus tazas versus fiambreras) y zonas. Este enfoque ayuda a equilibrar las predicciones por exceso o defecto de cada producto y país.

Previsiones cuantitativas

Las previsiones que emplean uno o más modelos matemáticos que se basan en datos históricos y/o variables causales para prever la demanda.

ENFOQUES DE LA PREVISIÓN

Existen dos enfoques generales de las previsiones, de la misma forma que existen dos formas de abordar todas las decisiones. Uno es el análisis cuantitativo y otro el análisis cualitativo. Las **previsiones cuantitativas** emplean diferentes modelos matemáticos que utilizan datos históricos y/o variables causales para prever la demanda. Las **previsiones**

cualitativas, o subjetivas, incorporan factores tales como la intuición de la persona que toma las decisiones, sus emociones, experiencias personales y sistemas de valores para realizar la previsión. Algunas empresas utilizan un enfoque, mientras que otras utilizan el otro. En la práctica, lo más eficaz suele ser una combinación de los dos estilos.

Revisión de los métodos cualitativos

En esta sección se analizarán cuatro técnicas de previsión *cualitativa*.

1. **Jurado de opinión ejecutiva.** En este método se agrupan las opiniones de un grupo de directivos o expertos de alto nivel, a menudo en combinación con modelos estadísticos, para llegar a una estimación conjunta de la demanda. Por ejemplo, Bristol-Meyers Squibb Company recurre a 220 afamados investigadores científicos como su jurado de opinión ejecutiva para captar futuras tendencias en el mundo de la investigación médica.
2. **Método Delphi.** Existen tres tipos diferentes de participantes en el método Delphi: los que toman las decisiones, el personal de soporte y los encuestados. Los que toman las decisiones suelen ser un grupo de 5 o 10 expertos que realizan en realidad la previsión. El personal de soporte ayuda a los que toman decisiones preparando, distribuyendo, recopilando y resumiendo una serie de cuestionarios, y repasando los resultados. Los encuestados son un grupo de personas, a menudo ubicadas en diferentes lugares, cuyas opiniones son apreciadas. Este grupo proporciona inputs a los tomadores de decisiones antes de elaborar la previsión.

El Estado de Alaska, por ejemplo, ha empleado el método Delphi para desarrollar sus previsiones económicas a largo plazo. Increíblemente, el 90% del presupuesto del Estado proviene de los 1,5 millones de barriles de petróleo bombeados diariamente a través de un oleoducto en la bahía de Prudhoe. El gran panel de expertos de Delphi debía representar a todos los grupos y opiniones en el Estado y a todas las áreas geográficas. Delphi fue la herramienta perfecta de previsión, porque se pudieron evitar los problemas derivados del traslado del grupo de opinión. Esto significó, además, que las principales personas de Alaska también pudieron participar, porque sus agendas personales no se vieron afectadas por reuniones y distancias.

3. **Propuesta del personal de ventas.** En este método cada vendedor estima las ventas que habrá en su zona. Estas previsiones se revisan posteriormente para asegurarse de que son realistas. A continuación se combinan a nivel de distritos y de nación para obtener una previsión global. En Lexus se aplica este sistema con una variación, ya que cada trimestre los concesionarios de Lexus organizan una “reunión con fabricación”. En esta reunión hablan de lo que se está vendiendo, con qué colores y con qué opciones, para que la fábrica sepa qué es lo que tiene que fabricar¹.
4. **Estudio de mercado.** En este método se solicitan opiniones a los consumidores o clientes potenciales en lo referente a sus planes de compra futuros. Puede ser útil no sólo a la hora de preparar una previsión, sino también para mejorar el diseño de un producto y planificar nuevos productos. Los métodos de estudio de mercado de consumidores y de propuesta del personal de ventas pueden, sin embargo, ofrecer una previsión excesivamente optimista dada la información transmitida por el consumidor. La caída de la industria de las telecomunicaciones en 2001 fue

Previsiones cualitativas

Las previsiones que incorporan factores tales como la intuición de la persona que toma las decisiones, emociones, experiencias personales, y sistemas de valores.

Jurado de opinión ejecutiva

Una técnica de previsión que recoge la opinión de un pequeño grupo de directivos de alto nivel a partir de la que se alcanza una estimación conjunta de la demanda.

Método Delphi

Una técnica de previsión que utiliza un proceso de grupo que permite a los expertos realizar previsiones.

Propuesta del personal de ventas

Una técnica de previsión que se basa en la estimación de las ventas esperadas por los vendedores.

Estudio de mercado

Un método de previsión que requiere información de los clientes o clientes potenciales con respecto a los planes de compra futuros.

¹ Jonathan Fahey, “The Lexus Nexus”, *Forbes* (21 de junio de 2004), 68-70.

el resultado de una expansión excesiva para satisfacer la “explosiva demanda de los consumidores”. ¿De dónde salieron estos datos? Oplink Communications, un proveedor de Nortel Networks, afirma que las “previsiones de su empresa durante los últimos años se basaban fundamentalmente en conversaciones informales con los consumidores”².

Revisión de los métodos cuantitativos

En este capítulo se describen cinco métodos de previsión cuantitativos; todos ellos utilizan datos históricos. Estos métodos se pueden agrupar en dos categorías:

- | | | |
|---|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Enfoque simple 2. Medias móviles 3. Alisado exponencial 4. Proyección de tendencia 5. Regresión lineal | } | <p>modelos de series temporales</p>
<p>modelos asociativos (o casuales)</p> |
|---|---|--|

Serie temporal

Una técnica de previsión que utiliza una serie de datos pasados para hacer una previsión.

Modelos de series temporales Los modelos de **series temporales** predicen partiendo de la premisa de que el futuro es una función del pasado. En otras palabras, observan lo que ha ocurrido a lo largo de un periodo de tiempo y utilizan una serie de datos pasados para realizar una previsión. Si se están prediciendo las ventas semanales de cortacéspedes, se utilizarán las ventas de cortacéspedes en las semanas anteriores para hacer las previsiones.

Modelos causales Los modelos causales (o asociativos), tales como la regresión lineal, incorporan variables o factores que pueden influir en la cantidad que se va a predecir. Por ejemplo, un modelo causal para las ventas de cortacéspedes podría incluir factores tales como el número de viviendas nuevas comenzadas a construir, el presupuesto de publicidad y los precios de la competencia.

PREVISIÓN DE SERIES TEMPORALES

Una serie temporal está basada en una secuencia de datos uniformemente espaciados (semanalmente, mensualmente, trimestralmente, etcétera). Por ejemplo, las ventas semanales de las Nike Air Jordan, los informes trimestrales de resultados de Microsoft, los envíos diarios de cerveza Coors o el índice de precios al consumo. La previsión de series temporales de datos implica que los valores futuros son predichos *únicamente* a partir de los valores pasados, y que se desestiman otras variables, sin importar cuál sea el valor potencial que puedan tener.

Dos citas famosas:

“Nunca se puede prever el futuro por medio del pasado”.

Sir Edmund Burke

“No conozco ninguna manera de estimar el futuro si no es a través del pasado”.

Patrick Henry

Descomposición de una serie temporal

El análisis de las series temporales implica desglosar los datos pasados en cuatro componentes: tendencia, estacionalidad, ciclos y variación irregular o aleatoria.

1. **Tendencia.** Es el movimiento gradual de subida o bajada de los valores de los datos a lo largo del tiempo. Cambios en los ingresos, la población, la distribución por edades o los gustos culturales pueden explicar movimientos en la tendencia.

² “Lousy Sales Forecast Helped Fuel the Telecom Mess”, *The Wall Street Journal* (9 de julio de 2000), B1-B4.

2. *Estacionalidad*. Es un patrón de variabilidad de los datos que se repite cada cierto número de días, semanas, meses o trimestres. Existen seis patrones de estacionalidad:

Periodo del patrón	Duración de la "estación"	Número de "estaciones" en el patrón
Semana	Día	7
Mes	Semana	4-4 ¹ / ₂
Mes	Día	28-31
Año	Trimestre	4
Año	Mes	12
Año	Semana	52

Los restaurantes y las peluquerías, por ejemplo, tienen patrones semanales, siendo el sábado el día de mayor negocio. Los distribuidores de cerveza pronostican con patrones anuales y con "estaciones" mensuales. En Estados Unidos hay tres "estaciones" (mayo, julio y septiembre) en las que hay una gran fiesta en la que se bebe cerveza.

3. *Ciclos*. Son patrones en los datos que ocurren cada cierto número de años. Normalmente están relacionados con los ciclos económicos, y son de gran importancia en el análisis y planificación de los negocios a corto plazo. Es difícil predecir los ciclos de los negocios porque se pueden ver afectados por acontecimientos políticos o por conflictos internacionales.
4. *Variaciones irregulares o aleatorias*. Son "irregularidades" en los datos causados por el azar y situaciones inusuales. No siguen ningún patrón perceptible, por lo que no se pueden predecir.

En épocas estables, hacer pronósticos es fácil: consiste sólo en sumar o restar al comportamiento de un año determinado unos cuantos puntos porcentuales.

La Figura 4.1 muestra una demanda durante un periodo de cuatro años. Muestra la media, la tendencia, los componentes estacionales y las variaciones aleatorias alrededor de la curva de demanda. La demanda media es la suma de la demanda de cada periodo dividido por el número de periodos de datos.

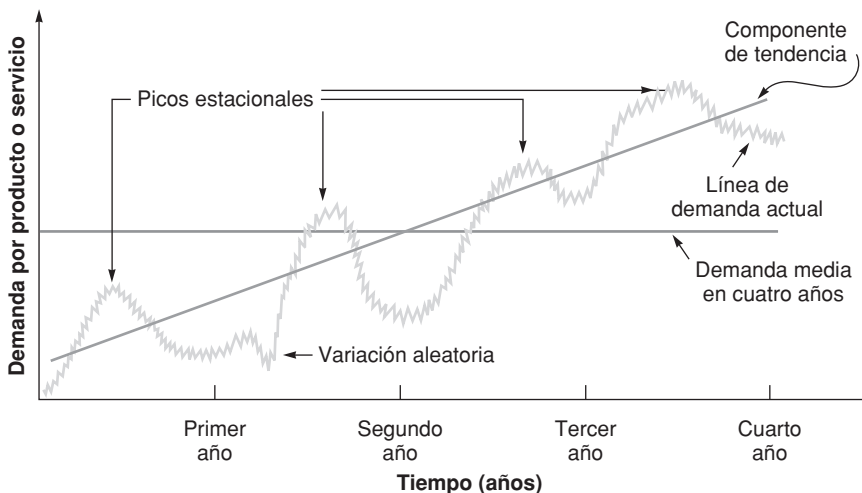


FIGURA 4.1 ■ Demanda de un producto durante cuatro años, señalando una tendencia en crecimiento y la estacionalidad

Enfoque simple

El sistema de previsión más sencillo es suponer que la demanda en el próximo periodo será igual a la demanda del periodo anterior. En otras palabras, si las ventas de un producto (como, por ejemplo, los teléfonos móviles de Motorola) fueron de 68 unidades en el mes de enero, se puede prever que las ventas en el mes de febrero serán también de 68 teléfonos. ¿Tiene sentido esta forma de actuar? Resulta que para algunas líneas de productos, este **enfoque simple** es el modelo de previsión con la mejor relación eficacia-coste y eficiencia en la consecución de los objetivos de la previsión. Al menos, sirve de punto de partida para poder comparar con los modelos de previsión más sofisticados que se presentan a continuación.

Enfoque simple

Es una técnica de previsión que supone que la demanda del próximo periodo es igual a la demanda del último periodo.

Medias móviles

Es un método de previsión que utiliza la media de los n periodos de datos más recientes para hacer la previsión del periodo siguiente.

Medias móviles

La previsión con **medias móviles** utiliza un grupo de valores recientes de los datos para realizar una previsión. Las medias móviles son útiles *si se puede suponer que las demandas del mercado serán bastante estables a lo largo del tiempo*. Para calcular la media móvil de cuatro meses basta con sumar la demanda de los cuatro últimos meses y dividirla por 4. Con cada mes que pasa, se añade el nuevo valor a la suma de los tres meses previos, y se elimina la estimación del mes más antiguo. Este modelo tiende a suavizar las irregularidades a corto plazo en las series de datos.

Matemáticamente, la media móvil simple (que sirve como una estimación de la demanda del siguiente periodo) se expresa como:

$$\text{Media móvil} = \frac{\sum \text{demanda de } n \text{ periodos anteriores}}{n} \quad (4.1)$$

donde n es el número de periodos en la media móvil (por ejemplo 4, 5 o 6 meses), para medias móviles de 4, 5 o 6 periodos, respectivamente.

El Ejemplo 1 muestra cómo se calculan las medias móviles.

EJEMPLO 1

Cálculo de la media móvil

En la columna central de la tabla se muestran las ventas de cabañas para almacenar en el Garden Supply de Donna. En la columna de la derecha aparece una media móvil de tres meses.

Mes	Ventas reales de cabañas	Media móvil de tres meses
Enero	10	
Febrero	12	
Marzo	13	
Abril	16	$(10 + 12 + 13)/3 = 11\frac{2}{3}$
Mayo	19	$(12 + 13 + 16)/3 = 13\frac{2}{3}$
Junio	23	$(13 + 16 + 19)/3 = 16$
Julio	26	$(16 + 19 + 23)/3 = 19\frac{1}{3}$
Agosto	30	$(19 + 23 + 26)/3 = 22\frac{2}{3}$
Septiembre	28	$(23 + 26 + 30)/3 = 26\frac{1}{3}$
Octubre	18	$(26 + 30 + 28)/3 = 28$
Noviembre	16	$(30 + 28 + 18)/3 = 25\frac{1}{3}$
Diciembre	14	$(28 + 18 + 16)/3 = 20\frac{2}{3}$

Así pues, vemos que la previsión para diciembre es de $20\frac{2}{3}$. Para preveer la demanda de cabañas en el próximo mes de enero, se suman las ventas de octubre, noviembre y diciembre, y se dividen por 3: la previsión para enero es $(18 + 16 + 14)/3 = 16$.



Archivo de datos de Excel OM Ch04Ex1.xls



Active Model 4.1

El ejemplo 1 se ilustra aún más en el Active Model 4.1 de su CD-ROM.

Cuando existe una tendencia o patrón detectable se pueden utilizar ponderaciones o pesos para resaltar más los valores recientes. Esta práctica hace que la técnica de previsión sea más sensible a los cambios, porque los periodos más recientes se ponderan con un mayor peso. La elección de las ponderaciones es algo arbitrario, ya que no existe ninguna fórmula para determinarlas. Por tanto, es necesario tener cierta experiencia para poder decidir qué ponderaciones se van a utilizar. Por ejemplo, si al último mes o periodo se le da demasiada ponderación, la previsión puede reflejar demasiado rápido una gran variación de la demanda o del patrón de ventas. La media móvil ponderada se puede expresar matemáticamente como:

$$\text{Media móvil ponderada} = \frac{\sum (\text{ponderación del periodo } n) (\text{demanda en el periodo } n)}{\sum \text{ponderaciones}} \quad (4.2)$$

El Ejemplo 2 muestra cómo calcular la ponderación de la media móvil.

Cálculo de la media móvil ponderada

El Garden Supply de Donna (véase el Ejemplo 1) decide hacer una previsión de las ventas de cabañas de almacenamiento ponderando los tres meses pasados de la siguiente manera:

Ponderación aplicada	Periodo
3	Último mes
2	Hace dos meses
1	Hace tres meses
6	Suma de ponderaciones

Previsión para este mes =

$$\frac{3 \times \text{ventas último mes} + 2 \times \text{ventas de hace 2 meses} + 1 \times \text{ventas de hace 3 meses}}{6 \leftarrow \text{suma de ponderaciones (3 + 2 + 1)}}$$

Los resultados de esta previsión de media ponderada son los siguientes:

Mes	Ventas reales	Media móvil ponderada de tres meses
Enero	10	
Febrero	12	
Marzo	13	
Abril	16	$[(3 \times 13) + (2 \times 12) + (10)]/6 = 12\frac{1}{6}$
Mayo	19	$[(3 \times 16) + (2 \times 13) + (12)]/6 = 14\frac{1}{3}$
Junio	23	$[(3 \times 19) + (2 \times 16) + (13)]/6 = 17$
Julio	26	$[(3 \times 23) + (2 \times 19) + (16)]/6 = 20\frac{1}{2}$
Agosto	30	$[(3 \times 26) + (2 \times 23) + (19)]/6 = 23\frac{5}{6}$
Septiembre	28	$[(3 \times 30) + (2 \times 26) + (23)]/6 = 27\frac{1}{2}$
Octubre	18	$[(3 \times 28) + (2 \times 30) + (26)]/6 = 28\frac{1}{3}$
Noviembre	16	$[(3 \times 18) + (2 \times 28) + (30)]/6 = 23\frac{1}{3}$
Diciembre	14	$[(3 \times 16) + (2 \times 18) + (28)]/6 = 18\frac{2}{3}$

En esta situación particular de previsión se puede comprobar que si se pondera más el último mes se obtiene una proyección mucho más exacta.

EJEMPLO 2



Archivo de datos de Excel OM Ch04Ex2.xls

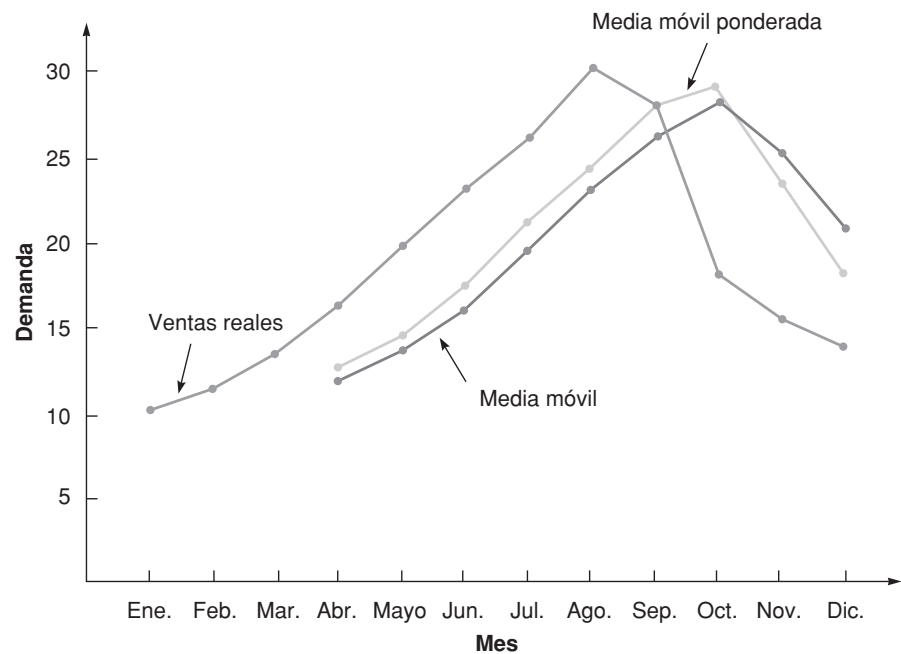


FIGURA 4.2 ■ Demanda real frente a los métodos de media móvil y media móvil ponderada para el Garden Supply de Donna

Tanto la media móvil simple como la ponderada son eficaces en el alisado de fluctuaciones repentinas en los patrones de demanda para proporcionar estimaciones estables. Las medias móviles, sin embargo, presentan tres problemas:

1. Si se aumenta el tamaño de n (el número de periodos promediados) se tiene un mejor alisado de las fluctuaciones, pero hace que el método sea menos sensible a cambios reales en los datos.
2. Las medias móviles no son muy buenas a la hora de captar tendencias. Esto es debido a que son medias y, por ello, siempre seguirán el ritmo de niveles pasados y, por tanto, no podrán predecir cambios hacia niveles superiores o inferiores. Es decir, *se rezagan* con respecto a los valores reales.
3. Las medias móviles requieren un gran número de datos históricos.

La Figura 4.2 es un gráfico de los datos de los Ejemplos 1 y 2 que muestra el efecto de retardo de los modelos de medias móviles. Observe que tanto las líneas de la media móvil como de la media móvil ponderada van desfasadas con respecto a la demanda real a partir del mes de abril. Sin embargo, la media móvil ponderada normalmente reacciona más rápidamente a los cambios de la demanda. Incluso en periodos de disminución de demanda (véase noviembre y diciembre), sigue a la demanda real más de cerca.

Los datos de hace 20 años pueden no ser demasiado útiles. No siempre es necesario utilizar todos los datos.

Alisado exponencial

Una técnica de previsión de media móvil ponderada en la que los datos se ponderan mediante una función exponencial.

Alisado exponencial

El **alisado exponencial** es un sofisticado método de previsión de medias móviles ponderadas que aún sigue siendo relativamente fácil de aplicar. Necesita un *reducido* número de datos. La fórmula base del **alisado** exponencial se puede representar como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Nueva previsión} &= \text{previsión del último periodo} + \\ &+ \alpha (\text{demanda real del último periodo} - \\ &- \text{previsión del último periodo}) \end{aligned} \quad (4.3)$$

donde α es una ponderación o **constante de alisado**, elegida por el que hace la previsión, que toma valores entre 0 y 1. La Ecuación (4.3) también puede ser expresada de forma matemática como:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (4.4)$$

donde F_t = nueva previsión
 F_{t-1} = previa previsión
 α = constante de alisado (o ponderación) ($0 \leq \alpha \leq 1$)
 A_{t-1} = demanda real del periodo previo

Constante de alisado
 Es el factor de ponderación que se utiliza en un pronóstico de alisado exponencial; es un número entre 0 y 1.

No es un concepto complejo. La estimación de la demanda para un periodo es igual a la estimación hecha para el periodo anterior, ajustada por una fracción de la diferencia entre la demanda real del periodo anterior y la estimación que hicimos para el mismo. En el Ejemplo 3 se muestra cómo utilizar el alisado exponencial para obtener una previsión.

En enero, un concesionario de automóviles predijo para febrero una demanda de 142 Ford Mustang. La demanda real en febrero fue de 153 vehículos. Utilizando una constante de alisado escogida por la dirección de $\alpha = 0,2$ se puede predecir la demanda de marzo utilizando el modelo del alisado exponencial. Sustituyendo estos datos en la fórmula, se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Nueva previsión (para la demanda de marzo)} &= 142 + 0,2(153 - 142) = 142 + 2,2 \\ &= 144,2 \end{aligned}$$

Por tanto, la demanda prevista de Ford Mustang para el mes de marzo es de 144.

EJEMPLO 3

Habitualmente, la *constante de alisado* α para las aplicaciones empresariales está en el intervalo comprendido entre 0,05 y 0,50. Puede cambiarse para dar mayor ponderación a los valores recientes (cuando α asume valores elevados) o mayor ponderación a los valores antiguos (cuando α asume valores bajos). Cuando α alcanza el valor extremo de 1,0, en la Ecuación (4.4), $F_t = 1,0A_{t-1}$. Desaparecen todos los valores antiguos, y la previsión es idéntica a la del modelo simple que se mencionó al principio de este capítulo. Es decir, la previsión para el próximo periodo es idéntica a la demanda en el periodo actual.

La siguiente tabla ayuda a ilustrar este concepto. Por ejemplo, cuando $\alpha = 0,5$ se puede comprobar que la nueva previsión está basada casi por completo en la demanda de los tres o cuatro últimos periodos. Cuando $\alpha = 0,1$, la previsión pondera poco la demanda reciente, mientras que tiene en cuenta valores de muchos periodos históricos (alrededor de 19).

El alisado exponencial se utiliza asiduamente en las empresas y es una parte importante de los sistemas informáticos de control de inventarios.

Ponderación asignada a

	PERIODO MÁS RECIENTE	2.º PERIODO MÁS RECIENTE	3.º PERIODO MÁS RECIENTE	4.º PERIODO MÁS RECIENTE	5.º PERIODO MÁS RECIENTE
CONSTANTE DE ALISADO	α	$\alpha(1 - \alpha)$	$\alpha(1 - \alpha)^2$	$\alpha(1 - \alpha)^3$	$\alpha(1 - \alpha)^4$
$\alpha = 0,1$	0,1	0,09	0,081	0,073	0,066
$\alpha = 0,5$	0,5	0,25	0,125	0,063	0,031

Elección de la constante de alisado El método de alisado exponencial es fácil de utilizar, y se ha aplicado con éxito en casi todo tipo de negocios. El valor adecuado de la constante de alisado α , sin embargo, puede marcar la diferencia entre una previsión precisa y una imprecisa. A la hora de escoger el valor de la constante de alisado, el objetivo es obtener la previsión más exacta posible.

Medición del error de previsión

El error de previsión nos dice cómo se comportó el modelo comparándolo con los datos pasados.

La exactitud global de cualquier modelo de previsión —media móvil, alisado exponencial, u otro— puede determinarse comparando los valores previstos de periodos del pasado con la demanda real u observada para estos periodos. Sea F_t la previsión en el periodo t , y A_t la demanda real en el periodo t ; el *error de previsión* (o desviación) se define como:

$$\text{Error de previsión} = \text{Demanda real} - \text{Previsión} = A_t - F_t$$

En la práctica, se utilizan diferentes medidas para calcular el error total de previsión. Estas medidas se pueden utilizar para comparar distintos modelos de previsión, así como para controlar que las previsiones están siendo adecuadas. Tres de las medidas más habituales son la desviación absoluta media (DAM), el error cuadrado medio (ECM) y el error porcentual absoluto medio (EPAM). A continuación definimos y damos un ejemplo de cada uno.

Desviación absoluta media DAM

Es una medida del error de previsión total de un modelo.

Desviación absoluta media La primera medida del error de previsión global de un modelo es la **desviación absoluta media (DAM)**. Este valor se calcula sumando los valores absolutos de los errores de previsión individuales y dividiendo por el número de periodos de los datos (n):

$$\text{DAM} = \frac{\sum |\text{Real} - \text{Previsto}|}{n} \quad (4.5)$$

El Ejemplo 4 aplica este concepto con un test de prueba y error de dos valores de α .

EJEMPLO 4



Archivos de datos de Excel OM
Ch04Ex4a.xls
Ch04Ex4b.xls



Active Model 4.2

El ejemplo 4 se ilustra de nuevo en el Active Model 4.2 del CD-ROM y en el ejercicio de la página 180.

Cálculo de la desviación absoluta media (DAM)

Durante los ocho últimos trimestres, en el puerto de Baltimore se han descargado grandes cantidades de grano de los barcos. El director de operaciones portuarias quiere analizar la utilización de la técnica de alisado exponencial para constatar qué tal funciona en la previsión de tonelaje descargado. Para ello, supone que la previsión de grano descargado en el primer trimestre fue de 175 toneladas. Dos son los valores de α examinados: $\alpha = 0,10$ y $\alpha = 0,50$. La siguiente tabla muestra los cálculos *detallados* únicamente para $\alpha = 0,10$:

Trimestre	Toneladas realmente descargadas	Previsión redondeada utilizando $\alpha = 0,10^*$	Previsión redondeada utilizando $\alpha = 0,50^*$
1	180	175	175
2	168	$176 = 175,00 + 0,10(180 - 175)$	178
3	159	$175 = 175,50 + 0,10(168 - 175,50)$	173
4	175	$173 = 174,75 + 0,10(159 - 174,75)$	166
5	190	$173 = 173,18 + 0,10(175 - 173,18)$	170
6	205	$175 = 173,36 + 0,10(190 - 173,36)$	180
7	180	$178 = 175,02 + 0,10(205 - 175,02)$	193
8	182	$178 = 178,02 + 0,10(180 - 178,02)$	186
9	?	$179 = 178,22 + 0,10(182 - 178,22)$	184

* Previsión redondeada a la tonelada más cercana.

Para evaluar la exactitud de cada constante de alisado, pueden calcularse los errores de la previsión en términos de desviaciones absolutas y DAM.

Trimestre	Tonelaje descargado real	Previsión redondeada con $\alpha = 0,10$	Desviación absoluta con $\alpha = 0,10^*$	Previsión redondeada con $\alpha = 0,50$	Desviación absoluta con $\alpha = 0,50$
1	180	175	5	175	5
2	168	176	8	178	10
3	159	175	16	173	14
4	175	173	2	166	9
5	190	173	17	170	20
6	205	175	30	180	25
7	180	178	2	193	13
8	182	178	4	186	4
Suma de las desviaciones absolutas			84		100
DAM = $\frac{\sum \text{desviaciones} }{n}$			10,50		12,50

Según este análisis, es preferible una constante de **alisado** de $\alpha = 0,10$ a una de $\alpha = 0,50$, puesto que su DAM es menor.

La mayoría de los software de previsión incluyen una funcionalidad que automáticamente encuentra la constante de alisado que da el error de previsión más bajo. Algún software modifica el valor de α si los errores son mayores de lo aceptable.

Error cuadrado medio El **error cuadrado medio (ECM)** es una segunda forma de medir el error de previsión total. El ECM es la media de las diferencias al cuadrado entre los valores previstos y los observados. Su fórmula es

$$\text{ECM} = \frac{\sum (\text{errores de previsión})^2}{n} \quad (4.6)$$

En el Ejemplo 5 se calcula el ECM para el puerto de Baltimore utilizado en el Ejemplo 4.

Error cuadrado medio (ECM)

Es la media de las diferencias al cuadrado entre los valores previstos y los observados.

Cálculo del error cuadrado medio (ECM)

Trimestre	Toneladas realmente descargadas	Previsión para trimestre $\alpha = 0,10$	(Error) ²
1	180	175	$5^2 = 25$
2	168	176	$(-8)^2 = 64$
3	159	175	$(-16)^2 = 256$
4	175	173	$2^2 = 4$
5	190	173	$17^2 = 289$
6	205	175	$30^2 = 900$
7	180	178	$2^2 = 4$
8	182	178	$4^2 = 16$

Suma de errores al cuadrado = 1.558

EJEMPLO 5

$$\text{ECM} = \frac{\sum (\text{errores de previsión})^2}{n} = 1.558/8 = 194,75$$

¿Este ECM es bueno o malo? Todo depende de los ECM para otros valores de α . Como ejercicio práctico, se puede calcular el ECM para un $\alpha = 0,50$ (debería salir un valor de ECM = 201,5). El resultado indica que $\alpha = 0,10$ es una mejor opción ya que se pretende minimizar el ECM. Casualmente, esto confirma la conclusión a que se llegó utilizando el DAM del Ejemplo 4.

Un inconveniente de utilizar el ECM es que tiende a acentuar las grandes desviaciones debido al término al cuadrado. Por ejemplo, si el error de previsión del periodo 1 es dos veces mayor que el error de previsión del periodo 2, el error al cuadrado en el periodo 1 es cuatro veces mayor que el del periodo 2. De aquí que la utilización del ECM como medida del error de previsión indica que preferimos tener varias desviaciones más pequeñas antes que incluso sólo una gran desviación.

Error porcentual absoluto medio (EPAM)

La media de las diferencias, en valor absoluto, entre los valores reales y los previstos, expresada como porcentaje de los valores reales.

Error porcentual absoluto medio Un problema tanto del DAM como del ECM es que sus valores dependen de la magnitud del producto que se esté previendo. Si lo que se prevé se mide en miles, los valores del DAM y del ECM pueden ser muy elevados. Para evitar este problema, podremos utilizar el **error porcentual absoluto medio (EPAM)**. Se calcula como la media de la diferencia, en valor absoluto, entre los valores previstos y reales, expresada como porcentaje sobre los valores reales. Es decir, si tenemos los valores previstos y reales para n periodos, el EPAM se calcula como:

$$\text{EPAM} = \frac{100 \sum_{i=1}^n |\text{Real}_i - \text{Previsto}_i| / \text{Real}_i}{n}$$

El Ejemplo 6 ilustra los cálculos utilizando los datos de los Ejemplos 4 y 5.

EJEMPLO 6

Trimestre	Tonelaje real descargado	Previsión para $\alpha = 0,10$	Error porcentual absoluto $100(\text{Error} / \text{Real})$
1	180	175	$100(5/180) = 2,78\%$
2	168	176	$100(8/168) = 4,76\%$
3	159	175	$100(16/159) = 10,06\%$
4	175	173	$100(2/175) = 1,14\%$
5	190	173	$100(17/190) = 8,95\%$
6	205	175	$100(30/205) = 14,63\%$
7	180	178	$100(2/180) = 1,11\%$
8	182	178	$100(4/182) = 2,20\%$
			Suma porcentual de los errores = 45,63%

$$\text{EPAM} = \frac{\sum \text{errores porcentuales absolutos}}{n} = \frac{45,63\%}{8} = 5,70\%$$

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

PREVISIÓN EN DISNEY WORLD

Cuando el consejero delegado de Disney, Robert Iger, recibe el informe diario de sus grandes parques temáticos en Orlando, Florida, el informe sólo incluye dos cifras: la *previsión* de público ayer en los parques (Magic Kingdom, Epcot, Animal Kingdom, MGM Studios y Blizzard Beach) y la cantidad *real* de público. Se espera un error próximo a cero (utilizando como indicador el EPAM). Iger se toma muy en serio sus previsiones.

El equipo de previsiones de Disney World no hace, sin embargo, una única predicción diaria, y además Iger no es su único consumidor. El equipo también elabora previsiones diarias, semanales, mensuales, anuales y quinquenales para la dirección de recursos humanos, mantenimiento, operaciones, finanzas y para el departamento de programación de parques. Los que las hacen utilizan modelos de juicios de valor, modelos econométricos, modelos de medidas móviles y análisis de regresión. La previsión anual realizada por el equipo en 1999 sobre el volumen total de público para el año 2000 obtuvo un EPAM de 0.

Puesto que el 20% de los clientes de Disney World proviene de fuera de Estados Unidos, su modelo económico incluye variables como el índice de confianza del consumidor y el producto nacional bruto de siete países. Disney también encuesta a un millón de personas todos los años para analizar sus planes futuros de viaje y sus experiencias en los parques. Esto ayudará a hacer previsiones, no sólo de la cantidad de público, sino del comportamiento en cada atracción (cuánto tiempo está dispuesta la gente a esperar en la cola y cuántas veces se subirá a una atracción). Inputs para el modelo de previsión mensual son las ofertas especiales de las compañías aéreas, los discursos del presidente de la Reserva Federal, y las tendencias de Wall Street. Disney hace incluso un seguimiento de 3.000 distritos escolares dentro y fuera de Estados Unidos para saber las fechas de las vacaciones y festivos.

Fuente: J. Newkirk y M. Haskell, "Forecasting in the Service Sector", presentación en la duodécima reunión anual de la Production and Operations Management Society, 1 de abril de 2001, Orlando, FL.

El EPAM es, tal vez, el indicador más fácil de interpretar. Por ejemplo, un resultado del EPAM del 6% es un inequívoco resultado que no es dependiente de cuestiones como la magnitud de los datos utilizados para obtenerlo.

El EPAM expresa el error como porcentaje de los valores reales.

Alisado exponencial con ajuste de tendencia

Como sucede con cualquier técnica de media móvil, el alisado exponencial simple no consigue anticipar las tendencias. Ciertamente, hay disponibles otras técnicas de previsión que pueden reflejar las tendencias. Sin embargo, debido a que el alisado exponencial es un enfoque de modelización tan popular en los negocios, vamos a considerarlo con más detalle.

Aquí se verá la causa por la que es necesario modificar el alisado exponencial cuando está presente una tendencia. Supongamos que la demanda para nuestro producto o servicio ha aumentado 100 unidades al mes, y que se está utilizando una previsión con $\alpha = 0,4$ en un modelo de alisado exponencial. La tabla siguiente muestra un retraso considerable en la respuesta a la variación de demanda en el segundo, tercero, cuarto y quinto mes, incluso cuando la estimación inicial para el primer mes es perfecta.

Mes	Demanda real	Previsión para el mes $t = (F_t)$
1	100	$F_1 = 100$ (valor dado)
2	200	$F_2 = F_1 + \alpha(A_1 - F_1) = 100 + 0,4(100 - 100) = 100$
3	300	$F_3 = F_2 + \alpha(A_2 - F_2) = 100 + 0,4(200 - 100) = 140$
4	400	$F_4 = F_3 + \alpha(A_3 - F_3) = 140 + 0,4(300 - 140) = 204$
5	500	$F_5 = F_4 + \alpha(A_4 - F_4) = 204 + 0,4(400 - 204) = 282$

Para mejorar nuestra previsión, vamos a presentar un modelo más complejo de alisado exponencial: uno que se ajuste a las tendencias. La idea es calcular una media alisada exponencialmente de los datos, y luego ajustarla para retrasos positivos o negativos en la tendencia. La nueva fórmula es:

Previsión incluyendo la tendencia (FIT_t) = previsión alisada exponencialmente (F_t)
+ tendencia alisada exponencialmente (T_t) (4.8)

Con el alisado exponencial con ajuste de tendencia, las estimaciones, tanto para la media como para la tendencia, están alisadas. Este procedimiento requiere dos constantes de alisado, α para la media, y β para la tendencia. Entonces se calcula la media y la tendencia para cada periodo como sigue:

$$F_t = \alpha (\text{demanda real del último periodo}) + (1 - \alpha) (\text{previsión del último periodo} + \text{estimación de la tendencia del último periodo})$$

o bien

$$\begin{aligned} F_t &= \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \\ T_t &= \beta (\text{previsión del periodo actual} - \text{previsión del último periodo}) \\ &\quad + (1 - \beta) (\text{estimación de la tendencia del último periodo}) \end{aligned} \quad (4.9)$$

o bien

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (4.10)$$

donde F_t = previsión alisada exponencialmente de la serie de datos en el periodo t

T_t = tendencia alisada exponencialmente en el periodo t

A_t = demanda real en el periodo t

α = constante de alisado para la media ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β = constante de alisado para la tendencia ($0 \leq \beta \leq 1$)

Por tanto, los tres pasos para calcular una previsión con ajuste de tendencia son:

Paso 1: Calcular F_t (la previsión alisada exponencialmente para el periodo t) utilizando la Ecuación (4.9).

Paso 2: Calcular la tendencia alisada (T_t) utilizando la Ecuación (4.10).

Paso 3: Calcular la previsión incluyendo la tendencia (FIT_t) mediante la fórmula $FIT_t = F_t + T_t$.

El Ejemplo 7 muestra la manera de utilizar el alisado exponencial con ajuste de tendencias.

Cálculo de una previsión con alisado exponencial con ajuste de tendencia

Un gran fabricante de Portland utiliza el alisado exponencial para realizar una previsión de demanda de una pieza de un equipo de control de contaminación. Parece que está presente una tendencia al alza.

Mes (t)	Demanda real (A_t)	Mes (t)	Demanda real (A_t)
1	12	6	21
2	17	7	31
3	20	8	28
4	19	9	36
5	24	10	?

Se asignan a las constantes de alisado los valores de $\alpha = 0,2$ y $\beta = 0,4$. Se supone que la previsión inicial para el mes 1 (F_1) fue de 11 unidades, y la tendencia en este periodo (T_1) fue de 2 unidades.

Paso 1: Previsión para el mes 2:

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \alpha A_1 + (1 - \alpha)(F_1 + T_1) \\
 F_2 &= (0,2)(12) + (1 - 0,2)(11 + 2) \\
 &= 2,4 + (0,8)(13) = 2,4 + 10,4 = 12,8 \text{ unidades}
 \end{aligned}$$

Paso 2: Cálculo de la tendencia para el periodo 2:

$$\begin{aligned}
 T_2 &= \beta(F_2 - F_1) + (1 - \beta)T_1 \\
 &= 0,4(12,8 - 11) + (1 - 0,4)(2) \\
 &= (0,4)(1,8) + (0,6)(2) = 0,72 + 1,2 = 1,92
 \end{aligned}$$

Paso 3: Cálculo de la previsión incluyendo la tendencia (FIT_t):

$$\begin{aligned}
 FIT_2 &= F_2 + T_2 \\
 &= 12,8 + 1,92 \\
 &= 14,72 \text{ unidades}
 \end{aligned}$$

También hacemos los mismos cálculos para el tercer mes.

Paso 1: $F_3 = \alpha A_2 + (1 - \alpha)(F_2 + T_2) = (0,2)(17) + (1 - 0,2)(12,8 + 1,92)$
 $= 3,4 + (0,8)(14,72) = 3,4 + 11,78 = 15,18$ unidades

Paso 2: $T_3 = \beta(F_3 - F_2) + (1 - \beta)T_2 = (0,4)(15,18 - 12,8) + (1 - 0,4)(1,92)$
 $= (0,4)(2,38) + (0,6)(1,92) = 0,952 + 1,152 = 2,10$

Paso 3: $FIT_3 = F_3 + T_3$
 $= 15,18 + 2,10 = 17,28$ unidades

La Tabla 4.1 completa las previsiones para el periodo del mes 10. La Figura 4.3 compara la demanda real con la previsión incluyendo tendencia (FIT_t).

EJEMPLO 7



Archivo de datos de Excel OM Ch04Ex7.xls



Active Model 4.3

El Ejemplo 7 se ilustra más en el Active Model 4.3 del CD-ROM.

TABLA 4.1 ■ Previsión utilizando $\alpha = 0,2$ y $\beta = 0,4$

Mes	Demanda real	Previsión alisada, F_t	Tendencia alisada, T_t	Pronóstico incluyendo la tendencia FIT_t
1	12	11	2	13,00
2	17	12,80	1,92	14,72
3	20	15,18	2,10	17,28
4	19	17,82	2,32	20,14
5	24	19,91	2,23	22,14
6	21	22,51	2,38	24,89
7	31	24,11	2,07	26,18
8	28	27,14	2,45	29,59
9	36	29,28	2,32	31,60
10	—	32,48	2,68	35,16

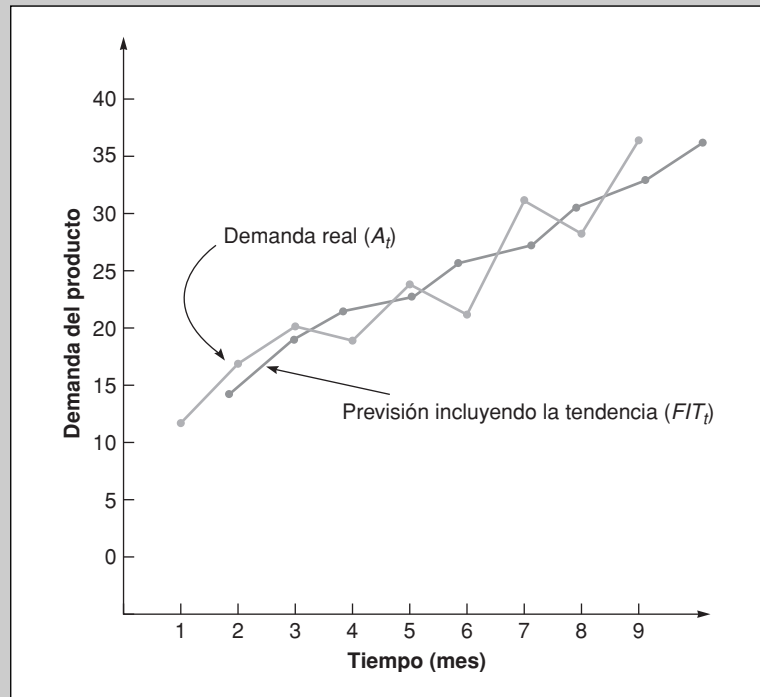


FIGURA 4.3 ■ Previsiones de alisado exponencial con ajuste de tendencia comparadas con los datos reales de la demanda

El valor de la constante de alisado con tendencia, β , se asemeja a la constante α porque un valor elevado de β es más sensible a los cambios recientes de la tendencia. Una β baja da una menor ponderación a las tendencias más próximas, y tiende a alisar la tendencia actual. Los valores de β se pueden calcular por el método de prueba y error, mediante sofisticados programas matemáticos de previsión, utilizando la DAM como medida de comparación.

A menudo se conoce el alisado exponencial simple como *alisado de primer orden*, y el alisado con ajuste de tendencia como *alisado de segundo orden*, o *alisado doble*. Existen otros modelos de alisado exponencial más avanzados que también se utilizan, como el alisado con ajuste estacional y el alisado triple, pero quedan fuera del alcance de este manual³.

Proyecciones de tendencia

El último método de previsión de series temporales que vamos a analizar es el de la **proyección de tendencia**. Esta técnica ajusta una línea de tendencia a una serie de datos históricos, y después proyecta la línea hacia el futuro para realizar previsiones a medio o largo plazo. Se podrían desarrollar diferentes ecuaciones matemáticas de tendencia (por ejemplo, exponencial y cuadrática), pero en esta sección se desarrollarán solamente las tendencias *lineales* (línea recta).

Si se decide elaborar una línea recta de tendencia utilizando un método estadístico preciso, se puede aplicar el *método de los mínimos cuadrados*. El resultado de este enfoque es una línea recta que minimiza la suma de los cuadrados de las distancias verticales o desviaciones de la recta a cada una de las observaciones reales. La Figura 4.4 ilustra el enfoque de mínimos cuadrados.

La recta de mínimos cuadrados queda definida por el punto de corte con el eje de la y (la altura a la que corta al eje vertical) y por su pendiente (el ángulo de la recta). Si se calcula el corte con y y la pendiente, la recta se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = a + bx \quad (4.11)$$

donde \hat{y} (llamada “ y con sombrero”) = valor calculado de la variable a predecir (llamada *variable dependiente*)

a = corte en el eje y

b = pendiente de la recta de regresión (o la velocidad de variación de y con respecto a variaciones dadas en x)

x = variable independiente (en este caso es el *tiempo*)

Los estadísticos han desarrollado ecuaciones que se pueden utilizar para hallar los valores de a y b para cualquier recta de regresión. La pendiente b se calcula mediante la fórmula:

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (4.12)$$

donde b = pendiente de la recta de regresión

Σ = sumatorio

x = valores conocidos de la variable independiente

y = valores conocidos de la variable dependiente

\bar{x} = media de los valores de x

\bar{y} = media de los valores de y

n = número de datos u observaciones

Proyección de tendencia

Es un método de previsión de serie temporal que ajusta una línea de tendencia a una serie de datos históricos, y proyecta a continuación la línea hacia el futuro para realizar previsiones.

³ Para más detalles, véase D. Groebner, P. Shannon, O. Fry y K. Smith, *Business Statistics*, 6.ª edición (Upper Saadle River, NJ: Prentice Hall, 2005).

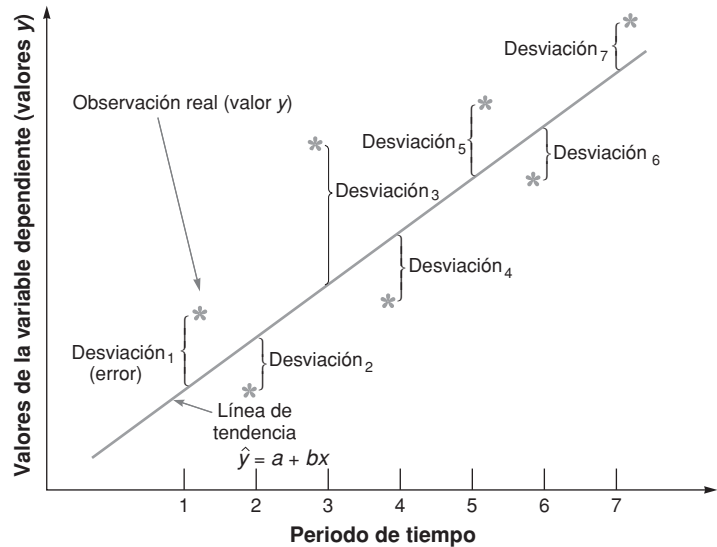


FIGURA 4.4 ■ El método de los mínimos cuadrados para encontrar la mejor recta de ajuste, donde los asteriscos muestran la ubicación de las siete observaciones reales o datos

Se puede calcular la intersección con y de la siguiente forma:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (4.13)$$

El ejemplo 8 muestra cómo aplicar estos conceptos.

EJEMPLO 8



Archivo de datos de Excel OM Ch04Ex8.xls



Active Model 4.4

El Ejemplo 8 se ilustra más en el Active Model 4.4 del CD-ROM.

Previsión con mínimos cuadrados

En la siguiente tabla se muestra la demanda de energía eléctrica en N.Y. Edison para el periodo 1999-2005, en megavatios. Hagamos una previsión de la demanda del año 2006 ajustando una línea recta de tendencia a estos datos.

Año	Demanda de energía eléctrica	Año	Demanda de energía eléctrica
1999	74	2003	105
2000	79	2004	142
2001	80	2005	122
2002	90		

Con series de datos a lo largo del tiempo, se pueden minimizar los cálculos transformando los valores de x (tiempo) en números más sencillos. Así, en este caso, puede designarse a 1999 como año 1, 2000 como año 2, y así sucesivamente.

Año	Periodo de tiempo (x)	Demanda de energía eléctrica (y)	x ²	xy
1999	1	74	1	74
2000	2	79	4	158
2001	3	80	9	240
2002	4	90	16	360
2003	5	105	25	525
2004	6	142	36	852
2005	7	122	49	854
	$\Sigma x = 28$	$\Sigma y = 692$	$\Sigma x^2 = 140$	$\Sigma xy = 3.063$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{28}{7} = 4 \quad \bar{y} = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{692}{7} = 98,86$$

$$b = \frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{3.063 - (7)(4)(98,86)}{140 - (7)(4^2)} = \frac{295}{28} = 10,54$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 98,86 - 10,54(4) = 56,70$$

Así pues, la ecuación de la tendencia por mínimos cuadrados es $\hat{y} = 56,70 + 10,54x$. Para estimar la demanda de 2006, primero denominemos el año 2006 en nuestro nuevo sistema de codificación como $x = 8$:

$$\begin{aligned} \text{Demanda en 2006} &= 56,70 + 10,54(8) \\ &= 141,02 \text{ (o 141) megavatios} \end{aligned}$$

La demanda para 2007 puede estimarse colocando $x = 9$ en la misma ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Demanda en 2007} &= 56,70 + 10,54(9) \\ &= 151,56 \text{ (o 152) megavatios} \end{aligned}$$

Para confirmar la validez del modelo, se representa la demanda histórica y la línea de tendencia en la Figura 4.5. En este caso, se debe ser cuidadoso, e intentar entender la oscilación de la demanda de 2004 a 2005.

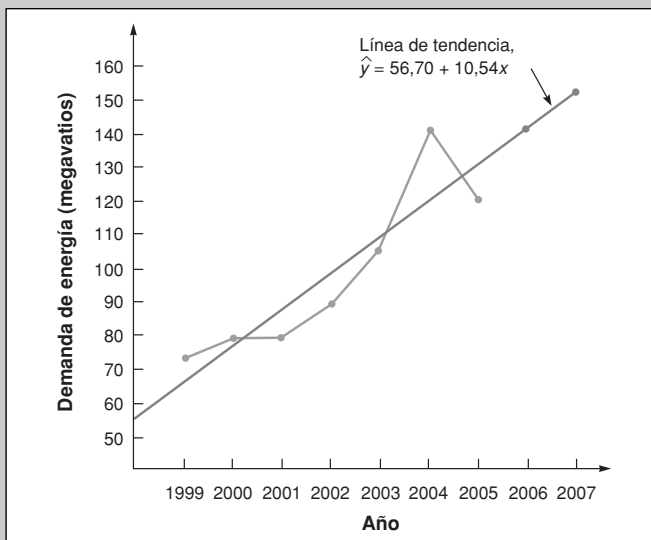


FIGURA 4.5 ■
Energía eléctrica y
recta de tendencia
obtenida

Notas para el uso del método de los mínimos cuadrados Utilizar el método de mínimos cuadrados implica cumplir tres requisitos:

1. Siempre tenemos que representar gráficamente los datos, porque los mínimos cuadrados suponen una disposición de los datos aproximadamente en línea recta. Si la representación da lugar a una curva, probablemente habrá que recurrir a un análisis curvilíneo.
2. No se hacen pronósticos para periodos de tiempo mucho más allá de los correspondientes a nuestros datos. Por ejemplo, si se tiene el valor medio de los precios de las acciones de Microsoft durante 20 meses, sólo se podrá hacer una previsión de futuro de 3 o 4 meses. Cualquier previsión más allá de este periodo tendrá poca validez estadística. Por tanto, no se pueden tomar los valores de los datos de ventas de los 5 últimos años y hacer las proyecciones de futuro para los próximos 10 años. El mundo es demasiado imprevisible.
3. Se supone que las desviaciones alrededor de la recta de mínimos cuadrados (véase la Figura 4.4) son aleatorias, y están normalmente distribuidas, con la mayoría de las observaciones alrededor de la recta, y sólo un pequeño número se aleja de ésta.

Variaciones estacionales en los datos

Variaciones estacionales

Son movimientos regulares ascendentes o descendentes en una serie temporal que están vinculados a eventos periódicos.

Las **variaciones estacionales** en los datos son movimientos regulares ascendentes o descendentes en una serie temporal, vinculados a eventos periódicos, tales como la meteorología o las vacaciones. La demanda de carbón y gasoil, por ejemplo, experimenta aumentos importantes durante los meses fríos del invierno. La demanda de clubes de golf o de loción bronceadora será mayor en verano.

La estacionalidad puede aparecer cada hora, diariamente, semanalmente, mensualmente o con cualquier otra periodicidad. Los restaurantes de comida rápida experimentan *diariamente* oleadas de gente a mediodía y a partir de las 8 de la tarde. Las salas de cine tienen más demanda las tardes de los viernes y de los sábados. Las oficinas de correos, Toys“Я” Us, The Christmas Store y Hallmark Card Shops también experimentan variaciones estacionales en la afluencia de clientes y en las ventas.

Análogamente, es importante tener en cuenta las variaciones estacionales para la planificación de la capacidad en organizaciones cuya demanda presenta picos. Aquí se incluyen empresas de suministro eléctrico durante los periodos de extremo frío y calor, los bancos los viernes por la tarde, y los autobuses y el metro durante las horas punta de la mañana y la tarde.

La previsión de series temporales, como la del Ejemplo 8, incluye examinar la tendencia de los datos a lo largo de una serie de periodos de tiempo. La presencia de estacionalidad hace que sean necesarios ajustes en la línea de tendencia de la previsión. La estacionalidad se expresa en términos de la cantidad en la que difieren los valores reales de los valores medios de la serie temporal. Normalmente, el análisis de los datos en términos mensuales o trimestrales facilita al estadístico el reconocimiento de patrones estacionales. Los índices de estacionalidad se pueden obtener entonces por diferentes métodos.

En el conocido como *modelo estacional multiplicativo*, los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda media para producir una previsión estacionalizada. Nuestra hipótesis en esta sección es que la tendencia ha sido eliminada de los datos. De lo contrario, la magnitud de los datos estacionales quedaría distorsionada por la tendencia.

La demanda de muchos productos es estacional. Kawasaki, el fabricante de motos de agua y de nieve, fabrica estos productos con demandas complementarias para contrarrestar las fluctuaciones estacionales.

A continuación, se indican los pasos que seguirá una empresa que experimenta “estaciones” de un mes:

1. Calcular la *demanda histórica media de cada estación* (de cada mes en este caso) sumando la demanda de ese mes cada año y dividiéndola entre el número de años de datos disponibles. Por ejemplo, si en enero se han tenido ventas de 8, 6 y 10 a lo largo de los tres años pasados, la demanda media de enero será igual a $(8 + 6 + 10)/3 = 8$ unidades.
2. Calcular la *demanda media de todos los meses* dividiendo la demanda media anual total entre el número de estaciones. Por ejemplo, si la demanda media total para un año es de 120 unidades y hay 12 estaciones (cada mes), la demanda media mensual es $120/12 = 10$ unidades.
3. Calcular un *índice de estacionalidad* para cada estación dividiendo la demanda histórica real de ese mes (calculado en el paso 1) entre la demanda media de todos los meses (calculado en el paso 2). Por ejemplo, si la demanda histórica media de enero en los tres últimos años es de 8 unidades, y la demanda media de todos los meses es de 10 unidades, el índice de estacionalidad para enero es $8/10 = 0,80$. Asimismo, un índice de estacionalidad de 1,20 para febrero significaría que la demanda de febrero es un 20% más grande que la demanda media de todos los meses.
4. Estimar la demanda anual total del año próximo.
5. Dividir esta estimación de la demanda anual total entre el número de estaciones y multiplicarla por el índice de estacionalidad de un mes determinado. Esto proporciona la *previsión estacionalizada de ese mes, que es lo que buscamos*.

Al tener en cuenta las variaciones estacionales en sus ventas, John Deere fue capaz de obtener el 70% de sus pedidos por adelantado, antes de su utilización estacional (a través de reducciones de los precios e incentivos del tipo de no cobrar intereses), y así pudo alisar la producción.

El Ejemplo 9 ilustra este procedimiento cuando calcula los factores de estacionalidad a partir de datos históricos.

En la tabla siguiente se muestran las ventas mensuales de portátiles de IBM en un distribuidor de Des Moines durante el periodo 2003-2005.

EJEMPLO 9

Mes	Demanda de ventas			Demanda media 2003-2005	Demanda mensual media*	Índice de estacionalidad†
	2003	2004	2005			
Enero	80	85	105	90	94	0,957
Febrero	70	85	85	80	94	0,851
Marzo	80	93	82	85	94	0,904
Abril	90	95	115	100	94	1,064
Mayo	113	125	131	123	94	1,309
Junio	110	115	120	115	94	1,223
Julio	100	102	113	105	94	1,117
Agosto	88	102	110	100	94	1,064
Septiembre	85	90	95	90	94	0,957
Octubre	77	78	85	80	94	0,851
Noviembre	75	82	83	80	94	0,851
Diciembre	82	78	80	80	94	0,851

Demanda anual media total = 1,128

$$* \text{Demanda media mensual} = \frac{1.128}{12 \text{ meses}} = 94$$

$$† \text{Índice estacional} = \frac{\text{demanda mensual media 2003-2005}}{\text{demanda mensual media}}$$

Utilizando estos índices de estacionalidad, si esperamos que la demanda anual de computadores para el año 2000 sea de 1.200 unidades, preveríamos la demanda mensual de la siguiente forma:

Mes	Demanda	Mes	Demanda
Enero	$\frac{1.200}{12} \times 0,957 = 96$	Julio	$\frac{1.200}{12} \times 1,117 = 112$
Febrero	$\frac{1.200}{12} \times 0,851 = 85$	Agosto	$\frac{1.200}{12} \times 1,064 = 106$
Marzo	$\frac{1.200}{12} \times 0,904 = 90$	Septiembre	$\frac{1.200}{12} \times 0,957 = 96$
Abril	$\frac{1.200}{12} \times 1,064 = 106$	Octubre	$\frac{1.200}{12} \times 0,851 = 85$
Mayo	$\frac{1.200}{12} \times 1,309 = 131$	Noviembre	$\frac{1.200}{12} \times 0,851 = 85$
Junio	$\frac{1.200}{12} \times 1,223 = 122$	Diciembre	$\frac{1.200}{12} \times 0,851 = 85$

Para simplificar, en el ejemplo anterior sólo se han utilizado tres periodos (años) para obtener cada índice mensual. El Ejemplo 10, muestra cómo se pueden utilizar índices que ya se han calculado previamente para ajustar con estacionalidad las previsiones dadas por una línea de tendencia.

EJEMPLO 10

Un hospital de San Diego utilizó 66 meses sobre días de paciente hospitalizado para formular la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = 8.090 + 21,5x$$

donde

$$\begin{aligned} \hat{y} &= \text{días de paciente hospitalizado} \\ x &= \text{tiempo, en meses} \end{aligned}$$

A partir de este modelo, que sólo refleja datos de tendencia, el hospital predice los días de paciente hospitalizado del siguiente mes (periodo 67) de la siguiente manera:

$$\text{Días de paciente hospitalizado} = 8.090 + (21,5)(67) = 9.530 \text{ (sólo tendencia)}$$

Aunque este modelo, tal y como se representa en la Figura 4.6, refleja la línea de tendencia al alza de demanda para los servicios de hospitalización, ignora la estacionalidad que la dirección del hospital sabe que existe.

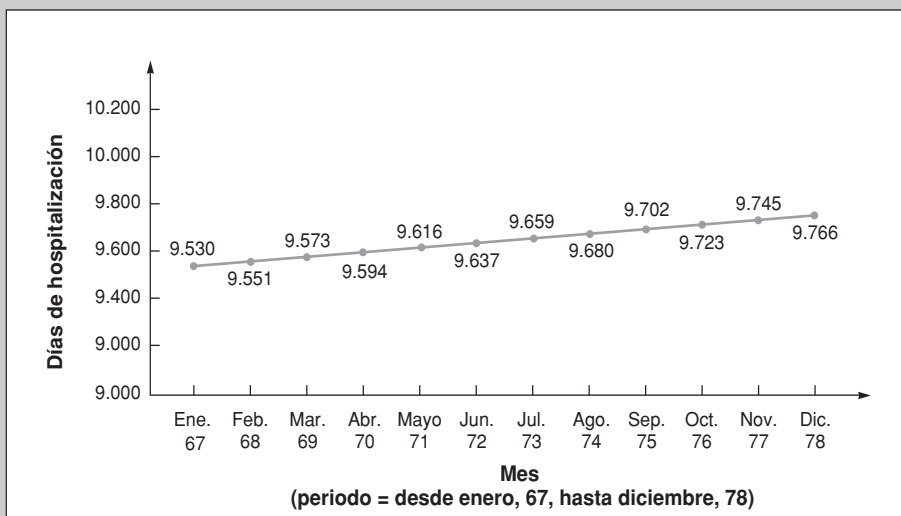


FIGURA 4.6 ■ Datos de tendencias en el Hospital de San Diego

Fuente: De "Modern Methods Improve Hospital Forecasting", W. E. Sterk y E. G. Shryock, *Healthcare Financial Management*, marzo de 1987, p. 97. Reproducido con autorización de Healthcare Financial Management Association.

La siguiente tabla proporciona índices de estacionalidad basados en los mismos 66 meses. Por cierto, se concluyó que dichos datos estacionales eran típicos de los hospitales de todo el país.

Índices de estacionalidad para los días de paciente hospitalizado en el Hospital de San Diego

Mes	Índice de estacionalidad	Mes	Índice de estacionalidad
Enero	1,04	Julio	1,03
Febrero	0,97	Agosto	1,04
Marzo	1,02	Septiembre	0,97
Abril	1,01	Octubre	1,00
Mayo	0,99	Noviembre	0,96
Junio	0,99	Diciembre	0,98

Estos índices de estacionalidad se representan en la Figura 4.7. Cabe mencionar que enero, marzo, julio y agosto parecen mostrar notoriamente más días de paciente hospitalizado que la media, mientras que en febrero, septiembre, noviembre y diciembre tenemos menos días de hospitalización.

Sin embargo, ni los datos de la tendencia ni los datos estacionales proporcionan, por sí solos, una previsión razonable para el hospital. Sólo se obtuvieron buenas previsiones cuando el hospital multiplicó los datos ajustados a la tendencia por los índices de estacionalidad adecuados. Así, para el periodo 67 (enero):

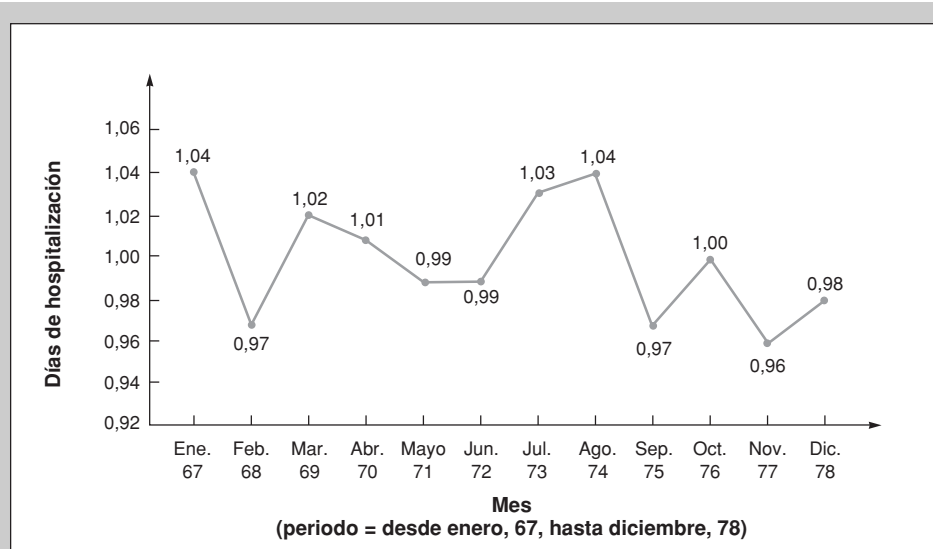


FIGURA 4.7 ■ Índice de estacionalidad para el Hospital de San Diego

Días de paciente hospitalizado = (previsión ajustada de la tendencia)

(índice de estacionalidad mensual) = (9.530)(1,04) = 9.911

Los días de paciente hospitalizado de cada mes son:

Periodo	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Mes	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Previsión con tendencia y estacionalidad	9.911	9.265	9.764	9.691	9.520	9.542	9.949	10.068	9.411	9.724	9.355	9.572

En la Figura 4.8 se muestra un gráfico que representa la previsión utilizando tanto la tendencia como la estacionalidad.

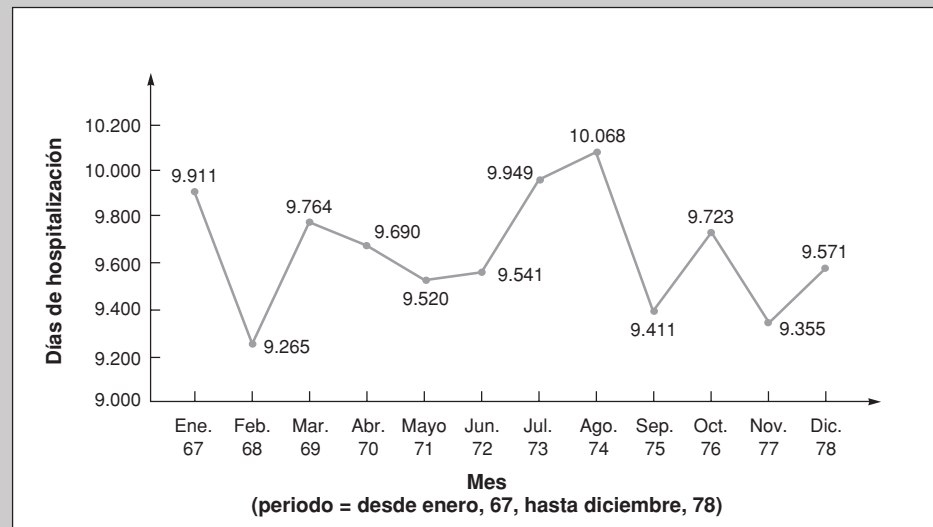


FIGURA 4.8 ■ Previsión con combinación de tendencia y estacionalidad

Observe que, sólo con la tendencia, la previsión para septiembre es de 9.702, pero utilizando ambos, la tendencia y ajustes estacionales, la previsión es de 9.411. Así pues, sólo cuando el hospital utilizó los datos combinados de tendencia y estacionalidad, pudo hacer una mejor previsión de los días de paciente hospitalizado y de todo lo relacionado con personal de plantilla y presupuestos, temas vitales para un funcionamiento eficaz.

El Ejemplo 11 muestra la estacionalidad para los datos trimestrales en unos grandes almacenes.

La dirección de los grandes almacenes Davis ha utilizado regresión de series temporales para predecir las ventas al por menor para los próximos 4 trimestres. Las ventas estimadas son de 100.000, 120.000, 140.000 y 160.000 dólares para los respectivos trimestres. Se han calculado los índices de estacionalidad para los 4 trimestres y son 1,30, 0,90, 0,70 y 1,15, respectivamente.

Para calcular la previsión de ventas estacionalizada o ajustada, simplemente se multiplicará cada índice de estacionalidad por la previsión correspondiente de la tendencia:

$$\hat{y}_{\text{estacional}} = \text{Índice} \times \hat{y}_{\text{previsión de la tendencia}}$$

Así, para:

$$\text{Trimestre I: } \hat{y}_{\text{I}} = (1,30)(100.000\$) = 130.000\$$$

$$\text{Trimestre II: } \hat{y}_{\text{II}} = (0,90)(120.000\$) = 108.000\$$$

$$\text{Trimestre III: } \hat{y}_{\text{III}} = (0,70)(140.000\$) = 98.000\$$$

$$\text{Trimestre IV: } \hat{y}_{\text{IV}} = (1,15)(160.000\$) = 184.000\$$$

EJEMPLO 11

Variaciones cíclicas en los datos

Los **ciclos** son como las variaciones estacionales de los datos, pero que se producen cada varios años (no semanas, meses o trimestres). Es difícil preverlas a partir de una serie temporal de datos, puesto que resulta muy difícil predecir los puntos de inflexión que indican que está empezando un nuevo ciclo.

El mejor camino para predecir los ciclos económicos es encontrar una *variable líder* con la que parezca que la serie de datos tiene correlación. Por ejemplo, la tasa de natalidad “líder” las matriculaciones en la universidad durante casi 18 años. Cuando el Ohio Board of Regents estudia los ciclos de matriculación a largo plazo en las 70 escuelas universitarias públicas en ese Estado, una buena predicción de las oscilaciones en el número de matriculaciones son las variaciones en los nacimientos 18 años antes. Asimismo, los permisos para la edificación de casas son una excelente variable conductora para otras variables relacionadas, como la venta de frigoríficos, los servicios de jardinería y la matriculación en las escuelas.

El próximo tema a tratar será el desarrollo de técnicas causales o asociativas de variables que ejercen influencia unas sobre otras.

Ciclos

Son patrones de los datos que se producen cada varios años.

MÉTODOS DE PREVISIÓN CAUSAL: ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN

A diferencia de la previsión de series temporales, los modelos de previsión causal o asociativa suelen tener en cuenta distintas variables que están relacionadas con la cantidad que se va a predecir. Una vez que se han identificado estas variables relacionadas entre sí, se construye un modelo estadístico que se utilizará para hacer la previsión de la variable que nos interesa. Este enfoque es más potente que el de las series temporales, que únicamente utiliza los valores históricos de la variable a predecir.

En el análisis causal hay que tener en cuenta muchos factores. Por ejemplo, las ventas de PC de Dell podrían relacionarse con el presupuesto de publicidad de Dell, los precios de la empresa, los precios de los competidores y sus estrategias de promoción, o incluso con la economía nacional y la tasa de desempleo. En este caso, las ventas de PC serían la *variable dependiente* y las otras variables se denominarían *variables independientes*. El trabajo del directivo consiste en desarrollar la *mejor relación estadística entre las ventas de PC y las variables independientes*. El modelo cuantitativo de previsión causal más común es el **análisis de regresión lineal**.

Análisis de regresión lineal

Es un modelo matemático que utiliza una línea recta para describir las relaciones funcionales entre las variables dependientes e independientes.

Utilización del análisis de regresión para realizar previsiones

Para llevar a cabo un análisis de regresión lineal puede utilizarse el mismo modelo matemático empleando en el método de los mínimos cuadrados de proyección de tendencia. La variable dependiente que se quiere prever continuará siendo \hat{y} . Pero ahora la variable independiente, x , no tiene por qué seguir siendo el tiempo. Se utilizará la ecuación

$$\hat{y} = a + bx$$

donde \hat{y} = valor de la variable dependiente (ventas en este caso)

a = corte con el eje y

b = pendiente de la recta de regresión

x = variable independiente

El Ejemplo 12 muestra cómo se utiliza la regresión lineal.

EJEMPLO 12



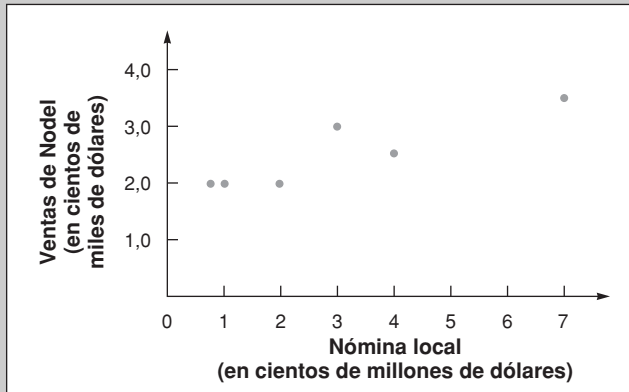
Archivo de datos de Excel OM Ch04Ex12.xls

Cálculo de la ecuación de regresión lineal

La constructora Nodel rehabilita casas antiguas en West Bloomfield, Michigan. Con el paso del tiempo, la compañía ha descubierto que su volumen de obras de rehabilitación depende de los salarios del área de West Bloomfield. La siguiente tabla es un listado de los ingresos de la constructora Nodel y de la cantidad de dinero que cobran los asalariados en West Bloomfield durante los seis años pasados.

Ventas de Nodel (en cientos de miles de dólares), y	Nómina local (en cientos de millones de dólares), x	Ventas de Nodel (en cientos de miles de dólares), y	Nómina local (en cientos de millones de dólares), x
2,0	1	2,0	2
3,0	3	2,0	1
2,5	4	3,5	7

La dirección de Nodel quiere establecer una relación matemática que le ayude a predecir las ventas. En primer lugar, tiene que determinar si existe una relación directa (lineal) entre los salarios locales y las ventas; para ello, se dibujan los datos conocidos en un diagrama de dispersión.



A partir de los seis puntos, se observa una leve relación de carácter positivo entre la variable independiente (salarios) y la variable dependiente (ventas): a medida que los salarios aumentan, las ventas de Nodel tienden a ser mayores.

Puede hallarse una ecuación matemática utilizando la regresión de mínimos cuadrados.

Ventas, y	Salarios, x	x^2	xy
2,0	1	1	2,0
3,0	3	9	9,0
2,5	4	16	10,0
2,0	2	4	4,0
2,0	1	1	2,0
3,5	7	49	24,5
$\Sigma y = 15,0$	$\Sigma x = 18$	$\Sigma x^2 = 80$	$\Sigma xy = 51,5$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{6} = \frac{18}{6} = 3$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y}{6} = \frac{15}{6} = 2,5$$

$$b = \frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{51,5 - (6)(3)(2,5)}{80 - (6)(3^2)} = 0,25$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 2,5 - (0,25)(3) = 1,75$$

Por tanto, la ecuación de regresión estimada es:

$$\hat{y} = 1,75 + 0,25x$$

o

$$\text{Ventas} = 1,75 + 0,25 (\text{salarios})$$

Las cadenas de montaje de la empresa Pinturas Glidden rellenan miles de latas por hora. Para predecir la demanda de sus productos, la empresa utiliza métodos de previsión causal tales como la regresión lineal, con variables independientes como la renta disponible por persona y el PNB. Aunque la edificación de nuevas viviendas sería una variable natural, Glidden descubrió que estaba muy poco relacionada con las ventas anteriores. Resulta que la mayoría de la pintura Glidden se vende a través de comerciantes a clientes que ya poseen casas o negocios.

Error estándar de estimación

Es una medida de la variabilidad alrededor de la línea de regresión (su desviación estándar).

Si la cámara de comercio local predice que para el año próximo los salarios en el área de West Bloomfield serán de 600 millones de dólares, pueden estimarse las ventas en Nodel recurriendo a la ecuación de regresión:

$$\begin{aligned} \text{Ventas (en cientos de miles de dólares)} &= 1,75 + 0,25(6) \\ &= 1,75 + 1,50 = 3,25 \end{aligned}$$

o

$$\text{Ventas} = 325.000\$$$

La parte final del Ejemplo 12 muestra una debilidad básica de los métodos de previsión causal del tipo de la regresión. Incluso cuando se ha calculado una ecuación de regresión, es necesario suministrar una previsión de la variable independiente x (en este caso, salarios), antes de estimar el valor de la variable dependiente y para el próximo periodo. Aunque esto no supone un problema para todas las previsiones, podemos imaginar la dificultad de calcular los valores futuros de *algunas* variables dependientes habituales (como tasas de desempleo, producto nacional bruto, índices de precios, y demás).

Error estándar de la estimación

La previsión de unas ventas de 325.000 dólares para Nodel en el Ejemplo 12 se denomina *estimación puntual de y* . Realmente, la estimación puntual es la media, o *valor esperado*, de una distribución de posibles valores de las ventas. La Figura 4.9 ilustra este concepto.

Para medir la exactitud de las estimaciones de la regresión, es necesario calcular el **error estándar de estimación**, S_{yx} . Este error se conoce como la *desviación estándar de la regresión*: mide el error desde la variable dependiente, y , hasta la línea de regresión, en lugar de hasta la media. La Ecuación (4.14) es una expresión similar a la encontrada en la

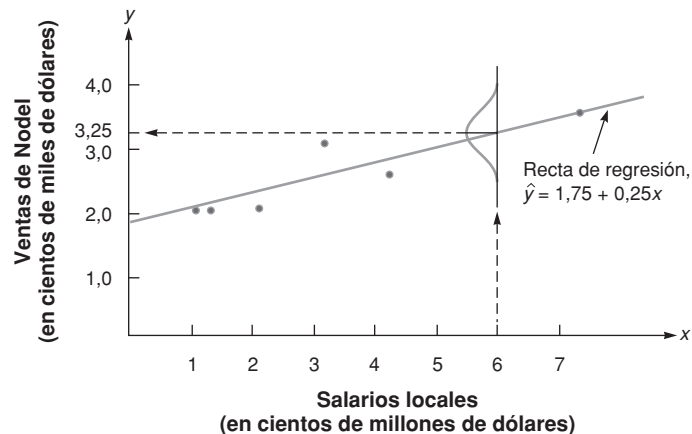


FIGURA 4.9 ■ Distribución de la estimación puntual de ventas para unos salarios de 600 millones de dólares

mayoría de los libros de estadística para el cálculo de la desviación estándar de una media aritmética.

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum(y - y_c)^2}{n - 2}} \quad (4.14)$$

donde y = valor de y para cada dato
 y_c = valor de la variable dependiente, calculado a partir
 de la ecuación de regresión
 n = número de datos

La Ecuación (4.15) puede parecer más compleja, pero en realidad es una versión de la Ecuación (4.14) más fácil de utilizar. Ambas fórmulas proporcionan la misma respuesta, y pueden utilizarse para fijar los intervalos de predicción alrededor de la estimación puntual⁴.

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - a\sum y - b\sum xy}{n - 2}} \quad (4.15)$$

El Ejemplo 13 muestra cómo se calcularía el error estándar de estimación del Ejemplo 12.

Para calcular el error estándar de estimación para los datos de Nodel en el Ejemplo 12, el único valor del que no disponemos para calcular $S_{y,x}$ es $\sum y^2$. Haciendo una rápida suma encontramos que $\sum y^2 = 39,5$. Entonces:

$$\begin{aligned} S_{y,x} &= \sqrt{\frac{\sum y^2 - a\sum y - b\sum xy}{n - 2}} \\ &= \sqrt{\frac{39,5 - 1,75(15,0) - 0,25(51,5)}{6 - 2}} \\ &= \sqrt{0,09375} = 0,306 \text{ (en cientos de miles de dólares)} \end{aligned}$$

El error estándar de la estimación es, por tanto, de 30.600\$ en ventas.

EJEMPLO 13

Coefficientes de correlación para las rectas de regresión

La ecuación de regresión es una forma de expresar la naturaleza de la relación entre dos variables. Las rectas de regresión no son relaciones “causa-efecto”. Simplemente, describen la relación entre las variables. La ecuación de regresión muestra cómo está relacionada una variable con los valores y cambios de otra variable.

Otra forma de evaluar la relación entre dos variables es calcular el **coeficiente de correlación**. Esta medida expresa el grado o intensidad de la relación lineal. Identificado normalmente como r , el coeficiente de correlación puede ser cualquier número entre $+1$ y -1 . La Figura 4.10 indica los diferentes tipos de valores que puede tomar r .

Coefficiente de correlación

Es una medida de la intensidad de la relación entre dos variables.

⁴ Cuando el tamaño de la muestra sea grande ($n > 30$), el intervalo de predicción de y puede calcularse utilizando las tablas normales. Cuando el número de observaciones sea reducido, se usa la distribución- t . Véase D. Groebner, et al., *Business Statistics*, 6.ª ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2005).

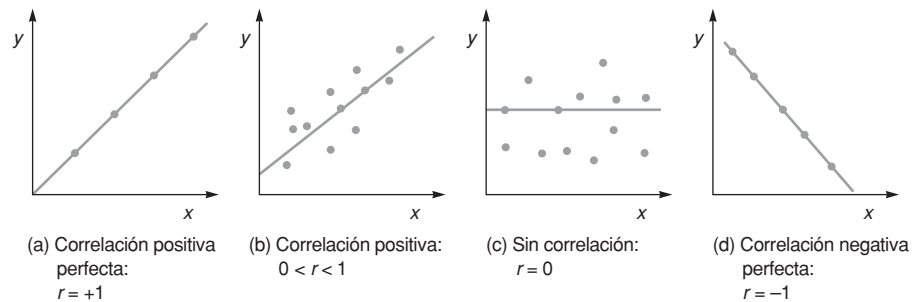


FIGURA 4.10 ■ Cuatro valores del coeficiente de correlación

Para calcular r se utilizan muchos de los datos requeridos anteriormente para el cálculo de a y b en la recta de regresión. La fórmula, bastante extensa, para hallar r es:

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (4.16)$$

El Ejemplo 14 muestra cómo calcular el coeficiente de correlación de los datos de los Ejemplos 12 y 13.

EJEMPLO 14

Cálculo del coeficiente de correlación

En el Ejemplo 12 se estudió la relación entre las ventas por obras de rehabilitación de la empresa constructora Nodel y los salarios en la ciudad de West Bloomfield, en la que tiene establecida su sede. Para calcular el coeficiente de correlación de los datos mostrados, simplemente se necesita añadir una columna más de cálculos (para y^2), y entonces aplicar la ecuación de r :

y	x	x^2	xy	y^2
2,0	1	1	2,0	4,0
3,0	3	9	9,0	9,0
2,5	4	16	10,0	6,25
2,0	2	4	4,0	4,0
2,0	1	1	2,0	4,0
3,5	7	49	24,5	12,25
$\Sigma y = 15,0$	$\Sigma x = 18$	$\Sigma x^2 = 80$	$\Sigma xy = 51,5$	$\Sigma y^2 = 39,5$

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{(6)(51,5) - (18)(15,0)}{\sqrt{[(6)(80) - (18)^2][(6)(39,5) - (15,0)^2]}} \\
 &= \frac{309 - 270}{\sqrt{(156)(12)}} = \frac{39}{\sqrt{1.872}} \\
 &= \frac{39}{43,3} = 0,901
 \end{aligned}$$

Este valor de r de 0,901 indica una correlación significativa y ayuda a confirmar la estrecha relación entre las dos variables.

Un valor alto de r no siempre significa que una variable permita predecir bien el comportamiento de otra. Las longitudes de las faldas y las cotizaciones de la Bolsa pueden estar correlacionadas, pero el hecho de que una variable suba, no quiere decir que la otra subirá también.

Aunque el coeficiente de correlación es la medida más comúnmente utilizada para describir la relación entre dos variables, existe otra medida. Es el llamado **coeficiente de determinación**, y es sencillamente el cuadrado del coeficiente de correlación, es decir, r^2 . El valor de r^2 siempre será un número positivo dentro del intervalo $0 \leq r^2 \leq 1$. El coeficiente de determinación es el porcentaje de variación de la variable dependiente (y), que se explica mediante la ecuación de regresión. En el caso de la constructora Nodel, el valor de r^2 es 0,81, que indica que el 81% de la variación total se explica a través de la ecuación de regresión.

Coeficiente de determinación

Es una medida de la cantidad de variación en la variable dependiente respecto a su media que se explica mediante la ecuación de regresión.

Análisis de regresión múltiple

La **regresión múltiple** es una ampliación práctica del modelo de regresión simple que acabamos de ver. Permite construir un modelo con varias variables independientes en lugar de una sola variable. Por ejemplo, si la constructora Nodel quisiera incluir en su modelo la media anual de los tipos de interés para prever sus ventas de rehabilitaciones, la ecuación adecuada sería

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (4.17)$$

donde \hat{y} = variable dependiente, ventas
 a = una constante
 x_1 y x_2 = valores de las dos variables independientes, salarios locales y tipos de interés, respectivamente
 b_1 y b_2 = coeficientes para las dos variables independientes

Regresión múltiple

Un método de previsión causal con más de una variable independiente.

El desarrollo matemático necesario en la regresión múltiple es bastante complejo (y normalmente se realiza con computadoras); por ello, no presentaremos las fórmulas de a , b_1 y b_2 , remitiendo a los interesados a libros de estadística. De todas formas, en el Ejemplo 15 se muestra la manera de interpretar la Ecuación (4.17) en la previsión de las ventas de Nodel.

Aplicación de un modelo de regresión múltiple

La nueva recta de regresión múltiple para la constructora Nodel, calculada utilizando un programa informático, es:

$$\hat{y} = 1,80 + 0,30x_1 - 5,0x_2$$

Se ha calculado también que el nuevo coeficiente de correlación es 0,96, lo que significa que la inclusión de la variable x_2 (los tipos de interés) añade incluso más fuerza a la relación lineal.

Además, se pueden estimar las ventas de Nodel si se sustituyen los valores de los salarios del próximo año y el tipo de interés. Si los salarios de West Bloomfield fueran de 600 millones de dólares y el tipo de interés fuera del 0,12 (12%), la previsión de las ventas sería:

$$\begin{aligned} \text{Ventas (cientos de miles de dólares)} &= 1,80 + 0,30(6) - 5,0(0,12) \\ &= 1,8 + 1,8 - 0,6 \\ &= 3,00 \end{aligned}$$

o

$$\text{Ventas} = 300.000\$$$

EJEMPLO 15

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

PREVISIÓN DE LAS NECESIDADES DE PERSONAL EN TRANSALTA UTILITIES CON EL MÉTODO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

TransAlta Utilities (TAU) es una compañía eléctrica con una facturación de 1.600 millones de dólares que tiene actividades en Canadá, Nueva Zelanda, Australia, Argentina y Estados Unidos. Con sede en Alberta, Canadá, TAU es la empresa canadiense más grande de las que cotizan en Bolsa. Da servicio a 340.000 consumidores en Alberta mediante 57 centros de servicio al cliente, cada uno con entre 5 y 20 técnicos de servicio al cliente. Los 270 puestos de atención al cliente se ocupan de resolver cuestiones relativas a las nuevas conexiones, reparaciones, supervisión del tendido eléctrico y comprobación de las subestaciones. Este sistema actual no ha surgido de una planificación central óptima, sino que se ha ido creando poco a poco a medida que iba creciendo la empresa.

Con ayuda de la Universidad de Alberta, TAU ha desarrollado un modelo causal para decidir cuántos técnicos de servicio al cliente deben asignarse a cada cen-

tro. El equipo de investigación ha decidido crear un modelo de regresión múltiple con tres variables independientes. La parte más difícil de la tarea consistió en elegir variables fáciles de cuantificar con los datos disponibles. Al final, las variables explicativas fueron el número de consumidores urbanos, el número de consumidores rurales, y el tamaño geográfico de la zona a atender. El modelo supone que el tiempo dedicado a los consumidores es proporcional al número de consumidores y que el tiempo empleado en las instalaciones (supervisión del tendido eléctrico y de las subestaciones) y viajes es proporcional a la extensión de la región a atender. Por definición, el tiempo "sin explicar" es el tiempo que no queda explicado por las tres variables anteriores (por ejemplo, tiempo empleado en reuniones, descansos y tiempo improductivo).

Los resultados del modelo no sólo complacieron a los directivos de TAU sino que el ahorro de costes del proyecto (que incluía optimizar el número de centros y sus localizaciones) asciende a 4 millones de dólares anuales.

Fuente: E. Erkut, T. Myroon y K. Stranway, "TransAlta Redesigns its Service-Delivery Network", *Interfaces* (marzo-abril, 2000), 54-69.

SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LAS PREVISIONES

Una vez realizada una previsión, no deberíamos olvidarnos de ella. Ningún director quiere que le recuerden que su previsión es terriblemente imprecisa, pero una empresa necesita determinar el motivo por el que la demanda real (o cualquier variable que se analice) difiere significativamente de la prevista. Por el contrario, si la previsión es exacta, normalmente el directivo se asegurará de que todo el mundo se entere de su talento. Sin embargo, raramente uno lee artículos en *Fortune*, *Forbes* o *The Wall Street Journal* sobre directores financieros cuyas previsiones sobre el mercado de valores se alejan sistemáticamente en un 25% de la realidad.

Una forma de efectuar el seguimiento de las previsiones para asegurarse de que se aproximan a la realidad es utilizar una **señal de seguimiento**. Una señal de seguimiento es una medida del grado de acierto con que la previsión está prediciendo los valores reales. Puesto que las previsiones se actualizan cada semana, mes o trimestre, se comparan los nuevos datos disponibles sobre la demanda con los valores de la previsión.

Señal de seguimiento

Es una medida del grado de acierto con que la previsión está prediciendo los valores reales.

La señal de seguimiento se calcula como la *suma continua de los errores de previsión* (SCEP) dividida por la *desviación absoluta media* (DAM):

$$\left(\begin{array}{c} \text{Señal} \\ \text{de} \\ \text{seguimiento} \end{array} \right) = \frac{\text{SAEP}}{\text{DAM}} \quad (4.18)$$

$$= \frac{\sum (\text{demanda real del periodo } i - \text{demanda prevista del periodo } i)}{\text{DAM}}$$

donde

$$\text{DAM} = \frac{\sum |\text{errores en la previsión}|}{n}$$

como ya se vio anteriormente en la Ecuación (4.5).

Las señales de seguimiento *positivas* indican que la demanda es *superior* a la previsión. Las señales *negativas* significan que la demanda es *inferior* a la previsión. Una buena señal de seguimiento, esto es, con una SCEP baja, tiene aproximadamente tanto error positivo como error negativo. En otras palabras, las pequeñas desviaciones son aceptables, siempre que las positivas y las negativas se equilibren, para que la señal de seguimiento se sitúe muy próxima a cero. Una tendencia constante de las previsiones a ser superiores o inferiores a los valores reales (esto es, una SCEP alta) se denomina error de **sesgo**. El sesgo puede ocurrir si, por ejemplo, se utilizan variables o líneas de tendencia erróneas, o si se aplica mal un índice de estacionalidad.

Una vez calculadas las señales de seguimiento, se comparan con límites de control predeterminados. Cuando una señal de seguimiento supera el límite superior o inferior, existe un problema con el método de previsión y la dirección debería revisar la forma de hacer la previsión de la demanda. En la Figura 4.11 se muestra el gráfico de una señal de seguimiento que supera el intervalo de variación aceptable. Si el modelo que se está utilizando es el alisado exponencial, es posible que haya que reajustar la constante de alisado.

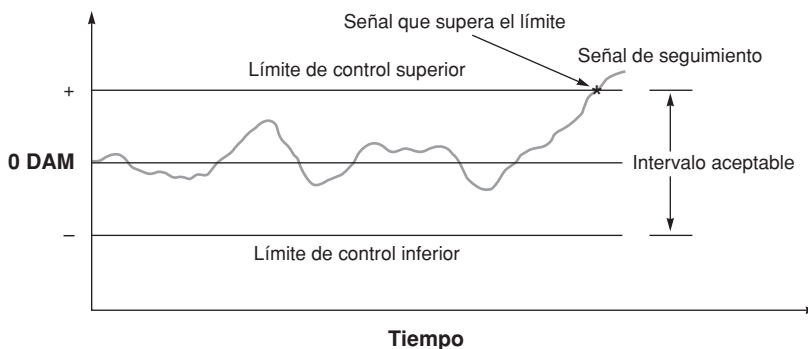


FIGURA 4.11 ■ Representación gráfica de una señal de seguimiento

Unas cuantas previsiones famosas no muy precisas:

"Creo que hay un mercado mundial para aproximadamente cinco computadoras".

Thomas Watson,
presidente de IBM, 1943

"640.000 bytes de memoria deben ser suficientes para cualquiera".

Bill Gates, 1981

"Internet fracasará catastróficamente en 1996".

Robert Metcalfe,
inventor de Internet

Sesgo

Una previsión que es sistemáticamente superior o sistemáticamente inferior a los valores reales de una serie temporal.

¿Cómo deciden las empresas cuáles deben ser los límites de seguimiento superior e inferior? No existe una respuesta sencilla, pero se trata de hallar valores razonables, o, lo que es lo mismo, límites no tan pequeños como para ser superados con cada pequeño error de la previsión, y no tan grandes como para permitir que se pasen por alto de forma habitual las malas previsiones. George Plossl y Oliver Wight, dos expertos en el control del inventarios, sugirieron utilizar máximos de ± 4 DAM para productos con gran volumen de existencias y ± 8 DAM para productos con un volumen reducido⁵. Otros especialistas en previsiones sugieren márgenes ligeramente inferiores. Un DAM equivale aproximadamente a 0,8 desviaciones estándar, por lo que ± 2 DAM = $\pm 1,6$ desviaciones estándar, ± 3 DAM = $\pm 2,4$ desviaciones estándar, y ± 4 DAM = $\pm 3,2$ desviaciones estándar. Este hecho sugiere que para que una previsión esté “bajo control”, se espera que el 89% de los errores caigan dentro de ± 2 DAM, el 98% dentro de ± 3 DAM o que el 99% esté dentro de ± 4 DAM⁶.

El Ejemplo 16 muestra la manera de calcular una señal de seguimiento y una SCEP.

EJEMPLO 16

Cálculo de la señal de seguimiento

A continuación, se muestran las ventas trimestrales de cruasanes (en miles) de Rick Carlson Bakery, así como las previsiones de la demanda y los cálculos del error. El objetivo es calcular la señal de seguimiento y determinar si las previsiones se están realizando correctamente.

Trimestre	Demanda real	Demanda prevista	Error	SCEP	Error de previsión absoluto	Error de previsión absoluto acumulado	DAM	Señal de seguimiento (SCEP/DAM)
1	90	100	-10	-10	10	10	10,0	-10/10 = -1
2	95	100	-5	-15	5	15	7,5	-15/7,5 = -2
3	115	100	+15	0	15	30	10,0	0/10 = 0
4	100	110	-10	-10	10	40	10,0	-10/10 = -1
5	125	110	+15	+5	15	55	11,0	+5/11 = +0,5
6	140	110	+30	+35	30	85	14,2	+35/14,2 = +2,5

$$\text{Al final del 6.º trimestre, DAM} = \frac{\sum |\text{errores de previsión}|}{n} = \frac{85}{6} = 14,2$$

$$\text{y señal de seguimiento} = \frac{\text{SCEP}}{\text{DAM}} = \frac{35}{14,2} = 2,5 \text{ DAM}$$

Esta señal de seguimiento está dentro de los límites aceptables. Se ve que fluctúa entre -2,0 DAM y +2,5 DAM.

⁵ Véase G. W. Plossl y O. W. Wight, *Production and Inventory Control* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1967).

⁶ Para comprobar estos valores, simplemente se debe disponer una curva normal con $\pm 1,6$ desviaciones estándar (valores z). Utilizando la tabla normal del Apéndice I, se observa que el área por debajo de la curva es de 0,89. Esto representa ± 2 DAM. De la misma forma, ± 3 DAM = $\pm 2,4$ desviaciones estándar comprenden el 98% del área; y lo mismo se haría para ± 4 DAM.

Alisado adaptativo

La previsión adaptable se refiere al seguimiento informático de las señales de seguimiento y ajuste automático cuando una señal sobrepasa un límite prefijado. Por ejemplo, cuando se aplica al alisado exponencial, al principio se seleccionan los coeficientes α y β en función de valores que minimizan los errores de previsión, y después se ajustan siempre que el programa informático identifique una señal de seguimiento fuera del límite. Este proceso se conoce como **alisado adaptativo**.

alisado adaptable

Un enfoque de la previsión por alisado exponencial en el que la constante de alisado se cambia automáticamente para mantener los errores al mínimo.

Previsión enfocada

En lugar de adaptarse escogiendo una constante de alisado, la informática nos permite poner a prueba distintos modelos de previsión. Dicha aproximación se denomina **previsión enfocada**. La **previsión enfocada** se basa en dos principios:

1. Los modelos de previsión más sofisticados no siempre son mejores que los sencillos.
2. No existe una única técnica que se deba utilizar para todos los productos y servicios.

Previsión enfocada

Previsión que prueba diversos modelos informatizados, y selecciona el mejor para una aplicación determinada.

Bernard Smith, director de inventarios de American Hardware Supply, fue quien acuñó la denominación de *previsión enfocada*. El trabajo de Smith consistía en realizar la previsión de las necesidades de los 100.000 productos de ferretería comprados por los 21 compradores de la American Hardware Supply⁷. Descubrió que ninguno de los compradores entendía o confiaba en el modelo de alisado exponencial que se utilizaba en aquel momento. En su lugar, utilizaban modelos muy simples que ellos mismos diseñaban. Partiendo de esta realidad, Smith desarrolló su nuevo sistema informático para seleccionar métodos de previsión.

Smith eligió siete métodos de previsión para probarlos. Iban desde los más sencillos, utilizados por los encargados de compras (como el enfoque simple), hasta modelos estadísticos. Smith aplicó cada mes los siete modelos para realizar las previsiones de cada artículo en stock. En estas pruebas simuladas, los valores previstos se restaron de las demandas reales, dando un error de previsión simulado. El sistema informático elegía el método de previsión que producía el error menor, y lo utilizaba para realizar la previsión del mes siguiente. Aunque los encargados de compras tienen la posibilidad de hacer caso omiso de la previsión obtenida informáticamente, American Hardware piensa que la **previsión enfocada** proporciona excelentes resultados.

PREVISIÓN EN EL SECTOR SERVICIOS

La previsión en el sector servicios presenta algunos retos poco comunes. Una importante técnica utilizada en el sector minorista es el seguimiento de la demanda, manteniendo buenos registros a corto plazo. Por ejemplo, una peluquería de caballeros espera la máxima afluencia de clientes los viernes y los sábados. E incluso, la mayoría de las peluquerías cierran los domingos y los lunes, y muchas necesitan ayuda extra los viernes y los sábados. Por otra parte, un restaurante céntrico puede tener que hacer un seguimiento de las convenciones y vacaciones para realizar una previsión eficaz a corto plazo.

⁷ Bernard T. Smith, *Focus Forecasting: Computer Techniques for Inventory Control* (Boston: CBI Publishing, 1978).

Comercios minoristas especializados Las tiendas especializadas, como las floristerías, pueden tener patrones de demanda especiales, y esos patrones variarán en función de las distintas festividades. Por ejemplo, cuando el día de San Valentín cae en fin de semana, las flores no se pueden repartir en las oficinas, y los románticos probablemente lo celebrarán saliendo fuera en lugar de regalando flores. Si la festividad cae en lunes, probablemente algunas de las celebraciones tendrán lugar durante el fin de semana, de modo que se reduce la venta de flores. Sin embargo, cuando el día de San Valentín cae en medio de la semana, las personas con una agenda muy cargada a menudo encuentran en las flores la forma óptima de celebrarlo. En el caso del Día de la Madre, la entrega de las flores tiene que ser el sábado o el domingo, y la previsión para esta festividad varía menos. Debido a patrones de demanda especial, muchas empresas de servicios mantienen registros de ventas, anotando, no sólo el día de la semana, sino también circunstancias especiales, como, por ejemplo, las condiciones meteorológicas; de esta manera se pueden desarrollar patrones y correlaciones que influyen sobre la demanda.

Restaurantes de comida rápida Los restaurantes de comida rápida están muy pendientes de las variaciones de la demanda que afectan a las ventas, no sólo diaria o semanalmente, sino también hora a hora, e incluso cada cuarto de hora. Por tanto, es necesario disponer de previsiones detalladas de la demanda. La Figura 4.12 muestra la previsión por horas de un típico restaurante de comida rápida. Observe los picos a la hora de comer y de cenar (en un país anglosajón).

Algunas empresas, como Taco Bell, ahora utilizan computadoras en el punto de venta, con las que hacen un seguimiento de las ventas cada cuarto de hora. Taco Bell observó que una media móvil de seis semanas era la técnica de previsión que minimizaba el error cuadrático medio (ECM) para estas previsiones de cada quince minutos. Al incorporar esta metodología de previsión en cada PC de los 6.500 restaurantes de Taco Bell el modelo realiza previsiones semanales del volumen de clientes. Los directores de los restaurantes utilizan estas previsiones para programar las necesidades de personal que se programan en periodos de quince minutos en vez de en intervalos de una hora como es habitual en otras industrias. El modelo de previsión ha tenido tanto éxito en Taco Bell que ha mejorado el

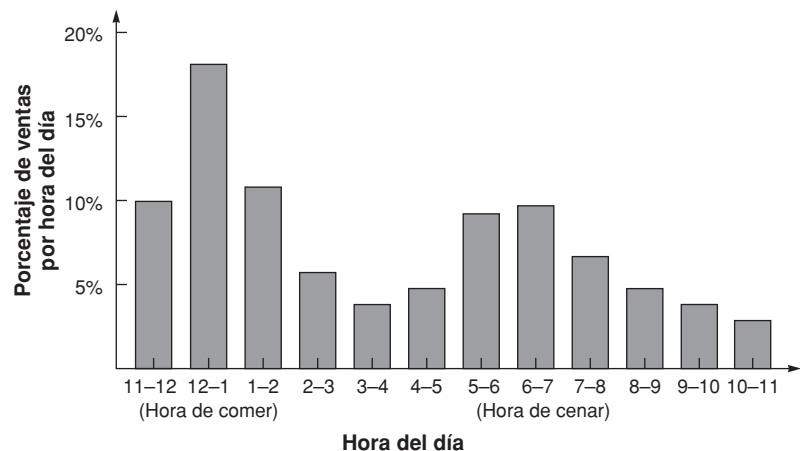


FIGURA 4.12 ■ Previsión de ventas por horas en un restaurante de comida rápida

servicio al cliente, al mismo tiempo que se han registrado unos ahorros de costes laborales de más de 50 millones de dólares en sus cuatro años de aplicación⁸.

RESUMEN

Las previsiones son una parte crítica de las funciones del director de operaciones. Las previsiones de demanda dirigen los sistemas de producción, capacidad y planificación de la empresa y afectan a las funciones de planificación financiera, de marketing y de personal.

Existe una amplia variedad de técnicas de previsión, tanto cuantitativas como cualitativas. Los enfoques cualitativos recurren a juicios de valor, experiencia, intuición y muchos otros factores difíciles de cuantificar. La previsión cuantitativa utiliza datos históricos y relaciones causales o asociativas, para prever la demanda futura. La Tabla 4.2 resume las fórmulas que se han visto para la previsión cuantitativa. La mayoría de los directores de operaciones recurren a paquetes de software como Forecast PRO, SAP, tsMetrix, AFS, SAS, SPSS o Excel.

TABLA 4.2 ■ Resumen de las fórmulas de previsión

Medias móviles: previsiones basadas en una media de valores recientes

$$\text{Media móvil} = \frac{\sum \text{demanda en los } n \text{ periodos previos}}{n} \quad (4.1)$$

Medias móviles ponderadas: una media móvil con ponderaciones que varían

$$\text{Media móvil ponderada} = \frac{\sum (\text{ponderación en el periodo } n) (\text{demanda en el periodo } n)}{\sum \text{ponderaciones}} \quad (4.2)$$

Alisado exponencial: una media móvil con ponderaciones que siguen una distribución exponencial

$$\text{Nueva previsión} = \text{previsión del último periodo} + \alpha (\text{demanda real del último periodo} - \text{previsión del último periodo}) \quad (4.3)$$

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (4.4)$$

Desviación absoluta media: una medida del error de previsión global

$$\text{DAM} = \frac{\sum \text{errores de previsión}}{n} \quad (4.5)$$

Error cuadrado medio: una segunda medida del error de previsión

$$\text{ECM} = \frac{\sum |\text{errores de previsión}|^2}{n} \quad (4.6)$$

Error porcentual absoluto medio: una tercera medida del error de previsión

$$\text{EPAM} = \frac{100 \sum_{i=1}^n |\text{Real}_i - \text{Previsto}_i| / \text{Real}_i}{n} \quad (4.7)$$

⁸ J. Hueter y W. Swart, "An Integrated Labor Management System for Taco Bell", *Interfaces* 28, n.º 1 (enero-febrero 1998), 75-91.

Alisado exponencial con ajuste de tendencia: un modelo de alisado exponencial en el que se tiene en cuenta la tendencia

Previsión incluyendo la tendencia (FIT_t) = previsión alisada exponencialmente (F_t)
+ tendencia alisada exponencialmente (T_t) (4.8)

$$F_t = \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4.9)$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (4.10)$$

Proyección de tendencia y análisis de regresión: ajustando una línea de tendencia a los datos históricos, o una línea de regresión a una variable independiente

$$\hat{y} = a + bx \quad (4.11)$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (4.12)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (4.13)$$

Análisis de regresión múltiple: un modelo de regresión con más de una variable independiente

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (4.17)$$

Señal de seguimiento: una medida del buen comportamiento de la previsión al predecir los valores reales

$$\text{Señal de seguimiento} = \frac{\text{SAEP}}{\text{DAM}} = \frac{\sum(\text{demanda real en el periodo } i - \text{demanda prevista en el periodo } i)}{\text{DAM}} \quad (4.18)$$

Ningún método de previsión es perfecto en todas las situaciones. Incluso una vez que la dirección de la empresa ha encontrado un enfoque adecuado, debe seguir controlando sus previsiones para asegurarse de que sus errores son aceptables. A menudo, las previsiones pueden ser un auténtico reto para la dirección, pero su recompensa es alta.

TÉRMINOS CLAVE

Previsión	Desviación absoluta media (DAM)
Previsiones económicas	Error cuadrado medio (ECM)
Previsiones tecnológicas	Error porcentual absoluto medio (EPAM)
Previsiones de demanda	Proyección de tendencia
Previsiones cuantitativas	Variaciones estacionales
Previsiones cualitativas	Ciclos
Jurado de opinión ejecutiva	Análisis de regresión lineal
Método Delphi	Error estándar de estimación
Propuesta del personal de ventas	Coefficiente de correlación
Estudio de mercado	Coefficiente de determinación
Series temporales	Regresión múltiple
Enfoque simple	Señal de seguimiento
Medias móviles	Sesgo
alisado exponencial	Alisado adaptativo
Constante de alisado	Previsión enfocada

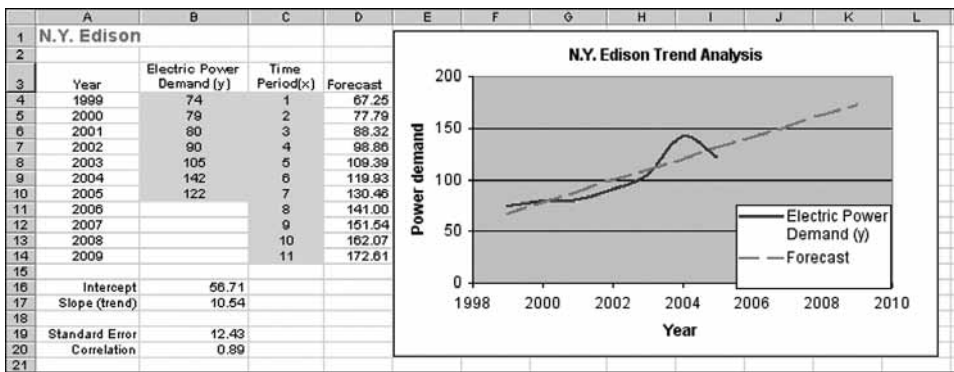
UTILIZACIÓN DE SOFTWARE PARA HACER PREVISIONES

Esta sección presenta tres formas de resolver problemas de previsión con software informático. En primer lugar, puede crear sus propias hojas de cálculo en Excel para hacer previsiones. En segundo lugar, puede utilizar el módulo de previsión Excel OM que viene con el libro y que puede encontrar en el CD del alumno. En tercer lugar, POM para Windows es un programa opcional que puede pedir con este libro o comprar por separado.

Creación de sus propias hojas de cálculo con Excel

Las hojas de cálculo de Excel (y, por lo general, todas las hojas de cálculo) se utilizan frecuentemente para hacer previsiones. El alisado exponencial, el análisis de tendencias y el análisis de regresión (simple y múltiple) pueden hacerse con funciones de Excel.

El Programa 4.1 ilustra cómo hacer una previsión con Excel a partir de los datos del Ejemplo 8. El objetivo para N.Y. Edison es realizar un análisis de tendencia de los datos desde 1999 a 2005. Observe que en la celda D4 puede poner, o bien = \$B\$16 + \$B\$17 * C4, o bien = TREND (\$B\$4: \$B\$10, \$C\$4: \$C\$10, C4).



PROGRAMA 4.1 ■ Utilización de Excel para desarrollar su propia previsión con los datos del Ejemplo 8

Cálculos			
VALOR	CELDA	FÓRMULA EN EXCEL	ACCIÓN
Columna de la línea de tendencia	D4	=B\$16+B\$17*C4 (o =TREND(\$B\$4:\$B\$10,\$C\$4:\$C\$10,C4))	Copiar a D5:D14
Punto de corte	B16	=INTERCEPT(B4:B10, C4:C10)	
Pendiente (tendencia)	B17	=SLOPE(B4:B10, C4:C10)	
Error estándar	B19	=STEYX(B4:B10, C4:C10)	
Correlación	B20	=CORREL(B4:B10, C4:C10)	

Alternativamente, tal vez desee experimentar con el análisis de regresión de Excel. Para ello, en la barra del menú elija *Herramientas, Análisis de datos y*, después, *Regresión*. Introduzca sus datos de Y y X en dos columnas (por ejemplo, B y C). Cuando aparece la ventana de la regresión, introduzca los rangos de Y y X y dé a Aceptar. Excel ofrece varios gráficos y tablas para los que están interesados en un análisis más riguroso de los problemas de regresión.



Utilización de Excel OM

El módulo de previsión de Excel OM tiene cinco componentes: (1) medias móviles, (2) medias móviles ponderadas, (3) alisado exponencial, (4) regresión (sólo con una variable) y (5) descomposición. El análisis de errores con Excel OM es mucho más completo que el proporcionado por la hoja de Excel normal.

El Programa 4.2 muestra los datos introducidos y los resultados de Excel OM, utilizando los del Ejemplo 2 de medias móviles ponderadas.

Introduzca las ponderaciones a dar a cada uno de los tres últimos periodos en la parte superior de la columna C: las ponderaciones deben introducirse del más antiguo al más reciente.

Introduzca los datos en el área sombreada. Introduzca las ponderaciones en orden CRECIENTE, de arriba abajo.

La previsión es la suma ponderada de las ventas pasadas (SUMPRODUCT) dividida por la suma de las ponderaciones (SUM) porque las ponderaciones no suman uno.

Error (B11-E11) es la diferencia entre la demanda y la previsión.

=SUMPRODUCT(B17:B19, \$C\$8:\$C\$10)/SUM(\$C\$8:\$C\$19)

=MEDIA (H11: H19)

El error estándar viene dado por la raíz cuadrada del error total dividido por $n - 2$, donde n es el número de periodos para los que existen predicciones, es decir, 9.

Donna's Garden Supply			Weighted moving averages: 3 period moving average			
Forecasting			Error analysis			
Period	Demand	Weights	Forecast	Error	Absolute	Squared
Jan	10	1	12.16667	3.833333	3.833333	14.69444
Feb	12	2	14.33333	4.666667	4.666667	21.77778
Mar	13	3	17	6	6	36
Apr	16		20.5	5.5	5.5	30.25
May	19		23.83333	6.166667	6.166667	38.02778
June	23		27.5	0.5	0.5	0.25
July	26		28.33333	-10.3333	10.33333	106.7778
Aug	30		23.33333	-7.33333	7.333333	53.77778
Sept	28		18.66667	-4.66667	4.666667	21.77778
Oct	18		Total	4.333333	49	323.3333
Nov	16		Average	0.481481	5.444444	35.92593
Dec	14		Bias	MAD	MSE	
			SE		6.796358	

Próximo periodo: 15.3333333

PROGRAMA 4.2 ■ Análisis del programa de medias móviles ponderadas de Excel OM, utilizando los datos del Ejemplo 2



Utilización de POM para Windows

POM para Windows puede realizar medias móviles (tanto simples como ponderadas), alisado exponencial (tanto simple como con ajuste de tendencia), previsiones con proyección de tendencia de mínimos cuadrados, y resolver modelos de regresión lineal (asociativos). Se puede generar también una pantalla resumen con un análisis de error, así como un gráfico de los datos. Como un ejemplo especial de previsión adaptativa con alisado exponencial, POM para Windows, cuando se utiliza un valor de alfa de 0, hallará el valor de alfa que proporciona el DAM mínimo.

El Apéndice IV ofrece detalles adicionales.



PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 4.1

Las ventas del popular Escarabajo de Volkswagen han crecido de manera estable en los concesionarios de Nevada durante los cinco últimos años (véase la tabla de la derecha). El director de ventas predijo en 2000 que las ventas de 2001 deberían ser de 410 Escarabajos. Utilizando el alisado exponencial con una ponderación de $\alpha = 0,30$, haga las previsiones de 2002 a 2006.

Año	Ventas	Previsiones
2001	450	410
2002	495	
2003	518	
2004	563	
2005	584	
2006	?	

Solución

Año	Previsión
2001	410,0
2002	$422,0 = 410 + 0,3 (450 - 410)$
2003	$443,9 = 422 + 0,3 (495 - 422)$
2004	$466,1 = 443,9 + 0,3 (518 - 443,9)$
2005	$495,2 = 466,1 + 0,3 (563 - 466,1)$
2006	$521,8 = 495,2 + 0,3 (584 - 495,2)$

Problema resuelto 4.2

En el Ejemplo 7, se ha aplicado el alisado exponencial con ajuste de tendencia para prever la demanda de una pieza de un equipo de control de la contaminación durante los meses 2 y 3 (de datos de 9 meses). Continuemos ahora el proceso de previsión para el mes 4. Se quiere confirmar si la previsión para el mes 4 que aparece en la Tabla 4.1 y en la Figura 4.3 es correcta.

Para el mes 4, $A_4 = 19$, con $\alpha = 0,2$ y $\beta = 0,4$.

Solución

$$\begin{aligned}
 F_4 &= \alpha A_3 = (1 - \alpha)(F_3 + T_3) \\
 &= (0,2)(20) + (1 - 0,2)(15,18) + 2,10 \\
 &= 4,0 + (0,8)(17,28) \\
 &= 4,0 + 13,82 \\
 &= 17,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_4 &= \beta(F_4 - F_3) + (1 - \beta)T_3 \\
 &= (0,4)(17,82 - 15,18) + (1 - 0,4)(2,10) \\
 &= (0,4)(2,64) + (0,6)(2,10) \\
 &= 1,056 + 1,26 \\
 &= 2,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FIT_4 &= 17,82 + 2,32 \\
 &= 20,14
 \end{aligned}$$

Problema resuelto 4.3

Durante los últimos años se han ido registrando las reservas de habitaciones en el Hotel Towers Plaza de Toronto. Para proyectar la ocupación futura, a la dirección le gustaría determinar la tendencia matemática de las reservas de los huéspedes. Esta estimación podría ayudar al hotel a determinar si sería necesaria una

expansión futura. Dadas la siguiente serie de datos temporales, desarrolle una ecuación de regresión que relacione las reservas con el tiempo (por ejemplo, una ecuación de tendencia). A continuación prevea las reservas para 2007. Las reservas de habitaciones están en miles:

1997: 17	1998: 16	1999: 16	2000: 21	2001: 20
2002: 20	2003: 23	2004: 25	2005: 24	

Solución

Año	Año transformado, x	Reservas, y (en miles)	x^2	xy
1997	1	17	1	17
1998	2	16	4	32
1999	3	16	9	48
2000	4	21	16	84
2001	5	20	25	100
2002	6	20	36	120
2003	7	23	49	161
2004	8	25	64	200
2005	9	24	81	216
	$\Sigma x = 45$	$\Sigma y = 182$	$\Sigma x^2 = 285$	$\Sigma xy = 978$

$$\bar{x} = \frac{45}{9} = 5, \quad \bar{y} = \frac{182}{9} = 20,22$$

$$b = \frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{978 - (9)(5)(20,22)}{285 - (9)(25)} = \frac{978 - 909,9}{285 - 225} = \frac{68,1}{60} = 1,135$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 20,22 - (1,135)(5) = 20,22 - 5,675 = 14,545$$

$$\hat{y} (\text{reservas}) = 14,545 + 1,135x$$

La proyección de reservas para 2007 (que en el sistema de codificación utilizado sería $x = 11$) es

$$\hat{y} = 14,545 + (1,135)(11) = 27,03$$

o 27.030 huéspedes en 2007

Problema resuelto 4.4

La demanda trimestral de Jaguar XJ8s en un concesionario de automóviles de Nueva York se ha previsto de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = 10 + 3x$$

donde x = trimestres, y

- Trimestre I de 2004 = 0
- Trimestre II de 2004 = 1
- Trimestre III de 2004 = 2
- Trimestre IV de 2004 = 3
- Trimestre I de 2005 = 4
- y así sucesivamente

y

\hat{y} = demanda trimestral

La venta de deportivos es estacional, y los índices de estacional para los trimestres I, II, III, y IV son 0,80, 1,00, 1,30 y 0,90, respectivamente. Prevea la demanda para cada trimestre en 2006. Posteriormente, estacionalice cada previsión para ajustarla a las variaciones trimestrales.

Solución

Al trimestre II de 2005 se le da el código $x = 5$; al trimestre III de 2005, $x = 6$; y al trimestre IV de 2005, $x = 7$. Por lo tanto, el trimestre I de 2006 tendrá el código $x = 8$; el trimestre II, $x = 9$; y así sucesivamente.

$$\hat{y}(\text{2006 trimestre I}) = 10 + 3(8) = 34$$

$$\hat{y}(\text{2006 trimestre II}) = 10 + 3(9) = 37$$

$$\hat{y}(\text{2006 trimestre III}) = 10 + 3(10) = 40$$

$$\hat{y}(\text{2006 trimestre IV}) = 10 + 3(11) = 43$$

$$\text{Previsión ajustada} = (0,80)(34) = 27,2$$

$$\text{Previsión ajustada} = (1,00)(37) = 37$$

$$\text{Previsión ajustada} = (1,30)(40) = 52$$

$$\text{Previsión ajustada} = (0,90)(43) = 38,7$$

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice el CD-ROM del alumno para obtener material sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa
- Ejercicios en Internet
- Casos en Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en Power Point
- Problemas prácticos
- Videoclips y caso en vídeo
- Ejercicios Active Model
- Excel OM
- Archivos de datos de Excel OM
- POM para Windows



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. ¿Qué es un modelo de previsión cualitativo y cuándo es adecuado utilizarlo?
2. Identifique y describa brevemente los dos enfoques generales de previsión.
3. Identifique los tres horizontes temporales de previsión. Diga una duración aproximada de cada uno.
4. Describa brevemente los pasos que daría para desarrollar un sistema de previsión.
5. Un directivo escéptico pregunta para qué sirven las previsiones a medio plazo. Ofrezca al directivo tres posibles usos/fines.
6. Explique por qué algunos sistemas de previsión, como las medias móviles, las medias móviles ponderadas y el alisado exponencial no se adecuan bien para hacer previsiones de series temporales que tienen tendencias.
7. ¿Cuál es la diferencia básica entre una media móvil ponderada y el alisado exponencial?
8. ¿Qué tres métodos se utilizan para determinar la precisión de cualquier método de previsión? ¿Cómo decidiría si es mejor utilizar la regresión de series temporales o el alisado exponencial en un caso concreto?
9. Describa brevemente la técnica Delphi. ¿Cómo la aplicaría en una empresa en la que haya trabajado?
10. ¿Cuál es la principal diferencia entre un modelo de series temporales y un modelo causal?
11. Defina las series temporales.
12. ¿Qué efecto tiene el valor de la constante de alisado en la ponderación dada a los valores recientes?
13. Explique el valor de los índices de estacionalidad para la previsión. ¿En qué difieren los patrones de estacionalidad de los patrones cíclicos?
14. ¿Qué técnica de previsión puede dar más énfasis a los valores más recientes? ¿Cómo lo hace?
15. Con sus propias palabras, explique la previsión adaptativa.
16. ¿Para qué sirve una señal de seguimiento?
17. Explique, con sus propias palabras, el significado del coeficiente de correlación. Analice el significado de un valor negativo del coeficiente de correlación.
18. ¿Qué diferencia hay entre una variable dependiente y una variable independiente?
19. Ofrezca ejemplos de industrias que se ven afectadas por la estacionalidad. ¿Por qué querrían estos negocios quitar la estacionalidad?
20. Ofrezca ejemplos de industrias en las que la previsión de la demanda depende de las demandas de otros productos.
21. ¿Qué ocurre con la capacidad de predecir un futuro cada vez más lejano?



DILEMA ÉTICO

En 2004 la junta directiva de rectores responsable de la financiación de toda la educación superior pública de un gran Estado del medio oeste contrató a un consultor para que elaborara una serie de modelos de previsión de matrículas, uno por cada escuela universitaria. Estos modelos utilizaban datos históricos y alisado exponencial para prever las matrículas de los siguientes años. Basándose en el modelo, que incluía una constante de alisado (α) para cada centro, la junta fijó el presupuesto de cada escuela. El director de la junta seleccionó perso-

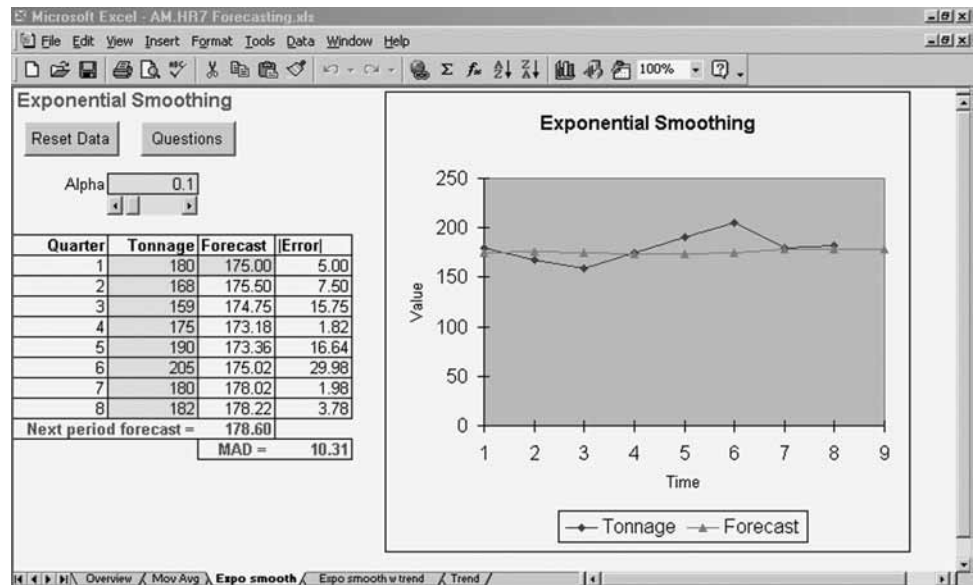
nalmente cada constante de alisado, basándose en lo que llamó “instinto y visión política”.

¿Cuáles cree que son las ventajas y desventajas de este sistema? Responda desde el punto de vista de (a) la junta directiva de rectores y (b) el director de cada escuela universitaria. ¿Cómo se pueden utilizar de forma inapropiada los resultados que da este modelo y qué se puede hacer para eliminar cualquier sesgo? ¿Cómo se puede utilizar un modelo de regresión para producir resultados que favorezcan una u otra previsión?



EJERCICIO ACTIVE MODEL

Este ejercicio Active Model, así como los otros tres de este capítulo, figuran en su CD-ROM. Le permite evaluar importantes elementos de una previsión con alisado exponencial.



ACTIVE MODEL 4.2 ■ Alisado exponencial utilizando los datos del Ejemplo 4

Observe que se han redondeado los términos de error del Ejemplo 4, así que el DAM aquí es algo distinto.

Preguntas

1. ¿Qué ocurre en el gráfico cuando $\alpha = 0$?
2. ¿Qué ocurre en el gráfico cuando $\alpha = 1$?
3. Generalice lo que ocurre en una previsión a medida que aumenta alfa.
4. ¿Para qué valor de alfa se minimiza la desviación absoluta media (DAM)?



PROBLEMAS*

- P** 4.1. A continuación se muestra el número de litros de sangre de tipo A utilizados en el Hospital Woodlawn en las seis últimas semanas:

Semana del	Litros utilizados
31 de agosto	360
7 de septiembre	389
14 de septiembre	410
21 de septiembre	381
28 de septiembre	368
5 de octubre	374

- a) Haga la previsión de demanda para la semana del 12 de octubre utilizando una media móvil de tres semanas.
- b) Empleando una media móvil ponderada de 3 semanas, con ponderaciones de 0,1, 0,3 y 0,6, con 0,6 para la semana más reciente, calcule la previsión de la semana del 12 de octubre.
- c) Calcule la previsión para la semana del 12 de octubre utilizando un alisado exponencial con una previsión para el 31 de agosto de 360 y $\alpha = 0,2$.

- P** 4.2.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Demanda	7	9	5	9	13	8	12	13	9	11	7

- a) Represente los datos anteriores en un gráfico. ¿Se observa alguna tendencia, ciclos o variaciones aleatorias?
- b) Empezando en el cuarto año y hasta el año 12, prevea la demanda utilizando una media móvil de tres años. Represente su previsión en el mismo gráfico que los datos originales.
- c) Empezando en el cuarto año y hasta el año 12, predecir la demanda utilizando una media móvil de tres años con una ponderación de 0,1, 0,3 y 0,6; utilizando 0,6 para el año más reciente. Represente esta previsión en la misma gráfica anterior.
- d) Compare las previsiones con los datos originales; ¿cuál de las previsiones parece que da un mejor resultado?
- P** 4.3. Con respecto al Problema 4.2 desarrolle una previsión desde el año 2 hasta el 12 utilizando el alisado exponencial con $\alpha = 0,4$ y una previsión de valor 6 para el año 1. Represente sus nuevas previsiones en un gráfico junto a los datos reales y la previsión simple. A simple vista, ¿qué previsión es mejor?
- P** 4.4. Una cámara de compensación de cheques utiliza alisado exponencial para prever el número de cheques que procesará cada mes. El número de cheques recibidos en junio fue de 40 millones, mientras que la previsión había sido de 42 millones. La constante de alisado utilizada fue de 0,2.
- a) ¿Cuál es la previsión para julio?
- b) Si el centro recibe 45 millones de cheques en julio, ¿cuál sería la previsión para agosto?
- c) ¿Por qué puede ser inadecuado en este caso este método de previsión?

* Nota: **P** Significa que se puede resolver el problema con el programa POM para Windows; **✖** significa que se puede resolver el problema con Excel OM, y **P** ✖ significa que se puede resolver el problema con POM para Windows y/o Excel OM.

- **P** 4.5. El Hospital Carbondale está considerando la posibilidad de adquirir una nueva ambulancia. La decisión depende, en parte, del kilometraje que se espera realizar el año que viene. El kilometraje realizado en los cinco últimos años es el siguiente:

Año	Kilometraje
1	3.000
2	4.000
3	3.400
4	3.800
5	3.700

- a) Prevea el kilometraje del año que viene utilizando una media móvil de dos años.
 b) Calcule la DAM para su previsión del apartado anterior.
 c) Utilice una media móvil ponderada a dos años con ponderaciones de 0,4 y 0,6 para prever el kilometraje del año que viene (la ponderación del 0,6 es para el año más reciente). ¿Cuál es la DAM de esta previsión?
 d) Calcule la previsión para el año 6 utilizando el método de alisado exponencial, una previsión inicial para el año 1 de 3.000 kilómetros, y $\alpha = 0,5$.
- **P** 4.6. Las ventas mensuales de Telco Batteries, Inc., fueron las siguientes:

Mes	Ventas	Mes	Ventas
Enero	20	Julio	17
Febrero	21	Agosto	18
Marzo	15	Septiembre	20
Abril	14	Octubre	20
Mayo	13	Noviembre	21
Junio	16	Diciembre	23

- a) Dibuje los datos de las ventas mensuales en un papel milimetrado.
 b) Haga la previsión de las ventas de enero utilizando:
 1. Método simple
 2. Media móvil a los tres meses.
 3. Media ponderada de 6 meses utilizando 0,1; 0,1; 0,1; 0,2; 0,2 y 0,3, y aplicando las mayores ponderaciones a los meses más actuales.
 4. Alisado exponencial utilizando un $\alpha = 0,3$ y una previsión en septiembre de 18.
 c) Con los datos dados, ¿qué método permitiría predecir las ventas del próximo mes de marzo?
- 4.7. Doug Moodie es el presidente de Garden Products Limited. Durante los 5 últimos años ha pedido, tanto a su vicepresidente de marketing como a su vicepresidente de operaciones, que le proporcionen previsiones de ventas. Las ventas reales y las previsiones se muestran a continuación. Utilizando la DAM, ¿qué vicepresidente hace las mejores previsiones?

Año	Ventas	VP Marketing	VP Operaciones
1	167.325	170.000	160.000
2	175.362	170.000	165.000
3	172.536	180.000	170.000
4	156.732	180.000	175.000
5	176.325	165.000	165.000

- P **4.8.** Las temperaturas máximas, en grados Fahrenheit, en la ciudad de Houston durante la última semana han sido las siguientes: 93, 94, 93, 95, 96, 88, 90 (ayer).
 - a) Prevea la máxima para hoy, utilizando una media móvil de tres días.
 - b) Prevea la máxima para hoy, utilizando una media móvil de dos días.
 - c) Calcule la desviación absoluta media basada en la media móvil de dos días.
 - d) Calcule el error cuadrado medio de la media móvil de dos días.
 - e) Calcule el error porcentual absoluto medio de la media móvil de dos días.

- P **4.9.** HP utiliza un chip X63 en algunos de sus PC. A continuación se muestran los precios del chip durante los 12 últimos meses:

Mes	Precio por chip	Mes	Precio por chip
Enero	1,80\$	Julio	1,80
Febrero	1,67	Agosto	1,83
Marzo	1,70	Septiembre	1,70
Abril	1,85	Octubre	1,65
Mayo	1,90	Noviembre	1,70
Junio	1,87	Diciembre	1,75

- a) Realice previsiones utilizando una media móvil de dos meses con todos los datos, y dibuje las medias y los precios.
 - b) Realice previsiones utilizando una media móvil de tres meses e incorpórela al gráfico anterior.
 - c) ¿Qué es mejor (utilizando la desviación absoluta media): la media con dos meses o la media con tres meses?
 - d) Calcule las previsiones para cada mes utilizando el método de alisado exponencial, con una previsión inicial para enero de 1,80 dólares. Utilice $\alpha = 0,1$, después $\alpha = 0,3$ y, finalmente, $\alpha = 0,5$. Utilizando la DAM, ¿qué α es mejor?

- P **4.10.** Los datos recopilados de las matriculaciones en el seminario Seis Sigma realizado en el Quality College aparecen en la siguiente tabla:

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	11
Matrículas (miles)	4	6	4	5	10	8	7	9	12	14	15

 - a) Calcule la media móvil a tres años para prever las ventas desde el año 4 hasta el 12.
 - b) Estime de nuevo la demanda para los años del 4 al 12 con una media móvil ponderada, en la que las ventas del año más reciente tienen un peso de 2 y las ventas en los otros dos años se ponderan cada una de ellas con 1.
 - c) Represente los datos originales y los de las dos previsiones. ¿Cuál de los dos métodos de previsiones le parece mejor?

- P **4.11.** Utilice el alisado exponencial con una constante de alisado de 0,3 para prever la demanda de matrículas en el seminario del Problema 4.10. Para empezar el procedimiento, suponga que la previsión del año 1 fue de 5.000 matrículas.

- 4.12.** En los Problemas 4.10 y 4.11, se han desarrollado tres métodos diferentes de previsión para la demanda de las semillas de césped. Estas tres previsiones son: una media móvil a tres años, una media móvil ponderada, y el alisado exponencial. Utilizando el criterio de DAM, ¿cuál es el mejor método de previsión? ¿Por qué?

- **P** 4.13. Como se ve en la siguiente tabla, la demanda de operaciones de trasplante de corazón en el Hospital General de Washington ha aumentado a ritmo constante durante los últimos años:

Año	1	2	3	4	5	6
Trasplantes de corazón	45	50	52	56	58	?

El director del servicio médico predijo hace seis años que la demanda del año 1 sería de 41 operaciones.

- a) Utilizando el alisado exponencial, primero con una constante de alisado de 0,6 y luego con una de 0,9, haga las previsiones para los años 2 hasta el 6.
- b) Utilice una media móvil de 3 años para predecir las demandas en los años 4, 5 y 6.
- c) Utilice el método de la proyección de tendencia para predecir las demandas desde el año 1 hasta el 6.
- 4.14. Con respecto al Problema 4.13, tomando el criterio de la DAM, ¿cuál de los cuatro métodos de previsión es el mejor?
- **P** 4.15. Con respecto al Problema resuelto 4.1 de la página 179, utilice una media móvil de tres años para predecir las ventas de Escarabajos de VW en Nevada hasta el año 2006.
- **P** 4.16. Con respecto al Problema resuelto 4.1, utilizando el método de la proyección de tendencia, determine la previsión de las ventas de Escarabajos de VW en Nevada en el año 2006.
- **P** 4.17. Con respecto al Problema resuelto 4.1, utilizando unas constantes de alisado de 0,6 y 0,9 haga previsiones de ventas de Escarabajos. ¿Qué efecto tiene la constante de alisado en la previsión? Utilice la DAM para determinar cuál de las tres constantes de alisado (0,3, 0,6 o 0,9) da la previsión más exacta.
- 4.18. Con respecto al Problema resuelto 4.1 y a los Problemas 4.15 y 4.16, utilizando la DAM como criterio de evaluación, ¿utilizaría el alisado exponencial para una constante de alisado de 0,3 como se mostró en el Problema resuelto 4.1, una media móvil de tres años, o la proyección para predecir las ventas de Escarabajos? ¿Por qué?
- **P** 4.19. Los ingresos del bufete de abogados Smith y Wesson durante el periodo comprendido entre febrero y julio fueron los siguientes:

Mes	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Ingresos (en miles de dólares)	70,0	68,5	64,8	71,7	71,3	72,8

Utilice el alisado exponencial con ajuste de tendencia para predecir los ingresos de agosto. Suponga que la previsión inicial de febrero fue de 65.000 dólares y el ajuste de tendencia inicial fue 0. Las constantes de alisado seleccionadas son $\alpha = 0,1$ y $\beta = 0,2$.

- **P** 4.20. Resuelva el Problema 4.19 con $\alpha = 0,1$ y $\beta = 0,8$. Utilizando el ECM, ¿qué constante de alisado da una mejor previsión?
- **P** 4.21. Volvamos a la figura del alisado exponencial con ajuste de tendencia del Ejemplo 7 de las páginas 149-150. Utilizando $\alpha = 0,2$ y $\beta = 0,4$, se hicieron las previsiones para 9 meses, mostrando los cálculos detallados para los meses 2 y 3. En el Problema resuelto 4.2 se continuó el problema resolviendo la previsión para el mes 4.
En este problema, haga los cálculos para los meses 5 y 6 para F_t , T_t y FIT_t .

- **P 4.22.** Con respecto al Problema 4.21, complete los cálculos de la previsión de alisado exponencial con ajuste de tendencia para los periodos 7, 8 y 9. Confirme que los valores de F_p , T_t y FIT_t se ajustan a los de la Tabla 4.1.
- **4.23.** Las ventas de secadores de verduras del supermercado de la cadena Bud Banis en St. Louis durante el año pasado figuran en la siguiente tabla. La dirección preparó una previsión utilizando una combinación de alisado exponencial y de juicios de valor colectivos para los próximos cuatro meses (marzo, abril, mayo y junio de 2005).

mes	Ventas unitarias 2004-2005	Previsión de la dirección
Julio	100	
Agosto	93	
Septiembre	96	
Octubre	110	
Noviembre	124	
Diciembre	119	
Enero	92	
Febrero	83	
Marzo	101	120
Abril	96	114
Mayo	89	110
Junio	108	108

- a) Calcule la DAM y el SCEP de la técnica utilizada por la dirección.
 - b) ¿Son mejores los resultados de la dirección (tienen una DAM y una SCEP menor) que una previsión simple?
 - c) ¿Qué previsión recomendaría, basándose en el menor error de previsión?
- **P 4.24.** El director de operaciones de un distribuidor de instrumentos musicales cree que la demanda mensual de bombos puede estar relacionada con el número de veces que aparece en televisión el popular grupo de rock Green Shades durante los meses previos. El director ha recogido los datos que se muestran en la siguiente tabla:

Demanda de bombos	3	6	7	5	10	8
Apariciones en TV de Green Shades	3	4	7	6	8	5

- a) Represente los datos para ver si hay una ecuación lineal que pueda describir la relación entre las apariciones en televisión del grupo y las ventas de bombos.
 - b) Utilice el método de regresión de mínimos cuadrados para determinar la ecuación de la previsión.
 - c) ¿Cuáles serían las ventas estimadas de bombos si los Green Shades hubieran aparecido en televisión nueve veces el mes pasado?
- **P 4.25.** A continuación se muestra el número de accidentes que se han producido en la autopista estatal 101 de Florida durante los cuatro últimos meses.

Mes	Número de accidentes
Enero	30
Febrero	40
Marzo	60
Abril	90

Haga una previsión del número de accidentes en mayo, utilizando una regresión de mínimos cuadrados para obtener una ecuación de tendencia.

- **4.26.** En el pasado, Larry Youldelman, comerciante de neumáticos, vendió una media de 1.000 radiales cada año. En los dos últimos años vendió en otoño 200 y 250 respectivamente, 350 y 300 en invierno, 150 y 100 en primavera y 300 y 285 en verano. Se prevé una gran expansión, de manera que Youldelman estima que las ventas para el próximo año aumentarán hasta 1.200 radiales. ¿Cuál será la demanda durante cada estación?
- **P 4.27.** Pasta Alfredo, un restaurante de Des Moines, basa su programación de necesidades de trabajadores en función de su previsión de la demanda. Ésta muestra una escasa tendencia, pero una considerable variabilidad entre los días de la semana. Por tanto, el restaurante quiere crear un sistema de previsión que le permita predecir correctamente el número de comensales un día cualquiera durante un futuro próximo. Alfredo ha recopilado los datos de las cuatro últimas semanas, tal y como se muestran en los siguientes datos. Calcule los índices de estacionalidad (diaria) del restaurante.

Lunes,	9/9	84	Lunes,	9/16	82	Lunes,	9/23	93	Lunes,	9/30	80
Martes,	9/10	82	Martes,	9/17	71	Martes,	9/24	77	Martes,	10/1	67
Miércoles,	9/11	78	Miércoles,	9/18	89	Miércoles,	9/25	83	Miércoles,	10/2	98
Jueves,	9/12	95	Jueves,	9/19	94	Jueves,	9/26	103	Jueves,	10/3	96
Viernes,	9/13	130	Viernes,	9/20	144	Viernes,	9/27	135	Viernes,	10/4	135
Sábado,	9/14	144	Sábado,	9/21	135	Sábado,	9/28	140	Sábado,	10/5	136
Domingo,	9/15	42	Domingo,	9/22	48	Domingo,	9/29	37	Domingo,	10/6	40

- **P 4.28.** La concurrencia a la atracción más nueva de Disneylandia en Orlando, “El Mundo de las Vacaciones”, ha sido la siguiente:

Trimestre	Visitantes (en miles)	Trimestre	Visitantes (en miles)
Invierno/03	73	Verano/04	124
Primavera/03	104	Otoño/04	52
Verano/03	168	Invierno/05	89
Otoño/03	74	Primavera/05	146
Invierno/04	65	Verano/05	205
Primavera/04	82	Otoño/05	98

Calcule los índices de estacionalidad utilizando todos estos datos.

- **4.29.** Central States Electric Company estima que su línea de tendencia de demanda (en millones de kilovatios-hora) es la siguiente:

$$D = 77 + 0,43Q$$

donde Q hace referencia al número secuencial del trimestre y $Q = 1$ es el invierno de 1982. Además, los factores multiplicativos estacionales son:

Trimestre	Factor (Índice)
Invierno	0,8
Primavera	1,1
Verano	1,4
Otoño	0,7

P 4.30. Brian Buckley ha desarrollado el siguiente modelo de previsión:

$$\hat{y} = 36 + 4,3x$$

donde \hat{y} = demanda de aires acondicionados Aztec, y
 x = la temperatura externa (°F)

- a) Calcule la demanda de Aztec cuando la temperatura es de 70°F
- b) ¿Cuál es la demanda cuando la temperatura es de 80°F?
- c) ¿Cuál es la demanda cuando la temperatura es de 90°F?

P 4.31. Las ventas de segadoras Gemini, por temporadas, durante los tres últimos años, son las siguientes:

Año	Temporada	Ventas
1	Primavera/verano	26.825
	Otoño/invierno	5.722
2	Primavera/verano	28.630
	Otoño/invierno	7.633
3	Primavera/verano	30.255
	Otoño/invierno	8.745

- a) Utilice una regresión lineal para encontrar la mejor línea de ajuste.
- b) ¿Qué está mal en esta línea?
- c) ¿Cómo hay que hacer las previsiones para el año 4?

P 4.32. Los siguientes datos relacionan a nivel semanal las cifras de ventas del bar del pequeño albergue de Marty y Polly Starr en Marathon, Florida, con el número de huéspedes registrados en cada semana.

Semana	Huéspedes	Ventas en el bar
1	16	330\$
2	12	270
3	18	380
4	14	300

- a) Calcule la línea de regresión que relaciona las ventas del bar con los huéspedes (no el tiempo).
- b) Si la previsión para la próxima semana es de 20 huéspedes, ¿cuáles son las ventas esperadas?

P 4.33. El número de transistores (en millones) fabricados en una fábrica de Japón durante los cinco últimos años es el siguiente:

Año	Transistores
1	140
2	160
3	190
4	200
5	210

- a) Prevea el número de transistores que se fabricará el año que viene, utilizando una regresión lineal.

- b) Calcule el error cuadrático medio (ECM) utilizando la regresión lineal.
 c) Calcule el error porcentual absoluto medio (EPAM).

- P** 4.34. Suponga que en una cierta región el número de accidentes de automóvil está relacionado con el número de automóviles registrados en la región en miles (X_1), las ventas de bebidas alcohólicas medidas en decenas de miles de dólares (X_2), y las lluvias medidas en pulgadas (X_3). Además, imagine que se ha calculado la fórmula de la regresión como sigue:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

donde Y = número de accidentes de automóvil,

$$a = 7,5; b_1 = 3,5; b_2 = 4,5, \text{ y } b_3 = 2,5$$

Calcular el número esperado de accidentes de automóvil bajo las siguientes condiciones:

	X_1	X_2	X_3
a)	2	3	0
b)	3	5	1
c)	4	7	2

- P** 4.35. Barbara Downey, una inmobiliaria de Missouri, ha diseñado un modelo de regresión para calcular los precios de la vivienda en Lake Charles, Louisiana. El modelo se desarrolló utilizando las ventas recientes en un determinado barrio. El precio (Y) de las viviendas depende del tamaño (medido en pies cuadrados = X) de la vivienda. El modelo es

$$Y = 13.473 + 37,65X$$

El coeficiente de correlación del modelo es 0,63.

- a) Utilice el modelo para predecir el precio de venta de una vivienda con 1.860 pies cuadrados.
 b) Recientemente se vendió una casa de ese tamaño por 95.000 dólares. Explique por qué no es lo que predice el modelo.
 c) Si utilizara la regresión múltiple para desarrollar ese modelo, ¿qué otras variables cuantitativas podría incluir?
 d) ¿Cuál es el valor del coeficiente de determinación en este problema?
- P** 4.36. Los contables de la empresa Doke and Reed creían que los ejecutivos que viajaban estaban presentando facturas de viaje anormalmente elevadas a la vuelta de sus viajes de negocios. Primero tomaron una muestra de 200 facturas presentadas desde el año anterior. Después desarrollaron la siguiente ecuación de regresión múltiple, relacionando el coste esperado del viaje con el número de días en la carretera (x_1) y con la distancia del viaje en millas (x_2):

$$\hat{y} = 90,00\$ + 48,50\$ x_1 + 0,40\$ x_2$$

El coeficiente de correlación calculado fue de 0,68.

- a) Si Bill Tomlinson vuelve de un viaje en el que ha recorrido 300 millas y en el que tardó cinco días, ¿cuál es la cantidad esperada que debería solicitar como gastos?

- b) Tomlinson remitió una solicitud de reembolso de 685 dólares. ¿Qué debería hacer el contable?
- c) ¿Se deberían incluir algunas otras variables? ¿Cuáles? ¿Por qué?

- **P** 4.37. Las ventas de música en la tienda de Johnny Ho en Columbus, Ohio, durante las diez últimas semanas figuran en la siguiente tabla. Prevea la demanda para cada semana, incluida la semana 10, utilizando el método de alisado exponencial con $\alpha = 0,5$ (previsión inicial = 20).
- a) Calcule el DAM.
 - b) Calcule la señal de seguimiento.

Semana	Demanda	Semana	Demanda
1	20	6	29
2	21	7	36
3	28	8	22
4	37	9	25
5	25	10	28

- **P** 4.38. El gobierno municipal ha recopilado los siguientes datos sobre las recaudaciones anuales de impuestos sobre ventas y las matriculaciones de coches nuevos:

Impuestos anuales recaudados (en millones)	1,0	1,4	1,9	2,0	1,8	2,1	2,3
Matriculaciones de coches nuevos (en miles)	10	12	15	16	14	17	20

Calcule:

- a) La ecuación de regresión de mínimos cuadrados.
 - b) Utilizando los resultados del apartado (a), prevea la estimación de impuestos recaudados si el número total de coches nuevos matriculados es de 22.000.
 - c) El coeficiente de correlación y de determinación.
- **P** 4.39. La doctora Susan Sweeney, psicóloga de Providence, está especializada en el tratamiento de pacientes que sufren agorafobia (miedo a dejar sus casas). En la siguiente tabla se muestra el número de pacientes que ha visto cada año la doctora Sweeney durante los diez últimos años. También muestra el índice de robos en Providence durante los mismos años.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número de pacientes	36	33	40	41	40	55	60	54	58	61
Índice de robos por 1.000 habitantes	58,3	61,1	73,4	75,7	81,1	89,0	101,1	94,8	103,3	116,2

Utilizando el análisis de tendencia, prediga el número de pacientes que la doctora Sweeney verá en los años 11 y 12. ¿Se ajusta bien este modelo a los datos?

- **P** 4.40. Utilizando los datos del Problema 4.39, aplique la regresión lineal para estudiar la relación entre el índice de robos y el número de pacientes de la doctora Sweeney. Si el índice de robos aumenta hasta 131,2 en el año 11, ¿cuántos pacientes con fobia tratará la doctora Sweeney? Si el índice de robos cae hasta 90,6, ¿cuál sería la previsión?

- **P** 4.41. Se cree que en verano el número de usuarios de los autobuses y del metro en la ciudad de Londres, Inglaterra, está muy relacionado con el número de turistas que visitan la ciudad. Durante los 12 últimos años se han obtenido los siguientes datos:

Año (meses de verano)	Número de turistas (en millones)	Viajeros (en millones)	Año (meses de verano)	Número de turistas (en millones)	Viajeros (en millones)
1	7	1,5	7	16	2,4
2	2	1,0	8	12	2,0
3	6	1,3	9	14	2,7
4	4	1,5	10	20	4,4
5	14	2,5	11	15	3,4
6	15	2,7	12	7	1,7

- Represente estos datos y decida si es adecuado utilizar un modelo lineal.
- Calcule una relación de regresión.
- ¿Cuál es el número esperado de viajeros de transporte público si un determinado año visitan la ciudad 10 millones de turistas?
- Calcule los usuarios previstos si no hay turistas.
- ¿Cuál es el error estándar de la estimación?
- ¿Cuál es el coeficiente de correlación del modelo y el coeficiente de determinación?

- ∴ **4.42.** Des Moines Power and Light ha recopilado datos sobre demandas de energía eléctrica en la región occidental durante los pasados dos años. Estos datos se muestran en la siguiente tabla:

Mes	Demanda en megavatios		Mes	Demanda en megavatios	
	Año anterior	Este año		Año anterior	Este año
Enero	5	17	Julio	23	44
Febrero	6	14	Agosto	26	41
Marzo	10	20	Septiembre	21	33
Abril	13	23	Octubre	15	23
Mayo	18	30	Noviembre	12	26
Junio	15	38	Diciembre	14	17

Para planificar su expansión y poder pedir prestada energía a otras empresas de la proximidad en los tiempos de máxima demanda, la empresa tiene que poder prever la demanda de cada mes del año próximo. Sin embargo, los modelos de previsión analizados en este capítulo no serán válidos para los datos observados en los dos últimos años.

- ¿Qué deficiencias tienen las técnicas de previsión analizadas en el capítulo cuando se aplican a este conjunto de datos?
- Puesto que los modelos no son adecuados aquí, proponga su propio enfoque de previsión. Aunque no hay una solución perfecta para tratar con datos de este tipo (en otras palabras, no hay respuestas perfectamente válidas o totalmente incorrectas), justifique el modelo propuesto.
- Prevea la demanda para cada mes del próximo año utilizando su modelo.

- ∴ **P** **4.43.** Las llamadas al servicio de urgencias 911 de Gainesville, Florida, durante las pasadas 24 semanas figuran en la siguiente tabla:

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Llamadas	50	35	25	40	45	35	20	30	35	20	15	40
Semanas	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Llamadas	55	35	25	55	55	40	35	60	75	50	40	65

- a) Calcule la previsión con alisado exponencial de las llamadas para cada semana. Suponga una previsión de 50 llamadas para la primera semana, y utilice $\alpha = 0,2$. ¿Cuál es la previsión para la semana 25?
- b) Vuelva a hacer la previsión de cada periodo utilizando $\alpha = 0,6$.
- c) Las llamadas reales en la semana 25 fueron de 85. ¿Qué constante de alisado proporciona una mayor previsión? Explique y justifique la medida del error que ha utilizado.

∴ P 4.44. Utilizando los datos de llamadas al servicio de urgencias del problema anterior, haga las previsiones de las llamadas de las semanas 2 a 25 utilizando un modelo de alisado exponencial con ajuste de tendencia. Suponga una previsión inicial de 50 para la semana 1 y una tendencia inicial nula. Utilice como constantes de alisado $\alpha = 0,3$ y $\beta = 0,2$. ¿Es mejor este modelo que el del problema anterior? ¿Qué ajustes podrían ser útiles para mejorarlo todavía más? (De nuevo, suponga que las llamadas reales ascendieron a 85 en la semana 25).

∴ P 4.45. El distrito escolar de East Dubuque está intentando hacer una previsión de sus necesidades de maestros de guardería para los próximos cinco años. El distrito dispone de datos de nacimientos y matriculaciones en guarderías durante los diez últimos años. *Las matriculaciones en la guardería tiene un retardo de cinco años respecto a los nacimientos.* Haga la previsión de plazas de guardería (matriculaciones) necesarias en los próximos dos años, dados los siguientes datos de los diez años anteriores:

Año	Nacimientos	Matriculaciones	Año	Nacimientos	Matriculaciones
1	131	161	6	130	148
2	192	127	7	128	188
3	158	134	8	124	155
4	93	141	9	97	110
5	107	112	10	147	124

∴ P 4.46. Hace dos años se matricularon 13 alumnos en el curso de dirección de operaciones del Rollins College. En la siguiente tabla se muestra la nota de matemáticas de cada alumno en el examen de entrada en la universidad (SAT) y las medias de sus notas (GPA) tras dos años en el programa de Rollins.

- a) ¿Existe una relación significativa entre la puntuación del examen de matemáticas y las notas obtenidas en el programa?
- b) Si un alumno obtiene una nota de 350 en matemáticas, ¿qué nota cree que obtendrá en el programa?
- c) ¿Qué ocurre en el caso de un alumno que tiene una nota en matemáticas de 800?

Alumno	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Nota SAT	421	377	585	690	608	390	415	481	729	501	613	709	366
Nota GPA	2,90	2,93	3,00	3,45	3,66	2,88	2,15	2,53	3,22	1,99	2,75	3,90	1,60

∴ P 4.47. City Cycles acaba de empezar a vender la bicicleta mountain bike Z-10, mostrándose en la siguiente tabla las ventas mensuales. En primer lugar, Amit quiere hacer una previsión con el método de suavizado alisado exponencial definiendo una previsión inicial para

febrero igual a las ventas de enero con $\alpha = 0,1$. A continuación, Bárbara quiere utilizar una media móvil de tres periodos.

	Ventas	AMIT	Error de AMIT	Error de Bárbara
Enero	400	—		
Febrero	380	400		
Marzo	410			
Abril	375			
Mayo				

- ¿Existe una fuerte tendencia lineal de las ventas a lo largo del tiempo?
- Rellene los datos de la tabla con las previsiones de Amit y Bárbara para mayo y para los meses anteriores.
- Suponga que la cifra de ventas real de mayo asciende a 405. Rellene las columnas de la tabla y después calcule la desviación absoluta media de los métodos de ambos.
- A partir de estos cálculos, ¿qué método parece mejor?

- 4.48.** Sundar Balakrishnan, director general de Precision Engineering Corporation (PEC), cree que los servicios de ingeniería de su empresa, contratados por empresas de construcción de autopistas, están directamente relacionados con el volumen de negocio de construcción de autopistas contratadas a empresas de su región geográfica. Se pregunta si es realmente así y, en caso afirmativo, si puede utilizar esta información para planificar mejor sus operaciones haciendo una previsión de la demanda de sus servicios de ingeniería requerida por empresas de construcción durante cada trimestre del año. La siguiente tabla muestra las ventas de sus servicios y la cantidad total de contratos de construcción de autopistas durante los ocho últimos trimestres.

Trimestre	1	2	3	4	5	6	7	8
Ventas de servicios de PEC (en miles de dólares)	8	10	15	9	12	13	12	16
Contratos (en miles de dólares)	153	172	197	178	185	199	205	226

- Utilizando estos datos, desarrolle la ecuación de la regresión que predice el nivel de demanda de servicios de Precision.
- Calcule el coeficiente de correlación y el error estándar de estimación.

- 4.49.** Salinas Savings & Loan está orgullosa de su larga tradición en Topeka, Kansas. Fundada por Teresita Salinas trece años después de la Segunda Guerra Mundial, esta sociedad de ahorro y préstamos ha superado la racha de problemas financieros y de liquidez que ha sufrido la industria desde 1985. Los depósitos han aumentado lentamente, pero con seguridad, con los años, a pesar de las recesiones de 1960, 1983, 1988, 1991 y 2001. La señora Salinas cree que es necesario tener un plan estratégico a largo plazo para su empresa que incluya una previsión a un año y, preferiblemente incluso, una previsión de los depósitos a cinco años. Examina los datos de los depósitos pasados, y también examina el Producto Estatal Bruto (PEB) de Kansas, en los mismos 44 años (el PEB es análogo al Producto Nacional Bruto, PNB, pero a nivel de los Estados). Los datos resultantes se muestran en la siguiente tabla:

Año	Dépósitos ^a	PEB ^b	Año	Dépósitos ^a	PEB ^b	Año	Dépósitos ^a	PEB ^b
1962	0,25	0,4	1977	2,3	1,6	1992	24,1	3,9
1963	0,24	0,4	1978	2,8	1,5	1993	25,6	3,8
1964	0,24	0,5	1979	2,8	1,6	1994	30,3	3,8
1965	0,26	0,7	1980	2,7	1,7	1995	36,0	3,7
1966	0,25	0,9	1981	3,9	1,9	1996	31,1	4,1
1967	0,30	1,0	1982	4,9	1,9	1997	31,7	4,1
1968	0,31	1,4	1983	5,3	2,3	1998	38,5	4,0
1969	0,32	1,7	1984	6,2	2,5	1999	47,9	4,5
1970	0,24	1,3	1985	4,1	2,8	2000	49,1	4,6
1971	0,26	1,2	1986	4,5	2,9	2001	55,8	4,5
1972	0,25	1,1	1987	6,1	3,4	2002	70,1	4,6
1973	0,33	0,9	1988	7,7	3,8	2003	70,9	4,6
1974	0,50	1,2	1989	10,1	4,1	2004	79,1	4,7
1975	0,95	1,2	1990	15,2	4,0	2005	94,0	5,0
1976	1,70	1,2	1991	18,1	4,0			

^a En millones de dólares.

^b En miles de millones de dólares.

- Utilizando el alisado exponencial, con $\alpha = 0,6$, luego el análisis de tendencia y finalmente una regresión lineal, discuta cuál es el modelo de previsión que se ajusta mejor al plan estratégico de Salinas. Justifique la elección de un modelo frente a los otros.
- Examine los datos cuidadosamente. ¿Puede razonar la exclusión de parte de la información? ¿Por qué? ¿Podría esto cambiar la elección del modelo?



PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

Visite en nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para ver estos problema adicionales: 4.50 hasta 4.62.

■ *Caso de estudio* ■

Universidad de Southwestern: (B)*

Southwestern University (SWU) es una gran universidad estatal de Stephenville, Texas, con 20.000 alumnos matriculados. La universidad es una importante fuerza

motriz en una pequeña ciudad, con más alumnos que residentes permanentes en otoño y primavera.

La SWU siempre ha sido una potencia en fútbol americano; su equipo se encuentra entre los 20 mejores en la clasificación de los equipos universitarios de

* Este caso de estudio está integrado en todo el texto. Otras temas relativos al estadio de fútbol americano de Southwestern son: (A) dirección del proyecto del estadio (Capítulo 3); (C) calidad de las instalaciones (Capítulo 6); (D) análisis del umbral de rentabilidad de los servicios de comida (suplemento al Capítulo 7 en el sitio web); (E) localización del nuevo estadio (Capítulo 8 en el sitio web); (F) planificación del inventario de programas de fútbol (Capítulo 2 sitio web del volumen *Decisiones Tácticas*); (G) Programación del personal de seguridad del campus en los días que hay partido (Capítulo 3 de *Decisiones Tácticas*).

Asistencia a los partidos de fútbol del equipo de Southwestern University, 2000-2005

Partido	2000		2001		2002	
	ASISTENTES	CONTRINCANTE	ASISTENTES	CONTRINCANTE	ASISTENTES	CONTRINCANTE
1	34.200	Baylor	36.100	Oklahoma	35.900	TCU
2*	39.800	Texas	40.200	Nebraska	46.500	Texas Tech
3	38.200	LSU	39.100	UCLA	43.100	Alaska
4**	26.900	Arkansas	25.300	Nevada	27.900	Arizona
5	35.100	USC	36.200	Ohio State	39.200	Rice

Partido	2003		2004		2005	
	ASISTENTES	CONTRINCANTE	ASISTENTES	CONTRINCANTE	ASISTENTES	CONTRINCANTE
1	41.900	Arkansas	42.500	Indiana	46.900	LSU
2*	46.100	Missouri	48.200	North Texas	50.100	Texas
3	43.900	Florida	44.200	Texas A&M	45.900	Prairie View A&M
4**	30.100	Miami	33.900	Southern	36.300	Montana
5	40.500	Duke	47.800	Oklahoma	49.900	Arizona State

*Partidos en casa.

**Durante la cuarta semana de cada temporada Stephenville acoge un festival de artesanía del sudoeste tremendamente popular. Este acontecimiento atrae a decenas de miles de turistas a la ciudad, especialmente los fines de semana, y tiene un evidente impacto negativo sobre la cantidad de público que asiste a los partidos.

fútbol. Desde que en 1999 el SWU contrató al legendario Bo Pitterno como entrenador (con la esperanza de lograr el siempre difícil de alcanzar número 1 del ranking), la afluencia a los cinco partidos que cada año se juegan los sábados en casa ha aumentado. Antes de la llegada de Pitterno, la media normal de asistentes estaba entre 25.000 y 29.000 en cada partido. La venta de entradas en la temporada que se anunció la llegada del nuevo entrenador subió en unas 10.000. Stephenville y la SWU estaban preparados para el gran momento.

Sin embargo, la preocupación inmediata de la SWU no era la posición en el ranking de la NCAA (Liga universitaria de Estados Unidos). Era la capacidad. El estadio que tenía la SWU se había construido en 1953, y tenía capacidad para 54.000 espectadores. La siguiente tabla muestra la asistencia a los partidos durante los seis últimos años.

Una de las peticiones de Pitterno cuando se incorporó al SWU fue la ampliación del estadio, o incluso la posibilidad de un nuevo estadio. Al aumentar la asistencia, los administradores del SWU empezaron a

pensar en estas posibilidades. Pitterno también quería dormitorios solamente para sus jugadores dentro del estadio, como una característica adicional de la ampliación.

El doctor Joel Wisner, presidente de la SWU, decidió que había llegado el momento de que el vicepresidente de desarrollo hiciera una previsión de cuándo el actual estadio llegaría a su límite de capacidad. La expansión, en su opinión, era un hecho. Pero Wisner necesitaba saber cuanto tiempo podía esperar. También solicitó una previsión de los ingresos, suponiendo que el precio medio de la entrada en 2006 sería de 20 dólares y que cada año experimentaría un aumento del 5%.

Preguntas para el debate

1. Elija un modelo de previsión, justificando su elección frente a otras técnicas, y realice la previsión de asistencia hasta 2007.
2. ¿Qué ingresos se esperan en 2006 y 2007?
3. Estudie las alternativas de la escuela.

■ *Caso de estudio* ■

Digital Cell Phone, Inc.

Paul Jordan acaba de ser contratado como analista ejecutivo en Digital Cell Phone Inc. Digital Cell fabrica una amplia gama de teléfonos para el mercado de consumidores particulares. El jefe de Paul, John Smithers, director de operaciones, ha pedido a Paul que se pase por su oficina esta mañana. Tras un breve intercambio de cortesías de rigor con una taza de café, John Smithers le dice que tiene un encargo especial para él. “Hasta ahora siempre nos hemos contentado con adivinar según nuestra opinión cuántos teléfonos tenemos que fabricar al mes. Normalmente nos limitamos a ver cuántos hemos vendido el mes pasado y decidimos fabricar aproximadamente la misma cifra. A veces es un método que funciona muy bien. Pero la mayoría de los meses tenemos, o bien demasiados teléfonos en inventario, o bien rompemos stock. Ninguna de esas situaciones es buena”.

Tras entregar a Paul la tabla mostrada más adelante, Smithers prosigue: “Aquí están los pedidos reales de los 36 últimos meses. Hay 144 teléfonos en cada caja. Espero que, puesto que acabas de terminar tus estudios en la universidad de Alaska, hayas estudiado algunas técnicas que nos ayuden a planificar mejor. Hace mucho tiempo que yo dejé la universidad, y creo que se me ha olvidado la mayoría de las cosas que aprendí entonces. Me gustaría que analizaras estos datos y me dieras una idea de cuál será nuestro volumen de negocio durante los próximos 6 a 12 meses. ¿Crees que podrías hacerlo?”

“Por supuesto —contestó Paul, dando una sensación de confianza mayor de la que realmente tenía—. ¿Cuánto tiempo tengo?”

“Necesito el informe el lunes anterior al día de acción de gracias, es decir, para el 20 de noviembre.

Quiero llevarlo a casa y leerlo durante el puente. Puesto que no estarás esos días, asegúrate de que lo expliques todo detenidamente para que pueda comprender tu recomendación sin tener que hacerte más preguntas. Como eres nuevo en la empresa, creo que deberías saber que me gusta ver todos los detalles y que se me dé una justificación exhaustiva de las recomendaciones que me dan mis empleados”.

Y con eso se acabó la reunión. De vuelta a su oficina, Paul empezó a hacer su análisis.

Mes	Cajas 2003	Cajas 2004	Cajas 2005
Enero	480	575	608
Febrero	436	527	597
Marzo	482	540	612
Abril	448	502	603
Mayo	458	508	628
Junio	489	573	605
Julio	498	508	627
Agosto	430	498	578
Septiembre	444	485	585
Octubre	496	526	581
Noviembre	487	552	632
Diciembre	525	587	656

Preguntas para el debate

1. Prepare el informe solicitado. Ofrezca un resumen de las perspectivas de la industria de teléfonos móviles (utilizando la prensa o recursos en Internet) como parte de la respuesta.

Fuente: Profesor Victor E. Sower, Sam Houston State University.



Caso de estudio en vídeo

Previsiones para Hard Rock Café

Dado el crecimiento de Hard Rock Café, desde un pub en Londres en 1971 hasta más de 110 restaurantes en

más de 40 países en la actualidad, existe una gran demanda corporativa de mejores previsiones. Hard Rock utiliza previsiones a largo plazo para definir su plan de capacidad y previsiones a medio plazo para

Hard Rock Café de Moscú^a

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clientes (en miles)	21	24	27	32	29	37	43	43	54	66
Publicidad (miles de dólares)	14	17	25	25	35	35	45	50	60	60

^a Estas cifras son ficticias y sólo para este caso de estudio.

establecer contratos para productos de cuero (utilizados en las chaquetas) y para artículos de comida como ternera, pollo y cerdo. Todos los meses se hacen previsiones de ventas a corto plazo, para cada restaurante, y entonces se agregan para ser analizadas a nivel de sede central.

El "corazón" del sistema de previsión de ventas es el sistema de punto de venta (POS), el cual, efectivamente, recoge datos de las transacciones de casi todas las personas que atraviesan la puerta de un café. La venta de cada plato principal representa a un consumidor; los datos de ventas de platos principales se transmiten diariamente a la base de datos de la sede corporativa en Orlando. Ahí, el equipo financiero, liderado por Todd Lindsey, pone en marcha el proceso de previsión. Se hacen previsiones mensuales de número de comensales, ventas de tienda, ventas de banquetes y ventas de conciertos (si ha lugar) para cada cafetería. Los directores generales de cada local utilizan la misma base de datos para preparar previsiones diarias en sus locales. El director del local extrae las ventas de ese día en años anteriores, incorporando información de la Cámara de Comercio local o de la oficina de turismo local sobre próximos acontecimientos como una gran convención, un acontecimiento deportivo o un concierto en la ciudad donde se encuentra el local. La previsión diaria se desagra además en ventas por hora, lo que permite programar los horarios de los empleados. Una previsión de ventas de 5.500 dólares en una hora se traduce en 19 puestos de trabajo que se dividen a su vez en un determinado número de camareros, recepcionistas, bármanes y personal de cocina. El programa informático de programación de horarios asigna las personas en función de su disponibilidad. Las discrepancias entre lo previsto y la venta real se analizan después para intentar averiguar por qué se ha cometido un error.

Hard Rock no limita su utilización de herramientas de previsión sólo a las ventas. Para evaluar a los directivos y fijar sus primas se aplica una media móvil pon-

derada de tres años de las ventas de cada local. Si los directores generales de un local superan sus objetivos se les da una prima. Todd Lindsey, en las oficinas centrales, aplica una ponderación del 40% a las ventas del año más reciente, 40% a las ventas del año anterior y 20% a las ventas de hace dos años para calcular su media móvil.

La planificación del menú en Hard Rock nos muestra un ejemplo de aplicación de la estadística aún más sofisticado. Utilizando regresión múltiple los directivos pueden calcular el efecto que tiene la variación del precio de un determinado plato del menú sobre la demanda de otros platos en dicho menú. Por ejemplo, si el precio de las hamburguesas con queso aumenta de 6,99 a 7,99 dólares, Hard Rock Café puede predecir el efecto que tendrá sobre las ventas de sándwiches de pollo, de cerdo y ensaladas. Los directivos realizan este mismo análisis sobre la colocación de cada plato en el tríptico de presentación del menú, ya que los que están en la sección central generan mayores volúmenes de ventas. Cuando un plato, como una hamburguesa, pasa del centro a uno de los dos lados del tríptico, se calcula el efecto correspondiente sobre las ventas de artículos relacionados, como, por ejemplo, patatas fritas.

Preguntas para el debate

1. Describa tres diferentes aplicaciones de las previsiones en Hard Rock. Mencione otras tres áreas en las que cree que Hard Rock podría utilizar los modelos de previsión.
2. ¿Cuál es el papel del sistema de punto de venta para las previsiones de Hard Rock?
3. Justifique la utilización del sistema de ponderación empleado en la evaluación de los directivos para fijar las primas anuales.
4. Señale varias variables, además de las mencionadas en el caso, que se podrían utilizar para predecir las ventas diarias en cada local.

5. En el restaurante del Hard Rock de Moscú el director está intentando evaluar los efectos de la nueva campaña publicitaria sobre el número de clientes. Utilizando los datos de los 10 últimos meses (véase la tabla adjunta), desarrolle la relación por regresión de mínimos cuadrados y después prevea

el número de comensales esperado cuando la publicidad asciende a 65.000 dólares.

* Puede que quiera revisar este caso en vídeo en su CD antes de responder a las preguntas.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestra página personal www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Parque Zoológico de Akron:** Previsión del número de visitantes al zoo de Akron.
- **Human Resources, Inc.:** Desarrollo de un modelo de previsión que se ajuste bien a una pequeña empresa que organiza seminarios sobre dirección.
- **North-South Airline:** Presenta la fusión entre dos compañías aéreas y aborda cuestiones relativas a sus costes de mantenimiento.

Harvard ha seleccionado estos casos de la Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Merchandising en las tiendas Nine West Retail Stores (#698-098):** Esta importante cadena de tiendas de calzado tiene que tomar una decisión sobre comercialización.
- **Nuevas tecnologías, nuevos mercados: el lanzamiento al mercado del vídeo a demanda de la empresa Hong Kong Telecom (#HKU-011):** Pide a los alumnos que analicen las previsiones sobre esta nueva tecnología.
- **Sport Obermeyer Ltd. (#695-022):** Esta empresa de ropa de esquí tiene productos con un ciclo de vida corto y una demanda incierta, además de una cadena de suministros dispersada globalmente.
- **L.L. Bean, Inc. (#893-003):** L.L. Bean tiene que hacer previsiones y gestionar miles de artículos en stock vendidos bajo catálogos.



BIBLIOGRAFÍA

- Diebold, F. X., *Elements of Forecasting*, 3.^a ed. Cincinnati: South-Western College Publishing, 2004.
- Elikai, F., R. Badaranathi y V. Howe, "A Review of 52 Forecasting Software Packages", *Journal of Business Forecasting* 21 (verano 2002): pp. 19-27.
- Georgoff, D. M. y R. G. Murdick, "Manager's Guide to Forecasting", *Harvard Business Review* 64 (enero-febrero 1986): pp. 110-120.
- Gilliland, M., "Is Forecasting a Waste of Time?", *Supply Chain Management Review* 1 (julio 2002).
- Granger, C. W. y J. M. Hashem Pesaran, "Economic and Statistical Measures of Forecast Accuracy", *Journal of Forecasting* 19, n.º 7 (diciembre 2000): pp. 537-560.
- Haksever, C., B. Render y R. Russell, *Service Management and Operations*, 2.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.

- Hanke, J. E., A. G. Reitsch y D. W. Wichern, *Business Forecasting*, 8.ª ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2004.
- Heizer, Jay, "Forecasting with Stagger Charts", *IIE Solutions* 34 (junio 2002): pp. 46-49.
- Herbig, P., J. Milewicz y J. E. Golden, "Forecasting: Who, What, When, and How", *Journal of Business Forecasting* 12, n.º 2 (verano 1993): pp. 16-22.
- Meade, Nigel, "Evidence for the Selection of Forecasting Models", *Journal of Forecasting* 19, n.º 6 (noviembre 2000): pp. 515-535.
- Portougal, V., "Demand Forecast for a Catalog Retailing Company", *Production and Inventory Management Journal* (primero-segundo trimestre 2002): pp. 29-34.
- Render, B., R. M. Stair y M. Hanna, *Quantitative Analysis for Management*, 9.ª ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2006.
- Render, B., R. M. Stair y R. Balakrishnan, *Managerial Decision Modeling with Spreadsheets*, 2.ª ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2006.
- Sanders, N. R. y K. B. Manrodt, "Forecasting Software in Practice". *Interfaces* 33 (septiembre-octubre 2003): pp. 90-93.
- Snyder, Ralph D. y Roland G. Shami, "Exponential Smoothing of Seasonal Data". *Journal of Forecasting* 20, n.º 3 (abril 2001): pp. 197-202.



RECURSOS EN INTERNET

American Statistical Association: www.amstat.org
 Institute of Business Forecasting: www.ibforecast.com
 International Institute of Forecasters:
forecasting.cwru.edu/Institute/Index.html

Journal of Time Series Analysis:
www.blackwellpublishers.co.uk
 Royal Statistical Society: www.rss.org

DISEÑO DE BIENES Y SERVICIOS

5

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: REGAL MARINE

SELECCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS

Las opciones en la estrategia de producto respaldan una ventaja competitiva
Ciclos de vida de los productos
Ciclo de vida y estrategia
Análisis del producto por valor

GENERACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS

Oportunidades de nuevos productos
Importancia de los nuevos productos

DESARROLLO DEL PRODUCTO

Sistema de desarrollo del producto
Despliegue de la función de calidad (DFC/QFD)

Organización para el desarrollo de un producto

Diseño para la fabricación e ingeniería del valor

CUESTIONES RELATIVAS AL DISEÑO DEL PRODUCTO

Diseño robusto
Diseño modular
Diseño asistido por computadora (CAD)
Fabricación asistida por computadora (CAM)

Tecnología de realidad virtual
Análisis del valor
Diseños éticos y ecológicos

COMPETENCIA BASADA EN EL TIEMPO

Compra de tecnología mediante la adquisición de una empresa

Empresas conjuntas (joint ventures)
Alianzas

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Fabricar o comprar
Tecnología de grupos

DOCUMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN

Gestión del ciclo de vida del producto (Product Life-Cycle Management, PLM)

DISEÑO DE SERVICIOS

Documentación de los servicios

APLICACIÓN DE ÁRBOLES DE DECISIÓN AL DISEÑO DE PRODUCTOS

TRANSICIÓN A LA PRODUCCIÓN

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMA RESUELTO

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

DILEMA ÉTICO

EJERCICIO ACTIVE MODEL

PROBLEMAS

PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

CASO DE ESTUDIO: ESTRATEGIA DE PRODUCTO DE DE MAR

CASO DE ESTUDIO EN VÍDEO: DISEÑO DEL PRODUCTO EN REGAL MARINE

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando acabe este capítulo debe ser capaz de:

Identificar o definir:

Ciclo de vida del producto
Equipo de desarrollo del producto
Diseño para la fabricación e ingeniería de valor
Diseño robusto
Competencia basada en el tiempo
Diseño modular
Diseño asistido por computadora
Análisis de valor
Tecnología de grupos
Gestión de la configuración

Explicar:

Alianzas
Ingeniería concurrente
Análisis del producto por valor
Documentación del producto



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: REGAL MARINE

La estrategia del producto genera una ventaja competitiva en Regal Marine

El CAD/CAM se emplea para diseñar el casco de un nuevo producto. Este proceso proporciona un diseño y fabricación más rápidos y eficientes.

Una vez que se ha retirado el casco del barco del molde, se desplaza a lo largo de un monorraíl en la línea de montaje. Un sistema de inventario JIT suministra, en función de las necesidades, motores, sistema eléctrico, asientos, suelos e interiores.

La cubierta se cuelga de unos ganchos del techo para dar los últimos toques antes de unir la al casco.

En la fase final, los barcos pequeños se colocan en un tanque de pruebas, donde una máquina de lluvia comprueba su estanqueidad.

Los yates más grandes, como el lujoso Commodore 4260 Express, se prueban en agua en un lago o un océano. Regal es uno de los pocos fabricantes de yates del mundo que tiene la certificación de calidad ISO 9001:2000.

Treinta años después de que Paul Kuck, un agricultor dedicado al cultivo de patatas, la fundara, Regal Marine se ha convertido en una potente empresa en los mares del mundo. Situada en el tercer puesto mundial por su volumen de fabricación de pequeñas embarcaciones (medido por las ventas globales), Regal exporta a 30 países, incluidas Rusia y China. Casi un tercio de sus ventas se realizan en el extranjero.

El diseño del producto es un factor crucial en el negocio altamente competitivo de las embarcaciones de recreo: "Nos mantenemos en contacto con nuestros clientes y respondemos a las necesidades del mercado —afirma Kuck—. Sólo este año pensamos introducir seis modelos nuevos y puedo afirmar, sin temor a equivocarme, que nos encontramos entre las empresas más ambiciosas del sector".

Con el cambio de gustos de los consumidores, aumentado con los incesantes cambios en los materiales y el constante perfeccionamiento de las técnicas de ingeniería marítima, la función de diseño está sometida a una presión constante. A esta continua presión hay que añadir la constante necesidad de ser competitivos en costes, y la necesidad de ofrecer valor al cliente, es decir, un producto que los clientes valoren positivamente.

Por consiguiente, Regal Marine es un usuario frecuente del diseño asistido por computadora (CAD). Los nuevos diseños salen a la luz a través del sistema tridimensional CAD de Regal, adaptado de la tecnología automovilística. El objetivo de los ingenieros navales de Regal es continuar reduciendo el tiempo desde la concepción del prototipo hasta su fabricación. El sofisticado sistema CAD no sólo ha acortado el tiempo de desarrollo del producto, sino que ha reducido asimismo los problemas de fabricación y producción, lo que se ha traducido en un producto mejor y de gran calidad.

Todos los productos de Regal, desde el de 14 pies y 14.000 dólares, hasta el yate Commodore de 40 pies y 500.000 dólares, siguen un proceso de producción similar. Los cascos y cubiertas se fabrican a mano y por separado, mediante la aplicación con atomizador de tres a cinco capas de un laminado de fibra de vidrio en moldes prefabricados. Una vez endurecidos, los cascos y las proas se sacan de los moldes para pasar a ser las estructuras superior e inferior de la embarcación. A medida que se desplazan por la línea de montaje, se ensamblan y se añaden los componentes necesarios en cada estación de trabajo.

Las cubiertas de madera, cortadas antes en la misma empresa con máquinas de corte y similares guiadas por computadora, se entregan siguiendo un sistema de "justo a tiempo" (JIT) para su instalación en una estación de trabajo. Los motores, que son uno de los pocos componentes comprados, se instalan en otra estación. A continuación, se instalan los conjuntos de equipos eléctricos, diseñados y montados en la empresa. Un departamento interno de tapizado entrega los asientos, camas, cuadros de mandos y otros componentes acolchados, todos ellos personalizados. Finalmente, los adornos cromados se colocan en su sitio, y la embarcación se envía al tanque de pruebas de Regal para comprobar estanqueidad, indicadores y sistemas.

Las empresas globales, como Regal Marine, saben que el fundamento de la existencia de una organización reside en el producto o el servicio que proporciona a la sociedad. Los productos excelentes constituyen la clave del éxito, de manera que todo lo que no equivalga a una estrategia de producto excelente puede resultar funesto para una empresa. Para maximizar las posibilidades de éxito, las grandes empresas se enfocan sólo hacia unos pocos productos y entonces se concentran en ellos. Así, por ejemplo, el enfoque de Honda se centra en los motores. Prácticamente todas las ventas de Honda (automóviles, motocicletas, generadores, segadoras) se basan en su excepcional tecnología de motores. De igual manera, el punto fuerte de Intel reside en los chips informáticos, y el de Microsoft en el software de sus PC. Sin embargo, dado que la mayoría de los productos poseen un ciclo de vida limitado, e incluso predecible, las empresas tienen que estar buscando siempre nuevos productos que diseñar, desarrollar y lanzar al mercado. Los buenos directores de operaciones insisten en la importancia de una buena comunicación entre cliente, producto, procesos y proveedores que se traduce en un porcentaje elevado de éxito para sus nuevos productos. Los patrones de referencia cambian, evidentemente, según el sector de que se trate, pero Regal lanza seis nuevos modelos de embarcaciones al año, y Rubbermaid introduce un nuevo producto ¡cada día!

Una de las estrategias de productos consiste en desarrollar una especial capacidad en la personalización de una familia de bienes o servicios ya establecidos en el mercado. Este enfoque permite al cliente escoger diferentes opciones en el producto al mismo tiempo que se refuerza el punto fuerte de la organización. Así, por ejemplo, Dell Computers ha sabido formarse un gran mercado suministrando computadoras dotadas del hardware y del software que realmente desean sus consumidores finales. Y, además, Dell lo hace de prisa, pues entiende que la rapidez en la comercialización es esencial si se quiere conseguir una ventaja competitiva.

Observe que muchas empresas de servicios se refieren a sus ofertas llamándolas productos. Así, por ejemplo, cuando Allstate Insurance ofrece una nueva póliza de seguro a los propietarios de viviendas, se refiere a ella como un “producto” nuevo. Igualmente, cuando Citicorp abre un departamento de créditos hipotecarios, ofrece un cierto número de “productos” hipotecarios nuevos. Si bien el término *producto* puede referirse, a menudo, a bienes tangibles, también se utiliza en las ofertas de las empresas de servicios.

Una estrategia de producto eficaz relaciona las decisiones sobre éste con los aspectos relativos a inversiones, cuota de mercado y ciclo de vida del producto, y define la amplitud de la línea de producto. El objetivo de la **decisión sobre el producto** es desarrollar e implementar una estrategia de producto que satisfaga las necesidades del mercado con una ventaja competitiva. Como cualquiera de las diez decisiones de dirección de producción, la estrategia del producto puede centrarse en la creación de una ventaja competitiva por medio de la diferenciación, la reducción de costes, la rapidez de respuesta, o una combinación de todos esos factores.

SELECCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS

Las opciones en la estrategia de producto respaldan una ventaja competitiva

Existe una amplia gama de opciones en torno a la selección, definición y diseño de los productos. La selección de un producto consiste en escoger el bien o el servicio que se va a suministrar a los consumidores o clientes. Así, por ejemplo, hay hospitales que se especializan en distintos tipos de pacientes y en diferentes clases de procedimientos médicos. La dirección de un hospital puede tomar la decisión de operar como un hospital general,

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Diseño de bienes y servicios

Gestión de la calidad
Estrategia de procesos

Estrategias de localización

Estrategias de layout

Recursos humanos

Gestión de la cadena de suministros

Gestión del inventario

Programación

Mantenimiento

Decisión sobre el producto

La selección, definición y diseño de los productos.



Vídeo 5.1

Estrategia del producto en Regal Marine

El diseño del producto se puede poner de manifiesto por sí mismo en conceptos, tecnología, y presentación (envasado).

Independientemente de que el diseño se centre en el estilo en Nike, en la aplicación de la tecnología en Viseon, o en un nuevo envase en Sherwin-Williams, los directores de operaciones deben recordar que el proceso creativo es continuo y tiene grandes repercusiones en la producción.

Conceptos: Nike, siguiendo su estilo creativo, ha convertido las zapatillas de deporte, de un producto utilitario, a un accesorio de moda y, en el proceso, reinventa continuamente todos los elementos de la zapatilla, incluyendo el talón.

Tecnología: El Visifone de Viseon utiliza la última tecnología para permitir hacer llamadas de vídeo con una conexión a Internet.

Envasado: El Dutch Boy de Sherwin Williams ha revolucionado la industria de la pintura con su nuevo bote de pintura Gira & Vierte.

como una maternidad o, como ocurre con el hospital canadiense Shouldice, especializarse en el tratamiento de hernias. Los hospitales seleccionan sus productos cuando deciden qué tipo de hospital quieren ser. Existen otras muchas opciones o alternativas para los hospitales, al igual que las hay para McDonald's o para General Motors.

Las organizaciones de servicios como el Hospital Shouldice se *diferencian* por su producto. Shouldice se diferencia ofreciendo un producto decididamente único y de gran calidad. Su especialización en el tratamiento de las hernias, de prestigio mundial, es tan eficaz que permite que los pacientes recuperen su vida normal en un plazo de ocho días, a diferencia del promedio normal de dos semanas, y, además, con muy pocas complicaciones. Todo el sistema de producción está diseñado para este único producto. Se recurre a anestesiólogos locales; los pacientes entran en el quirófano y salen de él por su propio pie; las habitaciones son espartanas, y se sirven las comidas en un comedor común, animando a los pacientes a levantarse de la cama para ir a comer y reunirse con otros pacientes en la sala de estar. Como demuestra el caso de Shouldice, la selección del producto afecta a todo el sistema de producción.

Taco Bell ha desarrollado y aplicado una estrategia de *bajo coste* a través del diseño del producto. Al diseñar un producto (su menú) que puede producirse con una mano de obra mínima en cocinas de pequeñas dimensiones, Taco Bell ha conseguido elaborar una línea de productos de bajo coste y de gran calidad. El éxito en el diseño del producto ha permitido a Taco Bell aumentar el contenido en alimentos de sus productos de 27 a 45 centavos por cada dólar de ventas.

La estrategia de Toyota se basa en dar una *respuesta rápida* a las demandas cambiantes de los consumidores. Al poner en marcha el diseño automovilístico más rápido de la industria, Toyota ha rebajado el plazo de desarrollo de sus productos a bastante menos de dos años, en una industria en la que el promedio sigue siendo superior a los dos años. La reducción de sus ciclos de desarrollo permite a Toyota poner un automóvil en el mercado antes de que cambien los gustos del consumidor, y lo hace con las últimas tecnologías e innovaciones.

Las decisiones sobre el producto son fundamentales en la estrategia de una organización, y tienen consecuencias muy importantes en toda la función de operaciones. Así, por ejemplo, la barra de dirección de los automóviles de GM constituye una buena muestra del importante papel que desempeña el diseño del producto, tanto en el apartado de la calidad como en el de la eficiencia. La nueva barra de dirección tiene un diseño más sencillo, con alrededor de un 30% menos de componentes que el modelo anterior. El resultado es que el tiempo de montaje se reduce en un tercio respecto al anterior, y la calidad del nuevo árbol se multiplica prácticamente por siete. Como ventaja adicional, la maquinaria de la nueva línea cuesta aproximadamente un tercio menos que la de la línea antigua.

Ciclos de vida de los productos

Los productos nacen, viven y mueren. Son desechados por una sociedad cambiante. Puede resultar útil dividir la vida de un producto en cuatro fases. Esas fases son la introducción, el crecimiento, la madurez y el declive.

Los ciclos de vida de los productos pueden ser cuestión de unas pocas horas (un periódico) de meses (moda de temporada, los PC), de años (las cintas de videocasete), o de décadas (el Escarabajo de Volkswagen). Independientemente de la duración del ciclo, el trabajo del director de operaciones es el mismo: diseñar un sistema que ayude a la introducción de nuevos productos con éxito. Si la función de operaciones no actúa de forma eficaz en esta etapa, la empresa puede cargarse de productos perdedores: productos que no pueden producirse de forma eficiente o, quizás, de ninguna forma.

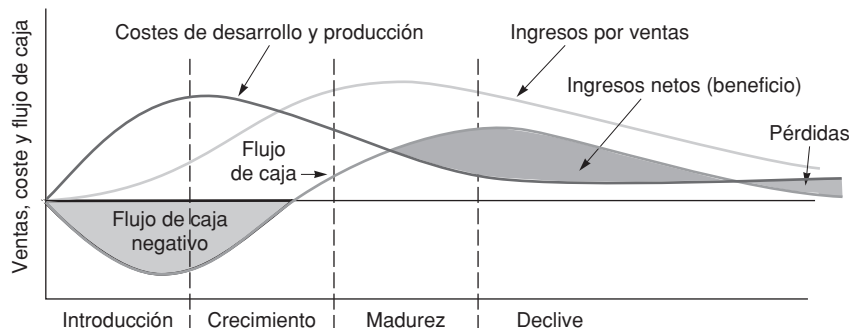


FIGURA 5.1 ■ Ciclo de vida de un producto, ventas, costes y beneficios

La Figura 5.1 muestra las cuatro etapas del ciclo de vida, y la relación entre ventas del producto, flujos de caja (*cash flow*) y beneficios a lo largo del ciclo de vida de un producto. Observe que normalmente una empresa tiene un flujo de caja negativo mientras desarrolla el producto. Cuando el producto tiene éxito se pueden recuperar esas pérdidas. Finalmente, el producto de éxito puede reportar beneficio antes de iniciar su declive. De cualquier forma, el beneficio es fugaz, y de aquí la constante demanda de nuevos productos.

Ciclo de vida y estrategia

Así como los directores de operaciones deben estar preparados para desarrollar nuevos productos, también deben estarlo para desarrollar *estrategias* para los productos nuevos y para los ya existentes. Es conveniente realizar un examen periódico de los productos, ya que las *estrategias cambian mientras que los productos se mueven a lo largo de su ciclo de vida*. Las estrategias de productos de éxito requieren definir la mejor estrategia para cada producto en función de su posición en su ciclo de vida. Por eso, una empresa debe determinar sus productos o familia de productos y su posición en el ciclo de vida. Veamos algunas opciones estratégicas mientras el producto atraviesa su ciclo de vida.

Fase de introducción Debido a que los productos en la fase de introducción todavía se están ajustando a las exigencias del mercado, al igual que sus técnicas de producción, es posible que haya que incurrir en gastos extraordinarios en (1) investigación, (2) desarrollo del producto, (3) modificación y perfeccionamiento de los procesos, y (4) desarrollo de proveedores. Así, por ejemplo, cuando se lanzaron por primera vez los teléfonos móviles, todavía se estaban determinando las características y las funciones que el público iba a desear, y, al mismo tiempo, los directores de producción estaban tanteando el terreno a la búsqueda de las mejores técnicas de producción.

Fase de crecimiento En la fase de crecimiento, el diseño del producto ha empezado a estabilizarse, y es necesaria una previsión eficaz de las necesidades de capacidad. Puede resultar necesario incrementar la capacidad o utilizar aún más la capacidad existente para amoldarse al incremento de la demanda del producto.

Fase de madurez Con el paso del tiempo, el producto pasa a la fase de madurez; los competidores son conocidos. Entonces pueden resultar convenientes sistemas de producción innovadores y de gran volumen de producción. La mejora del control de costes, la

reducción en las opciones y un recorte en la línea del producto pueden ser medidas eficaces o necesarias con vistas a la rentabilidad y a la cuota de mercado.

Fase de declive La dirección no puede tener miramientos con aquellos productos cuyo ciclo de vida está llegando a su fin. Los productos “moribundos” son habitualmente malos candidatos para la inversión de recursos y talentos. A menos que los productos en declive aporten algo especial a la reputación de la empresa o a la línea de productos, o que puedan venderse con una contribución marginal excepcionalmente elevada, habría que dejar de producirlos¹.

Análisis del producto por valor

Un director de operaciones eficaz selecciona los artículos que sean más prometedores. Es el principio de Pareto (es decir, hay que centrarse en lo poco que es esencial, y no en lo mucho que es trivial), aplicado a la gama de productos: hay que invertir los recursos en los pocos pero importantes, soslayando los muchos y secundarios. El **análisis del producto por valor** muestra una lista de los productos por orden descendente en función de su *contribución individual en unidades monetarias (dólares, euros...)* a la empresa. También ofrece una relación de la contribución anual total en *unidades monetarias (dólares, euros...)* del producto. Una contribución baja por unidad de un producto concreto puede verse de forma muy distinta si representa una gran parte de las ventas de la empresa.

El informe del producto según valor permite a la dirección valorar las posibles estrategias aplicables a cada producto. En el informe puede incluirse información sobre los flujos de caja (por ejemplo, el aumento de la contribución mediante el incremento del precio de venta o la reducción de costes), el incremento de la penetración en el mercado (mejora de la calidad y/o reducción de costes o precios), o la reducción de los costes (perfeccionando el proceso de producción). El informe puede igualmente revelar a la dirección qué productos habría que eliminar, y cuáles no consiguen justificar la conveniencia de seguir invirtiendo en investigación y desarrollo o en bienes de equipo. El informe centra la atención de la dirección en la orientación estratégica de cada producto.

GENERACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS

Puesto que los productos mueren, puesto que hay que desecharlos y sustituirlos, y puesto que las empresas obtienen la mayoría de sus ingresos y beneficios de los nuevos productos, la selección, definición y diseño de los productos son actividades que hay que realizar de forma continua. Es indispensable saber cómo identificar y desarrollar con éxito nuevos productos.

Oportunidades de nuevos productos

Una técnica para generar nuevos productos es la tormenta de ideas. La **tormenta de ideas (Brainstorming)** es una técnica en la que un grupo de personas comparte, sin críticas, ideas sobre determinado tema. El objetivo de esta aplicación es generar un debate abierto que generará ideas creativas sobre posibles productos y mejoras de los productos. Aunque las empresas pueden recurrir a la tormenta de ideas en diversas etapas del desarrollo de un nuevo producto, el centrarse directa y enérgicamente en oportunidades concretas, como se señala a continuación, es a menudo muy productivo.

Análisis del producto por valor

Lista de productos en orden descendente según la contribución individual en dólares a la empresa, así como la contribución anual total, en dólares también, del producto.

Tormenta de ideas (Brainstorming)

Una técnica a aplicar en equipo para generar ideas creativas sobre un tema determinado.

¹ Se define la contribución marginal de un producto como la diferencia entre el coste directo y el precio de venta de aquél. El coste directo viene dado por la mano de obra y los materiales que se utilizan para fabricar el producto.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

LAS IDEAS PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS EN STRYKER PROVIENEN DE SUS PROPIOS CLIENTES

La empresa de productos hospitalarios Homer Stryker ha estado en la lista Forbes de las mejores PYMES estadounidenses durante 10 años consecutivos. Después de sus modestos comienzos hace 50 años, fundada por un inteligente ortopedista, Stryker Corporation ofrece en la actualidad una gama de productos que incluye taladros y sierras para cortar huesos, camas para hospitales, prótesis de caderas y videocámaras para cirugía interna.

El punto fuerte de Stryker ha sido el lanzamiento constante de nuevos productos. Al operar con divisiones independientes, cada una de ellas con su propio personal de ventas altamente cualificado y formado, Stryker sabe cómo escuchar a sus clientes. Los vendedores de Stryker actúan *de facto* como un verdadero equipo de I+D. La mayoría de las nuevas ideas sobre productos proviene del personal de ventas trabajando directamente con los cirujanos y a menudo estando en el quirófano junto al cirujano. Ahí pueden observar a los médicos en acción, escribir sus

comentarios, y sugerir maneras de mejorar una sierra, un implante de cadera o una cama.

A título de ejemplo, los oftalmólogos se quejaban de la falta de movilidad de la zona donde se apoya la cabeza del paciente en las camas. Comentaban lo difícil que era colocar la cabeza de los pacientes en la posición deseada. La gente de Stryker tomó buena nota, y la empresa diseñó una cama con un reposacabezas móvil.

Otro nuevo producto es una diminuta videocámara, de 18.000 dólares, que se coloca en el interior de un tubo largo que se introduce a través del abdomen, para intervenir quirúrgicamente la vesícula biliar. Guiado por la cámara, el cirujano puede operar rápidamente con sólo una minúscula incisión. En vez de estar hospitalizado durante una semana, el paciente es dado de alta al día siguiente de la intervención. Este producto, y otros similares de las 12 divisiones de Stryker, reflejan la infatigable atención dedicada a la contención de costes sanitarios, sin perjuicio de centrarse en una activa política de ventas. El desarrollo eficaz del producto constituye una clave fundamental para la rentabilidad de Stryker.

Fuentes: *Forbes* (13 de mayo de 2002), 104-108; *Knight Ridder Tribune Business News* (26 de julio de 2004), 1, y *Drug Week* (4 de julio de 2003), 37.

1. *Comprender al consumidor* debe ser la cuestión principal en el desarrollo de un nuevo producto. Muchos productos de importancia comercial derivan de ideas, e incluso prototipos, de los usuarios, y no de los fabricantes. Estos productos suelen ser desarrollados por “usuarios líderes”, empresas, organizaciones o individuos que están muy por delante de las tendencias del mercado y tienen necesidades que van más allá de las del usuario medio². El director de operaciones debe estar “sintonizando” al mercado, y sobre todo a estos usuarios líderes. El recuadro de *dirección de producción en acción* sobre “Las ideas para el desarrollo de producto en Stryker provienen de sus propios clientes” analiza cómo se mantiene sintonizada la empresa Stryker y cómo mantiene su flujo de nuevas ideas.
2. Los *cambios económicos* dan lugar a una mayor riqueza a largo plazo, aunque haya cambios en los ciclos económicos y en los precios a corto plazo. A la larga, por ejemplo, cada vez es mayor el número de gente que puede permitirse adquirir un automóvil; pero, a corto plazo, una recesión puede debilitar la demanda.
3. Los *cambios demográficos* y sociológicos pueden manifestarse en factores tales como una reducción del tamaño de la familia, tendencia que repercute en las preferencias de los consumidores a la hora de escoger la amplitud de su residencia o apartamento, o del tamaño de su automóvil.

“Las empresas que tienen éxito en la actualidad... son las que consiguen acercarse más a las necesidades de sus consumidores”.

Junta de la Reserva
Federal

² Eric von Hippel, Stefan Thomke y Mary Sonnack, “Creating Breakthroughs at 3M”, *Harvard Business Review* 71, n.º 5, (septiembre-octubre de 1999), 47-57.

4. Los *cambios tecnológicos* hacen posible cualquier cosa, desde computadoras de mano hasta teléfonos móviles, pasando por corazones artificiales.
5. Los *cambios políticos y legales* conllevan nuevos acuerdos comerciales y arancelarios, y nuevos requisitos gubernamentales para poder trabajar para la Administración.
6. Otros cambios pueden emanar de las *prácticas del mercado*, las *normas profesionales*, los *proveedores* y los *distribuidores*.

Los directores de operaciones deben ser conscientes de esos factores, y ser capaces de anticipar cambios en las oportunidades de producto, en los mismos productos, en su volumen y en su gama.

Importancia de los nuevos productos

Más del 30% de las ventas anuales de Rubbermaid proviene de productos con menos de cinco años.

No se puede subestimar la importancia de los nuevos productos. Como se refleja en la Figura 5.2, las empresas líderes obtienen una sustancial parte de sus ventas de los productos que tienen menos de cinco años de antigüedad³. Ésta es la razón por la que Gillette desarrolló su nueva maquinilla de afeitar con tres cuchillas, a pesar de las permanentemente elevadas ventas de su maquinilla Sensor, de un éxito excepcional.

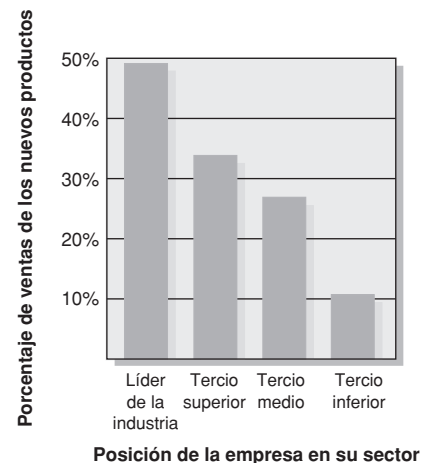
A pesar de los continuos esfuerzos por introducir nuevos productos viables, muchos no logran tener éxito. En efecto, a General Mills no le resulta fácil sacar un producto triunfador al mercado de los cereales para el desayuno, definido como un producto que pueda acaparar medio punto porcentual del mercado. Entre las 10 primeras marcas de cereales, la más nueva, Honey Nut Cheerios, fue creada en 1979. DuPont estima que hacen falta 250 ideas para lograr un producto *comercial*⁴.

Motorola analizó 3.000 modelos antes de sacar al mercado su primer teléfono móvil de bolsillo.

Como puede ver, la selección, definición y diseño del producto son actividades frecuentes, tal vez se producen cientos de veces por cada producto que tiene éxito desde el punto de vista financiero. Los directores de operaciones y sus organizaciones tienen que

FIGURA 5.2 ■ Porcentaje de ventas de productos introducidos en los cinco últimos años

Cuanto mayor sea el porcentaje de ventas de productos introducidos en los cinco últimos años, mayores serán las probabilidades de que la empresa se encuentre a la vanguardia del mercado.



³ Barry L. Bayus, Gary Erickson y Robert Jacobson. "The Financial Rewards of New Product Introductions in the Personal Computer Industry", *Management Science* 49, n.º 2 (febrero de 2003), 193-210.

⁴ Rosabeth Kanter, John Kao y Fred Wiersema, *Innovation Breakthrough Thinking at 3M, DuPont, GE, Pfizer, and Rubbermaid* (Nueva York: Harper-Business, 1997).

ser capaces de asumir riesgos y tolerar los fracasos. Deben tener en cuenta un elevado volumen de ideas sobre nuevos productos al mismo tiempo que sacan adelante las actividades en las que ya están inmersos.

DESARROLLO DEL PRODUCTO

Sistema de desarrollo del producto

Una estrategia eficaz del producto vincula las decisiones sobre el producto a factores tales como el flujo de caja, la dinámica del mercado, el ciclo de vida del producto y las capacidades de la organización. Una empresa tiene que tener liquidez para desarrollar el producto, comprender los cambios que suceden continuamente en el mercado y disponer de los recursos y de las habilidades adecuadas. El sistema de desarrollo del producto puede perfectamente determinar no sólo su éxito, sino también el futuro de la empresa. La Figura 5.3 muestra las fases de desarrollo del producto. En este sistema, las opciones del producto pasan por una serie de etapas, y cada una dispone de sus propios criterios de revisión y evaluación y ofrece retroinformación para los pasos previos.

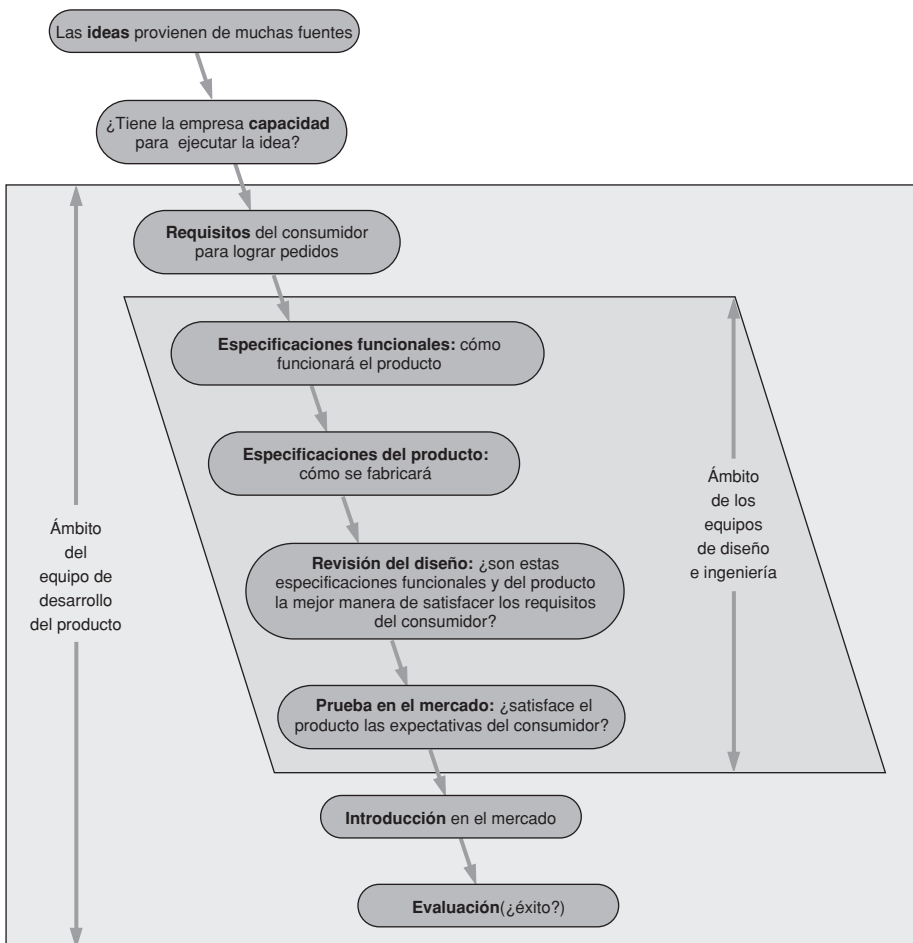


FIGURA 5.3 ■ Etapas del desarrollo del producto

Los conceptos sobre el producto se elaboran a partir de diversas fuentes, tanto externas como internas de la empresa. Los conceptos que sobreviven a la fase de mera idea atraviesan varias etapas y se revisan casi constantemente, con feedback y evaluación permanente en un ambiente muy participativo, para minimizar las posibilidades de un fracaso.

El proceso de chequeo se amplía a la función de operaciones. El desarrollo óptimo del producto depende no sólo del respaldo que se tenga en las otras partes de la empresa, sino también del éxito en la integración de las 10 decisiones de dirección de operaciones, desde el diseño del producto hasta el mantenimiento. La identificación de productos que parecen tener probabilidades de captar cuota de mercado, ser eficaces en términos de costes, y rentables pero que, de hecho, son muy difíciles de producir, podría provocar un fracaso más que permitir alcanzar el éxito⁵.

Despliegue de la función de calidad (DFC/QFD)

Despliegue de la función de calidad (DFC/QFD)

Proceso para la determinación de las necesidades del cliente (sus "deseos") y para su traducción en atributos (los "cómo") que cada área funcional pueda comprender y actuar en consecuencia.

Casa de la calidad

Una parte del proceso de despliegue de la función de calidad que utiliza una matriz de planificación para establecer relaciones entre "los deseos" del cliente y "cómo" va la empresa a satisfacer dichas necesidades.

El despliegue de la función de calidad (DFC, o *Quality Function Deployment*, QFD) se refiere tanto a la determinación de lo que va a satisfacer al cliente, como a la traducción de dichos deseos en objetivos de diseño⁶. De lo que se trata es de llegar a comprender con profundidad las necesidades de cliente y de identificar diferentes soluciones de proceso. A continuación se incorpora esta información al diseño del producto en desarrollo. Se utiliza el QFD en una fase temprana del proceso de diseño para determinar *qué satisfará al cliente y dónde hay que desplegar los esfuerzos de calidad*.

Una de las herramientas del QFD es la casa de la calidad. La **casa de la calidad** consiste en una técnica de representación gráfica que sirve para definir la relación existente entre los deseos del cliente y el producto (o servicio). Los directores de operaciones podrán elaborar productos y procesos con las características que deseen los clientes sólo si determinan esta relación de una manera rigurosa. La definición de esta relación constituye el primer paso para crear un sistema de producción de prestigio mundial. Para "construir" la casa de la calidad, debemos dar siete pasos fundamentales:

1. Identificar los *deseos* de los clientes (qué quieren obtener los futuros clientes de este producto).
2. Determinar *cómo* satisfará el bien/servicio las necesidades del cliente (determinar las características, rasgos o atributos específicos del producto, y mostrar cómo satisfarán las *necesidades* del cliente).
3. Relacionar los deseos del cliente con los "*cómo*" del producto (construir una matriz, como en el Ejemplo 1, que muestre esta relación).
4. Identificar las relaciones entre los *cómo* de la empresa (cómo se relacionan nuestros *cómo*). Por ejemplo, en el siguiente ejemplo existe una estrecha relación entre el bajo requerimiento de electricidad y el autoenfoco, la autoexposición y el avance automático de la película, porque todos ellos necesitan electricidad. Esta relación se representa en el "techo" de la casa en el Ejemplo 1.
5. Definir índices de importancia. (Utilizando los índices de importancia de los *clientes* y los pesos para las relaciones entre los *deseos* del cliente con los "*cómo*" del producto mostradas en la matriz, calcule *nuestros* índices de importancia, como en el Ejemplo 1).
6. Evaluar los productos competidores (en qué medida satisfacen los deseos del cliente los productos de la competencia). Esa evaluación, como se muestra en las dos columnas que están a la derecha de la figura en el Ejemplo 1, se basaría en un estudio del mercado.

⁵ Rohit Verma, Gary M. Thompson, William L. Moore y Jordan J. Louviere, "Effective Design of Products/Services: An Approach Based on Integration of Marketing and Operations Management Decisions", *Decision Sciences* 32, n.º 1 (invierno de 2001), 165-193.

⁶ Véase la obra del creador del QFD, Yoji Akao, ed., *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design* (Cambridge, MA: Productivity Press, 1990).

- 7. Determinar los atributos técnicos deseables, y el nivel que alcanza nuestra empresa y nuestros competidores en la consecución de aquéllos (esto se hace en la parte inferior de la figura del Ejemplo 1).

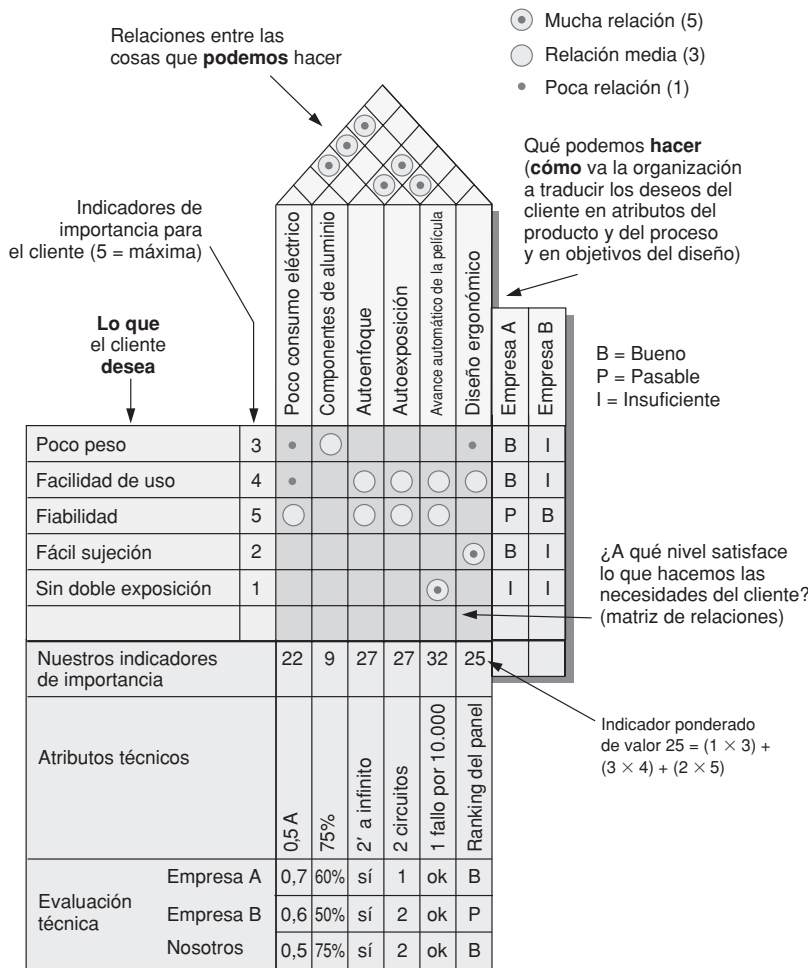
El Ejemplo 1 muestra cómo se construye una casa de la calidad.

Construcción de una casa de la calidad

Recurriendo en primer lugar a un amplio estudio del mercado, Great Cameras, Inc., determinó los *deseos* del cliente, lo que *querían*, deseos que se indican a la izquierda en la casa de la calidad y que son los siguientes: poco peso, facilidad de manejo, fiabilidad, facilidad de sujeción y eliminación de doble exposición. En segundo lugar, el equipo de desarrollo del producto determinó *cómo* la organización iba a traducir esos *deseos* del cliente en objetivos de atributos del diseño del producto y del proceso. Esos *cómo* se introducen en la parte superior de la casa de la calidad. Esas características son: bajo consumo en electricidad, componentes de aluminio, autoenfoque, autoexposición, avance automático de la película y diseño ergonómico.

EJEMPLO 1

Casa de la calidad en el despliegue de la función de calidad (QFD)



El programa QFD Capture Software ayuda a la dirección a asignar prioridades para elegir mejores productos y servicios. Puede obtener una versión de evaluación gratuita en www.qfdcapture.com.

En tercer lugar, el equipo del producto evaluó cada uno de los *deseos* del cliente en relación a los *cómo*. En la matriz de relaciones de la casa, el equipo valoró en qué grado su diseño iba a satisfacer las necesidades del cliente. En cuarto lugar, en el “techo” de la casa, el equipo de desarrollo del producto expuso la relación entre los atributos.

En quinto lugar, el equipo elaboró indicadores de importancia para sus atributos de diseño en la fila interior de la tabla. Esto se llevó a cabo asignando valores (5 alto, 3 medio, 1 bajo) a cada entrada en la matriz de relaciones, y multiplicando, a continuación, cada uno de esos valores por los índices de importancia del cliente. Esos valores en la fila de “nuestros índices de importancia” establecen una jerarquía para saber cómo proceder en el diseño del producto y del proceso, siendo los valores altos los decisivos para un producto de éxito.

En sexto lugar, la casa de la calidad se utiliza también para valorar a la competencia. ¿En qué medida satisface la *competencia* las demandas del cliente? Las dos columnas más a la derecha indican el juicio que merece en un estudio de mercado la respuesta de la competencia a los deseos del cliente (**Bueno, Pasable, Insuficiente**). Así vemos que la empresa A responde bien en los apartados de “ligereza”, “fácil manejo” y “fácil sujeción”, sólo aceptablemente en los de “fiabilidad”, y de manera insatisfactoria en “sin doble exposición”. La empresa B funciona bien en el apartado de “fiabilidad”, pero mal en otros atributos. Pueden añadirse productos de otras empresas, o incluso el producto propuesto, al lado de la empresa B.

En séptimo lugar se identifican los atributos técnicos críticos para la cámara y se evalúa lo bien que Great Cameras Inc. y los competidores consiguen estos atributos. Aquí, el equipo de Great Cameras Inc. decidió que había que incluir como atributos críticos el amperaje necesario, el porcentaje de componentes de aluminio, la distancia de autoenfoque, el número de circuitos, los fallos por 10.000 exposiciones de avance automático, y una valoración de expertos en diseño ergonómico.

Otra aplicación del despliegue de la función de calidad (QFD) es mostrar cómo va a *desplegarse* el esfuerzo de calidad. Como indica la Figura 5.4, las *características de diseño* de la Casa 1 se convierten en la información de entrada de la Casa 2, y estas características se cumplen gracias a *componentes específicos* del producto. De la misma manera, este concepto se traslada a la Casa 3, en donde los componentes específicos deben satisfacerse

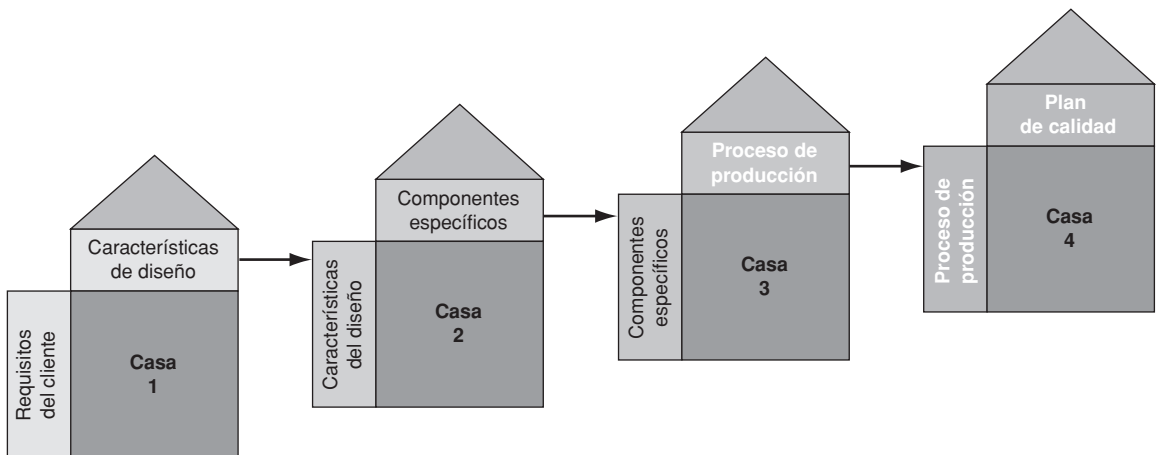


FIGURA 5.4 ■ La secuencia de la casa de la calidad indica cómo se deben desplegar los recursos para satisfacer los requisitos del cliente

mediante unos *procesos de producción* específicos. Una vez que se han definido esos procesos de producción, éstos se convierten en necesidades de la Casa 4, que han de ser satisfechas por un *plan de calidad* que garantizará la conformidad de esos procesos. El plan de calidad es un conjunto de tolerancias, procedimientos, métodos y técnicas de muestreo específicas que aseguran que el proceso de producción satisface los requisitos del cliente.

Gran parte de la literatura existente sobre el QFD y los esfuerzos en este ámbito prestan atención a la satisfacción de los requisitos del cliente a través de las características del diseño (la Casa 1 en la Figura 5.4), y no se debe despreciar su importancia. Sin embargo, la secuencia de casas presentada constituye una forma muy eficaz de determinar, comunicar y asignar recursos en el sistema de desarrollo de un producto. La serie de casas ayuda a los directores de operaciones a determinar dónde desplegar los recursos de calidad. De esta forma cumplimos los requisitos del cliente, fabricamos productos de calidad y conseguimos pedidos.

La excelencia del producto implica determinar qué es lo que quiere el consumidor, y ofrecérselo.

Organización para el desarrollo de un producto

Vamos a analizar cuatro enfoques de organización para desarrollar un producto. En primer lugar, en Estados Unidos la forma tradicional de enfocar el desarrollo del producto consiste en una organización con distintos y bien definidos departamentos: un departamento de investigación y desarrollo que lleva a cabo los trabajos de investigación necesarios; un departamento de ingeniería que diseña el producto; un departamento de ingeniería de fabricación para diseñar un producto que se pueda producir; y un departamento de producción que se encarga de la fabricación del producto. La ventaja clara de este planteamiento es la existencia de deberes y responsabilidades perfectamente definidos, y su evidente desventaja su falta de visión global; en efecto, ¿cómo se las ingeniaron los departamentos encargados de las fases posteriores de la producción para entender los conceptos, las ideas y los diseños que se les presenten?, y, en última instancia, ¿qué va a pensar el consumidor final sobre el producto?

El *segundo* y más frecuente planteamiento es nombrar a un director de producto (*product manager*) para que “lidere” el producto durante su sistema de desarrollo y con respecto a las organizaciones relacionadas. Sin embargo, un *tercer* planteamiento de desarrollo del producto, quizás el mejor de los utilizados en Estados Unidos, consiste en utilizar equipos. Dichos equipos son conocidos con diversos nombres: *equipos de desarrollo del producto*, *equipos de diseño para la fabricación*, o *equipos de ingeniería del valor*.

Los japoneses utilizan un *cuarto* planteamiento. Se olvidan del tema de los equipos al no dividir sus organizaciones en investigación y desarrollo, ingeniería, producción, etcétera. En coherencia con el estilo japonés de esfuerzo de grupo y trabajo en equipo, esas actividades están todas ellas en una organización. La cultura japonesa y el estilo de dirección son más colegiales, y la organización menos estructurada que en la mayoría de los países occidentales. Por consiguiente, a los japoneses les parece superfluo disponer de “equipos” con las necesidades consiguientes de comunicación y coordinación. Sin embargo, el estilo típico occidental y lo que se juzga como normal es tener equipos.

Los **equipos de desarrollo del producto** tienen la responsabilidad de pasar de los requisitos que fija el mercado para el producto al éxito de dicho producto (revise la Figura 5.3). Estos equipos incluyen, a menudo, representantes de personal de marketing, fabricación, compra, aseguramiento de la calidad y servicio postventa. Muchos equipos incluyen asimismo representantes de los proveedores. Independientemente de la naturaleza formal del esfuerzo en el desarrollo del producto, la investigación sugiere que es más probable tener éxito en un entorno abierto y altamente participativo, donde todos los que pueden aportar algo tienen oportunidad de aportarlo. El objetivo de un equipo de desarrollo de

Equipos de desarrollo del producto

Se trata de equipos encargados de pasar de los requisitos que impone el mercado para el producto al éxito de dicho producto.

Ingeniería concurrente

Utilización de equipos que participan a la vez en actividades de diseño y de ingeniería.

Diseño para la fabricación (fabricabilidad) e ingeniería del valor

Actividades que ayudan a mejorar el diseño, la producción, el mantenimiento y la utilización de un producto.

un producto es conseguir que el bien o el servicio sea un éxito. Esto comprende los aspectos de comercialización, manufacturación y servicio postventa.

La utilización de estos equipos se denomina también **ingeniería concurrente**, e implica un equipo que represente a todas las áreas afectadas (conocido como *equipo multifuncional o multidisciplinar*). La ingeniería concurrente implica también una aceleración del desarrollo del producto a través de la realización simultánea de diferentes aspectos de desarrollo del producto⁷. El sistema de equipos constituye la estructura dominante para el desarrollo del producto en las organizaciones más importantes de Estados Unidos.

Diseño para la fabricación e ingeniería del valor

Las actividades de **diseño para la fabricación e ingeniería del valor** se ocupan de la mejora del diseño y de las especificaciones del producto en las fases de investigación, desarrollo, diseño y producción del desarrollo del producto. Aparte de la evidente reducción inmediata de los costes, el diseño para la fabricación y la ingeniería del valor pueden producir otros beneficios, entre los que se encuentran:

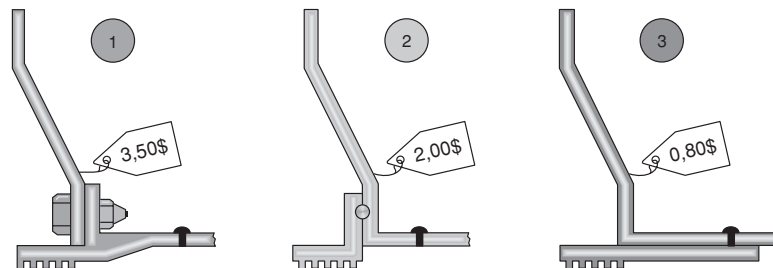
1. Una menor complejidad del producto.
2. La normalización (estandarización) adicional de los componentes.
3. La mejora de los aspectos funcionales del producto.
4. Un mejor diseño del puesto de trabajo y de su seguridad.
5. Una mayor facilidad para realizar actividades de mantenimiento en el producto y en consecuencia mayor posibilidad de dar buen servicio.
6. Diseño robusto.

Las actividades de diseño para la fabricación y de ingeniería del valor pueden constituir la mejor técnica de prevención de costes de la que dispone la dirección de operaciones. Proporcionan una mejora del valor, al centrarse en conseguir las especificaciones funcionales necesarias para satisfacer los requisitos del cliente de forma óptima. Los programas de ingeniería del valor, cuando se gestionan bien, suelen reducir los costes entre un 15 y un 70% sin disminuir la calidad. Algunos estudios han indicado que por cada dólar gastado en ingeniería del valor pueden ahorrarse de 10 a 25 dólares.

El diseño del producto afecta prácticamente a todos los aspectos de los gastos operativos. Así pues, el proceso de desarrollo necesita garantizar una evaluación a fondo del diseño antes de comprometerse a producir. La Figura 5.5 indica la reducción de costes lograda para una abrazadera gracias a la ingeniería del valor.

FIGURA 5.5 ■ Reducción de costes de una abrazadera a través de la ingeniería del valor

Cada vez que se rediseña y simplifica la abrazadera, podemos producirla de forma más barata.



⁷ Las empresas que se encuentran en un entorno competitivo con muchos cambios tecnológicos o del producto tienden a recurrir más a las prácticas de ingeniería concurrente. Véase Xenophon Koufteros, Mark Vonderembse y William Doll, "Concurrent Engineering and its Consequences", *Journal of Operations Management* 19, n.º 1 (enero de 2001), 97-115.

CUESTIONES RELATIVAS AL DISEÑO DEL PRODUCTO

Además de elaborar un sistema eficaz y una estructura organizativa para el desarrollo del producto, existen varias técnicas importantes para diseñar un producto. A continuación pasaremos revista a siete: (1) diseño robusto, (2) diseño modular, (3) diseño asistido por computadora, CAD, (4) fabricación asistida por computadora, CAM, (5) tecnología de realidad virtual, (6) análisis del valor, y (7) diseños ecológicos.

Diseño robusto

El **diseño robusto** significa que el producto está diseñado de manera que las pequeñas variaciones que se produzcan en el proceso de producción o en el montaje no afecten de una manera negativa al producto. Así, por ejemplo, AT&T ideó un circuito integrado que podía emplearse en muchos productos con objeto de amplificar las señales de voz. Tal y como se diseñó inicialmente, había que fabricar el circuito con gran precisión para evitar variaciones en la potencia de la señal. Ese circuito hubiera tenido una fabricación costosa debido a los rigurosos controles de calidad que habrían sido necesarios durante el proceso de fabricación. Sin embargo, después de probar y analizar el diseño, los ingenieros de AT&T se dieron cuenta de que si se reducía la resistencia del circuito (cambio menor que no llevaría consigo costes asociados), el circuito resultaría mucho menos sensible a las variaciones de fabricación. El resultado se tradujo en una mejora en calidad de un 40%.

Diseño modular

Los productos diseñados con componentes fácilmente separables se conocen como **diseños modulares**. Los diseños modulares ofrecen flexibilidad tanto para producción como para marketing. Normalmente el departamento de producción encuentra en la modularidad un elemento valioso que facilita el desarrollo del producto, la producción y los cambios posteriores. Además, a marketing le gusta también la modularidad porque añade flexibilidad a las distintas maneras de satisfacer a los clientes. Así, por ejemplo, casi todos los sistemas de sonido de alta fidelidad son producidos y vendidos de esa forma. La capacidad de personalización que confiere el sistema de modularidad permite a los clientes hacer combinaciones y conseguir aquella configuración que se adapta a sus deseos. Éste es, asimismo, el enfoque adoptado por Harley-Davidson, donde un número relativamente reducido de motores, chasis, depósitos de combustible y sistemas de suspensión diferentes se combinan para producir una gran variedad de motocicletas. Se ha estimado que muchos fabricantes de automóviles pueden no fabricar nunca dos automóviles iguales gracias a las combinaciones de los módulos disponibles. Ese mismo concepto de modularidad se transmite a muchas industrias (desde los fabricantes de la estructura de los aviones a los restaurantes de comida rápida). Los aviones de Airbus utilizan los mismos módulos de alas en varios aviones, de igual manera que McDonald's y Burger King se sirven de un número relativamente reducido de módulos (queso, lechuga, bollos, salsas, pepinillos, hamburguesas, patatas fritas, etcétera) para elaborar una gran cantidad de comidas.

Diseño asistido por computadora (CAD)

El **diseño asistido por computadora (CAD: *Computer Assisted Design*)** consiste en el empleo de programas informáticos para, de forma interactiva, diseñar productos y preparar la documentación de ingeniería. Aunque la aplicación y variedad de progra-

Diseño robusto

Diseño que puede producirse según los requisitos de los clientes, incluso en condiciones desfavorables del proceso de producción.

Diseño modular

Las piezas o componentes de un producto se subdividen en módulos que son fácilmente intercambiables o sustituibles.



Vídeo 5.2

Montaje modular en Harley-Davidson

Diseño asistido por computadora (CAD)

Utilización interactiva de un computadora para desarrollar y documentar productos.

mas CAD es grande, la mayor parte de ellos se siguen utilizando para hacer borradores y dibujos en tres dimensiones. Sin embargo, su utilización están aumentando rápidamente. Los programas de CAD permiten a los diseñadores ahorrar tiempo y dinero al acortar los ciclos de desarrollo para prácticamente todos los productos. La velocidad y facilidad con la que se pueden manipular, analizar y modificar sofisticados diseños con un programa CAD posibilita revisar numerosas opciones antes de alcanzar compromisos definitivos. Un desarrollo más rápido, mejores productos, y un flujo de información precisa a otros departamentos contribuyen a que los programas CAD reporten enormes beneficios a las empresas. Este beneficio es especialmente significativo porque la mayoría de los costes de un producto se establecen en la etapa de diseño.

DFMA (Design for Manufacture and Assembly: diseños para la fabricación y el montaje)

Programas informáticos que permiten a los diseñadores valorar el efecto del diseño sobre el proceso de fabricación del producto.

Modelización de objetos en 3-D

Una ampliación de los programas CAD que permite crear pequeños prototipos.

Standard for the Exchange of Product Data (STEP: norma sobre el intercambio de datos de los productos)

Proporciona un formato que permite la transmisión electrónica de datos de productos en tres dimensiones.

Una ampliación de los programas CAD son los programas **DFMA (Design for Manufacture and Assembly: diseño para la fabricación y el montaje)**, que se centran en el efecto que tiene el diseño en el montaje del producto. Permite a los diseñadores analizar la integración de los diseños del producto antes de fabricarlo. Por ejemplo, los programas DFMA permiten a los diseñadores de automóviles analizar cómo se colocará una transmisión en un vehículo en la cadena de montaje, incluso cuando tanto la transmisión como el resto del vehículo siguen en la etapa de diseño.

Una segunda ampliación de los programas CAD es la **modelización de objetos en 3-D**. La tecnología resulta particularmente útil para el desarrollo de pequeños prototipos. La modelización de objetos en 3-D crea rápidamente un modelo en capas muy finas de materiales sintéticos para poder evaluarlo. Esta tecnología acelera el desarrollo al evitar un proceso de fabricación más largo y formal.

Algunos sistemas CAD han pasado a Internet a través del comercio electrónico (*e-commerce*), donde unen el diseño informatizado con compras, contratación externa (*outsourcing*), fabricación y mantenimiento a largo plazo. Este movimiento da soporte a la capacidad de realizar una rápida modificación en los productos y a la creciente tendencia hacia la “personalización en masa”. Con la tecnología CAD en Internet los consumidores pueden entrar en las bibliotecas de diseño de los proveedores y hacer cambios en los diseños. El software del proveedor puede entonces generar de forma automática los dibujos, actualizar la lista de materiales y preparar instrucciones para el proceso de producción del proveedor. El resultado es que los productos personalizados se fabrican más deprisa y de forma más económica⁸.

A medida que los ciclos de vida de los productos se acortan y el diseño se hace cada vez más complejo, la colaboración entre departamentos, plantas de producción y proveedores de todo el mundo se hace crítica. El potencial de esta colaboración ha resultado ser tan importante que se ha desarrollado una norma para su intercambio, conocida como **Standard for the Exchange of Product Data (STEP: norma para el intercambio de datos de los productos)**. La norma STEP permite a los fabricantes expresar la información en 3-D de un producto en un formato normalizado para que se pueda intercambiar a escala internacional, permitiendo a fabricantes dispersos geográficamente integrar los procesos de diseño, fabricación y soporte⁹.

⁸ Christopher M. Wright, “Collaborative Manufacturing Technology Ushers in a New Era”, *APICS – The Performance Advantage* (marzo de 2002), 33-36. Véase también José A. Ceroni y Álvaro A. Velásquez, “Conflict Detection and Resolution in Distributed Design”, *Production Planning and Control*, 14, n.º 8 (diciembre de 2003), 734-742.

⁹ El formato STEP está documentado en la norma de la Comunidad Europea denominada ISO 10303.

Fabricación asistida por computadora (CAM)

La **fabricación asistida por computadora (CAM: *Computer Assisted Manufacturing*)** hace referencia a la utilización de programas informáticos especializados para dirigir y controlar los equipos de producción. Cuando se traduce la información de los diseños asistidos por (CAD) a instrucciones para los programas de producción asistida por computadora (CAM) el resultado de estas dos tecnologías es un sistema CAD/CAM.

Las ventajas de los programas CAD y CAM son, entre otras:

1. *Calidad del producto.* Los programas CAD permiten al diseñador analizar más alternativas, problemas potenciales y riesgos.
2. *Menor tiempo de diseño.* Una fase de diseño más corta reduce los costes y permite responder más rápidamente al mercado.
3. *Reducciones de los costes de producción.* Menores inventarios, utilización más eficiente de los recursos humanos mediante una mejor programación, y una más rápida implementación de los cambios de diseño permiten reducir los costes.
4. *Disponibilidad de la base de datos.* Proporciona a la vez información para otros software de producción y datos exactos sobre los productos, de forma que todo el mundo en la empresa utiliza la misma información, lo que conlleva una reducción de costes inmensa.
5. *Nuevas capacidades.* Por ejemplo, la capacidad de rotar y visualizar objetos en forma tridimensional, comprobar tolerancias, relacionar componentes y acoplamientos, mejorar la utilización de herramientas de maquinaria de control numérico; todo ello ofrece nuevas capacidades para la fabricación. La tecnología CAD/CAM elimina una gran cantidad de trabajo rutinario, lo que permite a los diseñadores centrarse en los aspectos conceptuales e imaginativos de su trabajo.

Tecnología de realidad virtual

La **realidad virtual** es una forma visual de comunicación en la que las imágenes sustituyen al objeto real pero siguen permitiendo que el usuario tenga una relación interactiva. Los orígenes de la tecnología de realidad virtual en el ámbito de las operaciones en las empresas provienen del diseño asistido por computadora. Una vez que se ha introducido la información sobre el diseño en un sistema CAD, también se encuentra en formato electrónico digital para poder utilizarla en otras aplicaciones. Por ejemplo, General Motors crea su versión de un “automóvil virtual” Opel utilizando proyectores de vídeo colgados del techo para proyectar imágenes estereoscópicas en una pequeña y austera habitación. Tras colocarse unas gafas especiales, tanto los diseñadores como los consumidores ven un modelo tridimensional de la apariencia que tendrá el nuevo diseño. La realidad virtual también se está utilizando para desarrollar layouts en tres dimensiones de todo tipo de cosas, desde restaurantes hasta parques temáticos. Se pueden hacer cambios al automóvil, el restaurante o la atracción de forma mucho más económica en esta etapa del diseño que más adelante.

Análisis del valor

Aunque la ingeniería del valor se centra en la mejora del diseño *previo a la producción*, el análisis del valor, que es una técnica relacionada, tiene lugar *durante* el proceso de producción, cuando está claro que un nuevo producto ya es un éxito. El **análisis del valor** busca mejoras que den lugar, bien a la obtención de un mejor producto, bien a hacer el producto de forma más económica. Las técnicas y ventajas del análisis del valor son las

Fabricación asistida por computadora (CAM: *Computer Assisted Manufacturing*)
Aplicación de la tecnología de la información para controlar la maquinaria.

Procter & Gamble utilizó la tecnología CAD para diseñar el dosificador de su pasta de dientes Crest.

Realidad virtual

Una forma de comunicación visual en la que las imágenes sustituyen a la realidad y normalmente permiten que el usuario responda interactivamente a las imágenes.

Análisis del valor

Una reconsideración de los productos de éxito que se efectúa durante el proceso de producción.

mismas que las de la ingeniería del valor, aunque en su aplicación se produzcan menos modificaciones del producto, dado que el análisis del valor se realiza mientras que se está fabricando el producto.

Diseños éticos y ecológicos

Una de las actividades más éticas y ecológicas del director de operaciones consiste en mejorar la productividad al mismo tiempo que se suministran los bienes y servicios deseados por los clientes. Los directores de operaciones pueden reducir los costes a la vez que preservan los recursos. Todo el ciclo de vida del producto, desde el diseño hasta la producción y su destrucción final, ofrece oportunidades para preservar recursos. El planeta Tierra es finito, de manera que sus héroes son los directivos que extraen de él y de sus recursos más y de mejor forma. A continuación se ofrecen ejemplos de la responsabilidad ética y ecológica de tres empresas:

- **En la etapa del diseño**, DuPont ha desarrollado una película de poliéster más resistente y fina, de manera que utiliza menos material y cuesta menos fabricarla. Además, como la película da mejor resultado, los clientes están dispuestos a pagar más por ella ¹⁰.
- **En la etapa de producción**, Bristol-Meyers Squibb ha hecho frente a las cuestiones medioambientales con un programa de prevención de la contaminación diseñado para abordar problemas medioambientales, sanitarios y de seguridad que aparecen en todas las fases del ciclo de vida del producto. Ban Roll-On fue uno de los primeros productos estudiados y un éxito inmediato. El nuevo empaquetado de Ban en cartones más pequeños se tradujo en una reducción de 600 toneladas de cartones reciclados. El producto requería entonces un 55% menos de espacio para su exposición en las estanterías. Como consecuencia, no sólo se previno la contaminación, sino que se redujeron los costes de almacenaje.
- **En la etapa de destrucción**, la industria del automóvil ha tenido mucho éxito. La industria recicla en la actualidad más de 75%, en peso, de los materiales de 10 millones de automóviles desguazados al año. Parte de este éxito se debe a la atención prestada en la etapa del diseño. Por ejemplo, la marca alemana BMW recicla ahora la mayor parte de un automóvil, incluyendo muchos componentes de plástico, gracias a sus diseños ecológicos.

Estos esfuerzos son coherentes con las aspectos medioambientales planteadas por la norma ISO 14000, un tema que abordamos en el Capítulo 6.

El planteamiento ético Una forma de realizar programas como los de DuPont, Bristol-Meyers Squibb y BMW consiste en conferir una misión ética y ecológica al trabajo de los directores de operaciones y de sus equipos de ingeniería y análisis del valor. Los miembros de los equipos, provenientes de distintas áreas funcionales, y trabajando juntos, pueden tener una amplia gama de perspectivas y enfoques medioambientales. Los directivos y sus equipos deberían tener en cuenta dos cuestiones:

- En primer lugar, deben ver los productos desde una perspectiva de “sistemas”; es decir, analizar el producto en función de su impacto sobre toda la economía. Esto

¹⁰ A. B. Lovins, L. H. Lovins y P. Hawken, “A Road Map for Natural Capitalism”, *Harvard Business Review* 77, n.º 3 (mayo-junio de 1999), 153.

significa que hay que hacer un análisis exhaustivo de los inputs que utiliza la empresa, de los procesos y de los productos, teniendo en cuenta que algunos de los recursos, que durante mucho tiempo se han considerado gratuitos, no lo son. Las partículas contaminantes y el sulfuro en el aire son una contaminación que padecen otros; análogamente, las bacterias y fosfatos vertidos en los ríos se convierten en problemas que padecerán algunas otras personas. En el caso de la batalla entre las bolsas de espuma de poliestireno o las papel, ¿cuál de los dos es realmente “mejor” y bajo qué criterios? Podremos saber cuál de ellos es el más económico para la empresa, pero ¿es ése también el más económico para la sociedad?

- En segundo lugar, los equipos deberían tener en cuenta el ciclo de vida del producto, desde el diseño, pasando por su producción, hasta el momento de desecharlo. De lo que se trata es de reducir el impacto medioambiental de un producto a lo largo de toda su vida: un auténtico reto ¹¹.

Es más probable que se tomen decisiones éticas cuando los directivos tienen estas dos perspectivas y mantienen un diálogo abierto con todas las partes interesadas.

Objetivos Los objetivos de los diseños éticos y ecológicos son:

1. Desarrollo de productos seguros y más respetuosos con el medio ambiente.
2. Reducción al mínimo de los desechos de materias primas y energía.
3. Reducción de las responsabilidades medioambientales.
5. Aumento de la eficacia en coste del cumplimiento de la normativa medioambiental.
6. Ser considerado socialmente como una empresa cívica.

Líneas directrices Las seis directrices siguientes pueden ayudar a los directores de operaciones a lograr diseños éticos y ecológicos.

1. *Hacer productos reciclables.* Muchas empresas lo hacen por iniciativa propia, pero Estados Unidos y la Unión Europea tienen ahora leyes sobre reciclaje que afectan a una amplia gama de productos, desde automóviles y neumáticos hasta PC. No sólo se recicla la mayor parte de un automóvil, sino también más de la mitad de las latas de aluminio y una elevada cantidad de papel, plástico y vidrio. En algunos casos, como el de los neumáticos, el fabricante es responsable totalmente de lo que se hace con el producto una vez acabada su vida útil.
2. *Utilizar materiales reciclados.* Las jaboneras de Scotch-Brite de 3M están diseñadas para fabricarse con plástico reciclado, así como los bancos de los parques y otros productos de Plastic Recycling Corporation.
3. *Utilizar componentes menos nocivos.* Standard Register, como casi todas las empresas del sector editorial, ha sustituido las tintas perjudiciales para el medio ambiente por otras basadas en semillas de soja que reducen la contaminación del agua y del aire.
4. *Utilizar componentes más ligeros.* La industria del automóvil ha ampliado la utilización de componentes de plástico y de aluminio con objeto de reducir el peso.

BMW utiliza piezas fabricadas a partir de plásticos reciclados y piezas que pueden reciclarse. La “fabricación verde o ecológica” significa que las empresas pueden volver a utilizar, reacondicionar, o deshacerse de los componentes de un producto de una manera segura, con lo que reducen los costes totales durante su ciclo de vida.

Fabricación ecológica
Sensibilidad hacia las cuestiones ecológicas del diseño, fabricación y desecho del producto.

¹¹ Para un artículo sobre la percepción que tiene la dirección acerca de la “fabricación ecológicamente responsable” véase Steven A. Melnyk, Robert Sroufe y Frank Montabon, “How Does Management View Environmentally Responsible Manufacturing?”, *Production and Inventory Management Journal* 42, n.º 3 y 4 (tercero y cuarto trimestre de 2001), 55-63.

Análogamente, Boeing está utilizando fibra de carbón ligera, compuestos epóxi, y láminas de grafito de titanio para reducir el peso de su nuevo 787 Dreamliner. Los cambios de materiales pueden resultar caros, pero producen automóviles, camiones y aviones más ecológicos al aumentar la distancia recorrida y la capacidad de carga con el mismo combustible.

5. *Utilizar menos energía.* Mientras que la industria del automóvil está rediseñando sus modelos para mejorar su rendimiento global, General Electric está también rediseñando una nueva generación de frigoríficos cuyas necesidades de electricidad durante su ciclo de vida resultarán sensiblemente inferiores. DuPont es tan buena aprovechando energía que ha convertido su experiencia en un negocio de consultoría.
6. *Utilizar menos material.* La mayoría de las empresas desperdician materiales, tanto en la planta de fabricación como en el envasado. Un equipo de empleados de la planta de semiconductores de Sony consiguió una reducción del 50% en la cantidad de sustancias químicas empleadas en el proceso de grabación de láminas de silicio. Este éxito y otros semejantes reducen los costes de producción y las preocupaciones relacionadas con el medio ambiente. Para ahorrar en envases, el Hotel Plaza Park de Boston prescindió de las pastillas de jabón y de los frascos de champú, instalando dispositivos dosificadores en sus cuartos de baño. Esta medida se tradujo en el ahorro de un millón de contenedores de plástico al año.

Normativa legal y de la industria Las leyes y las normas de la industria pueden ayudar a los directivos a tomar decisiones éticas y socialmente responsables. En los cien últimos años hemos asistido al desarrollo de leyes y normas de la industria que guían las decisiones de los directivos sobre diseño de productos, fabricación/ensamblaje y desmontaje/desguace.

Diseño: Desde el punto de vista legal, las leyes y normativas estadounidenses como las que promulga la FDA, la Consumer Product Safety Commission, la National Highway Safety Administration y la [Ley] Children's Product Safety Act, ofrecen líneas directrices, cuando no leyes, para ayudar a tomar decisiones. Las líneas directrices también vienen de sentencias judiciales con afirmaciones del tipo "diseño con un previsible uso incorrecto" y, respecto a los juguetes para niños, "El concepto de un niño prudente... es una grotesca combinación".

Fabricación/ensamblaje: La fabricación y ensamblaje de productos está sometida a normas y líneas directrices de la Occupation Safety and Health Administration (OSHA), Environmental Protection Agency (EPA), normas profesionales sobre ergonomía, y una amplia variedad de leyes estatales y federales que abordan normas de empleo, minusvalías, discriminación, etcétera.

Desmontaje/desguace: El desmontaje y desguace de productos en Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea están gobernados por leyes cada vez más estrictas. En Estados Unidos, la Sociedad de Reciclado de Vehículos, respaldada por la industria del automóvil, proporciona un manual sobre *Diseño para cumplir las normas sobre desmontaje* para desmontar y desguazar los automóviles.

Las decisiones éticas, socialmente responsables, pueden resultar difíciles y complejas, a menudo sin que haya una respuesta fácil, pero estas decisiones son apreciadas por el público, y pueden ahorrar dinero, materiales y beneficiar al medio ambiente. Se trata de situaciones en las que todo el mundo gana, que el directivo debe buscar y aprovechar.

COMPETENCIA BASADA EN EL TIEMPO

A medida que los ciclos de vida se hacen más cortos, aumenta la necesidad de acelerar el desarrollo de los productos. Además, según va aumentando la sofisticación tecnológica de los nuevos productos, también aumentan los gastos y riesgos que llevan consigo. Por ejemplo, las empresas farmacéuticas necesitan un promedio de 12 a 15 años y una inversión de 400 millones de dólares antes de recibir la autorización administrativa para sacar sus nuevos productos al mercado. E incluso entonces, sólo uno de cada cinco tendrá éxito¹². Los directores de operaciones que dominan el arte del desarrollo del producto no dejan de conseguir ventaja sobre aquellas empresas de la competencia que son más lentas en el desarrollo de los productos. Este concepto se denomina **competencia basada en el tiempo**.

A menudo, la empresa que comenzó primero la producción ve cómo su producto se utiliza en múltiples aplicaciones, que garantizan su venta durante muchos años. Puede que se convierta en el producto estándar. La consecuencia es que resulta frecuente que la preocupación por lograr colocar rápidamente el producto en el mercado sea mayor que la de conseguir un diseño óptimo o un proceso de fabricación eficiente. Incluso en este caso, una introducción rápida en el mercado puede ser una buena práctica directiva, porque hasta que la competencia empieza a introducir copias o versiones mejoradas, a veces se puede fijar un precio del producto lo suficientemente elevado para justificar un diseño y unos métodos de producción algo ineficientes. Así, por ejemplo, cuando Kodak introdujo por primera vez su película Ektar, vendió de un 10 a un 15% más que las películas convencionales. El innovador teléfono móvil de bolsillo de Motorola era un 50% más pequeño que el de cualquier otro competidor, y se vendió al doble de precio.

Puesto que la competencia basada en el tiempo resulta tan importante, en vez de desarrollar nuevos productos a partir de cero (que hasta ahora ha sido el enfoque que ha predominado en este capítulo), puede recurrirse a otras estrategias. La Figura 5.6 muestra un continuo que va desde nuevos productos desarrollados internamente (en la parte inferior a la izquierda), hasta “alianzas” (asociaciones con otras empresas). Las *mejoras* y *migraciones* utilizan las fortalezas de los productos actuales de la organización para innovar y, por tanto, suelen realizarse más rápidamente, al tiempo que suelen ser menos arriesgadas que el desarrollar totalmente un nuevo producto. Las mejoras pueden consistir en cambios relativos al color, tamaño, peso o detalles, como los que están teniendo lugar en los teléfonos móviles (véase el recuadro de *Dirección de operaciones en acción* sobre “En busca de la última moda en la industria de la telefonía móvil”), o incluso en los aviones comerciales. Las mejoras en el 737 desde que salió al mercado en 1967 ha logrado que el 737 sea el avión comercial de mayores ventas de la historia. Boeing también utiliza su capacidad tecnológica en estructuras de aviones para *migrar* de un modelo al siguiente, como ha hecho con el cambio del 767 al 777 y después al 787. Este planteamiento permite a Boeing acelerar los procesos de desarrollo al mismo tiempo que reduce los costes y los riesgos inherentes a los nuevos diseños.

Las estrategias de desarrollo del producto que se muestran en la parte inferior izquierda de la Figura 5.6 constituyen estrategias de desarrollo interno, mientras que los tres enfoques que introducimos ahora pueden considerarse como estrategias de desarrollo externo. Las empresas se sirven de ambas modalidades. Las estrategias externas son: (1) la adquisición de tecnología, (2) la creación de empresas conjuntas (*joint ventures*), y (3) el desarrollo de alianzas.

Competencia basada en el tiempo

Competencia basada en el tiempo: Rápido desarrollo e introducción del producto en el mercado.

Gran parte de la batalla competitiva actual se centra en la velocidad para poner un producto en el mercado. El presidente de una gran empresa estadounidense afirma: “Si pierdo un ciclo de producto, estoy acabado”.

¹² *The Emerging BioEconomy* (Washington, DC: New Economy Strategies, Inc., abril de 2002), 9.

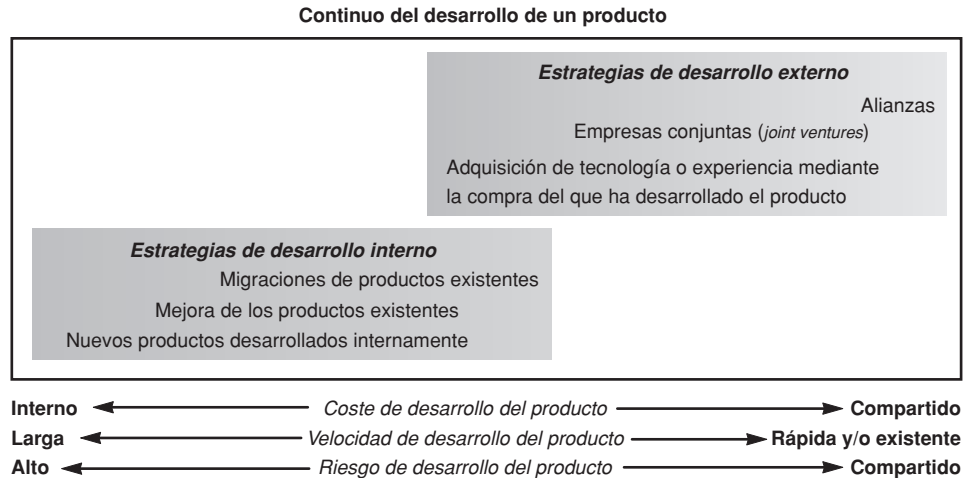


FIGURA 5.6 ■ Continuo del desarrollo de un producto

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

EN BUSCA DE LA ÚLTIMA MODA EN LA INDUSTRIA DE LA TELEFONÍA MÓVIL

En un mercado mundial en el que cada día las distancias son más pequeñas, las innovaciones que atraen a los consumidores en una región se convierten rápidamente en tendencias globales. Este proceso revoluciona la estructura de una industria tras otra, desde la informática hasta los automóviles pasando por la electrónica de consumo.

En los últimos años, en ninguna otra industria este impacto ha sido tan grande como en la industria de la telefonía móvil, donde se mueven 73.000 millones de dólares. El ciclo de vida del producto es muy corto. La competencia es intensa porque los mayores márgenes se los lleva la empresa innovadora, y los fabricantes que se apuntan a una tendencia emergente pueden recoger sustanciales recompensas. Los fabricantes chinos más rápidos, como Ningbo Bird y TCL, sustituyen ahora algunos modelos de teléfonos tras tan sólo seis meses. Antes, Motorola, Nokia y otros veteranos de la industria disfrutaban de lo que ahora se consideran ciclos de vida largos: dos años. Los nuevos estilos y los adelantos tecnológicos de los teléfonos móviles aparecen de forma continua en alguna parte del mundo. Los grandes viajeros consumidores de los avances tecnológicos buscan la última innovación; los comerciantes locales se apresuran a ofrecerla; y los proveedores de telecomunicaciones la piden.

Los teléfonos móviles actuales pueden ser un pequeño artículo curvado, en forma de cajita, o en forma de concha de almeja; tienen un pequeño teclado para escribir rápida y fácilmente, o un teclado numérico para teléfono; tienen una radio o un reproductor de música digital incorporado; tienen una cámara, acceso a Internet o a videoclips; funcionan en redes digitales o inalámbricas (Wi-Fi); o tienen juegos o agendas personales. Estos artículos de consumo están dirigidos a gustos y estilos de vida particulares, dinámicos, y cambiantes velozmente. Los rápidos cambios en funciones y demanda están obligando a los fabricantes a participar en una frenética carrera para mantener el ritmo, o en caso contrario salir de la industria.

“Nos salimos del negocio de los teléfonos móviles porque no podíamos mantener el ritmo de los ciclos de vida”, afirma Jeffrey Belk, vicepresidente de Marketing de Qualcomm Inc., la empresa de San Diego que ahora se centra en fabricar chips para móviles.

El desarrollo de nuevos productos siempre constituye un reto, pero en el dinámico mercado global de los teléfonos móviles el desarrollo del producto tiene que hacer frente a nuevas tecnologías y nuevos mercados a velocidad de vértigo.

Fuentes: The Wall Street Journal (8 de septiembre de 2004), D5; (1 de septiembre de 2004), D7, (12 de agosto de 2004), B4, B5; *The Wall Street Journal Europe* (20 de febrero de 2002), A1, A10; *The Economist* (26 de enero de 2002), 56-57.

Compra de tecnología mediante la adquisición de una empresa

Microsoft y Cisco Systems son ejemplos de empresas en la vanguardia de la tecnología que, a menudo, aceleran el proceso de desarrollo mediante la *adquisición de empresas emprendedoras (entrepreneurial firms)* que ya han desarrollado la tecnología que se ajusta al objetivo que desean. De lo que se trata entonces es de adaptar la organización que se ha adquirido, su tecnología y sus líneas de productos, a la empresa compradora, y no de un simple asunto de desarrollo de un producto.

Empresas conjuntas (*joint ventures*)

Las **empresas conjuntas (*joint ventures*)** constituyen, como indica su nombre, una propiedad conjunta, generalmente de dos empresas, que crean una nueva entidad. La propiedad puede repartirse al cincuenta por ciento, o bien uno de los propietarios puede asumir una parte mayor para garantizarse un mayor control. Las empresas conjuntas resultan, a menudo, adecuadas para la explotación de oportunidades de producto concretas que pueden no ser fundamentales para la misión de la empresa. Estas uniones es más probable que funcionen cuando se conocen los riesgos y pueden repartirse de manera equitativa. Así, por ejemplo, GM y Toyota crearon una *joint venture* con su planta NUMMI (al norte de California) para fabricar el GM Prism y el Toyota Corolla. Ambas empresas se dieron cuenta de que se trataba de una oportunidad de aprender, así como de obtener un producto que ambas necesitaban en el mercado norteamericano. Toyota quería aprender el proceso de construcción y dirección de una fábrica en Norteamérica, mientras que GM deseaba aprender cómo fabricar un coche pequeño aplicando las técnicas de fabricación de Toyota. Los riesgos estaban perfectamente asumidos, así como los respectivos compromisos. De la misma manera, Fuji-Xerox, que fabrica y comercializa fotocopiadoras, es una *joint venture* de Xerox, el fabricante norteamericano de fotocopiadoras, y de Fuji, el mayor fabricante japonés de películas.

Joint Ventures (Empresas conjuntas)

Empresas que establecen una propiedad común para lanzar nuevos productos o abrir nuevos mercados.

Alianzas

Las **alianzas** son acuerdos de cooperación que permiten a las empresas seguir siendo independientes pero utilizar fortalezas complementarias para llevar a cabo estrategias coherentes con sus misiones individuales. Cuando nuevos productos son básicos para la misión de la firma, pero se necesitan cuantiosos recursos y el riesgo es considerable, las alianzas pueden constituir una buena estrategia para el desarrollo del producto. Las alianzas resultan particularmente beneficiosas cuando los productos que se van a desarrollar parten de tecnologías que todavía se están formando. Además, si los límites entre las empresas resultan difíciles de concretar, entonces las alianzas representan la mejor estrategia. Así, por ejemplo, Microsoft anda detrás de una serie de alianzas con una gran variedad de empresas para poder abordar el fenómeno de la convergencia de los PC, Internet y televisión. Las alianzas resultan adecuadas en este caso, porque las incógnitas tecnológicas, las necesidades de capital y los riesgos son significativos. Análogamente, tres empresas, DaimlerChrysler, Ford Motor y Ballard Power Systems, han constituido una alianza para fabricar automóviles “ecológicos” propulsados por células de combustible¹³. Sin embargo, las alianzas son mucho más difíciles de alcanzar y de mantener que las *joint ventures*, debido a sus ambigüedades inherentes¹⁴. Puede resultarnos útil pensar en una alianza como en una especie de contrato incompleto entre empresas, en el cual éstas permanecen separadas.

Alianzas

Acuerdos de cooperación que permiten a las empresas seguir siendo independientes pero que persiguen estrategias compatibles con sus misiones particulares.

¹³ www.ballard.com

¹⁴ Jeffrey H. Dyer, Prashant Kale y Harbir Singh, “When to Ally & When to Acquire”, *Harvard Business Review* 82, 7/8 (julio-agosto de 2004), 108-115; véase también Donald Gerwin, “Coordinating New Product Development in Strategic Alliances”, *The Academy of Management Review*, 29, 2 (abril de 2004), 241-257.

Mejoras, migración, adquisiciones, *joint ventures* y alianzas son estrategias utilizadas para acelerar el desarrollo del producto. Además, es característico que reduzcan el riesgo asociado al desarrollo del producto, al mismo tiempo que mejoran la disponibilidad de recursos humanos y de capital.

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Una vez que se han seleccionado nuevos productos o servicios para su introducción, habrá que proceder a su definición. En primer lugar, se define un bien o un servicio a partir de sus *funciones* (para qué sirve, qué va a *hacer*). Es entonces cuando se diseña el producto; es decir, la empresa determina la forma de realizar esas funciones. La dirección suele disponer de diversas opciones sobre cómo va a desempeñar sus funciones el producto en la realidad. Así, por ejemplo, cuando se fabrica un reloj despertador, los aspectos de diseño como el color, el tamaño o la colocación de los botones pueden representar una diferencia notable en la facilidad de fabricación, la calidad y la aceptación en el mercado.

Es necesario definir rigurosas especificaciones del producto para garantizar una producción eficiente. No se pueden determinar equipos, layout ni recursos humanos hasta que no se haya definido, diseñado y documentado el producto. Por consiguiente, toda organización necesita disponer de documentos que definan sus productos. Y es así para todo, tanto para una empanadilla de carne, como para un queso, los PC o un procedimiento médico. En el caso del queso, lo característico es disponer de unas especificaciones por escrito. En efecto, existen especificaciones por escrito o niveles de calidad que definen muchos productos. Por ejemplo, el queso Monterey Jack tiene una descripción por escrito en la que se especifican las características necesarias para cada nivel de calidad homologada por el Departamento de Agricultura estadounidense. La Figura 5.7 muestra una parte de las normas fijadas por el Departamento de Agricultura con respecto a la calidad AA del queso Monterey Jack. Lo mismo ocurre con McDonald's Corp. Esta empresa dispone de 60 especificaciones referentes a sus patatas fritas.

Especificaciones § 58.2469 de calidad del queso Monterey (Monterey Jack) en EE.UU.

- (a) La calidad AA en Estados Unidos del queso Monterey cumplirá las siguientes normas:
- (1) *Sabor*. Ha de ser suave y muy agradable, carente de olores y aromas indeseables. Puede tener un sabor ligeramente ácido o de comida.
 - (2) *Cuerpo y textura*. Una muestra sacada del queso será bien firme. Habrá pequeñas muecas mecánicas distribuidas uniformemente por la muestra. No tendrá agujeros de azúcar, agujeros de levadura u otros agujeros de gas.
 - (3) *Color*. Deberá ofrecer un aspecto natural, uniforme, brillante y atractivo.
 - (4) *Acabado y aspecto* (vendado y sumergido en parafina). La corteza será sólida, firme y suave, proporcionando una buena protección al queso.

Código del Reglamento Federal, artículos 53-109. Administración de Servicios Generales.

FIGURA 5.7 ■ Queso Monterey Jack

Ejemplo de parte de los requisitos generales de calidad en Estados Unidos del queso Monterey.

La mayoría de los artículos fabricados, así como sus componentes, se definen mediante un dibujo que se suele denominar plano de ingeniería. Un **plano de ingeniería** muestra las dimensiones, tolerancias, materiales y acabados de un componente. El plano de ingeniería constituirá un elemento de la lista de materiales. La Figura 5.8 muestra un plano de ingeniería. La **lista de materiales** (*bill of materials*, BOM) es una lista de los componentes, su descripción y la cantidad que se necesitaría de cada uno de ellos para fabricar una unidad del producto. La Figura 5.9(a) muestra una lista de materiales correspondientes a un artículo fabricado. Observe el sangrado de los subconjuntos y de los componentes (artículos de nivel inferior) en cada nivel, que indican su posición subordinada. Un plano de ingeniería muestra cómo fabricar un artículo de la lista de materiales.

En el sector de restauración, las listas de materiales adoptan la forma de *normas de control de porciones*. En la Figura 5.9(b) se muestra la norma de control de porciones de

Plano de ingeniería

Diseño que muestra las dimensiones, tolerancias, materiales y acabados de un componente.

Lista de materiales

Lista de los componentes, su descripción y la cantidad que se necesita de cada uno de ellos para fabricar una unidad de un producto.

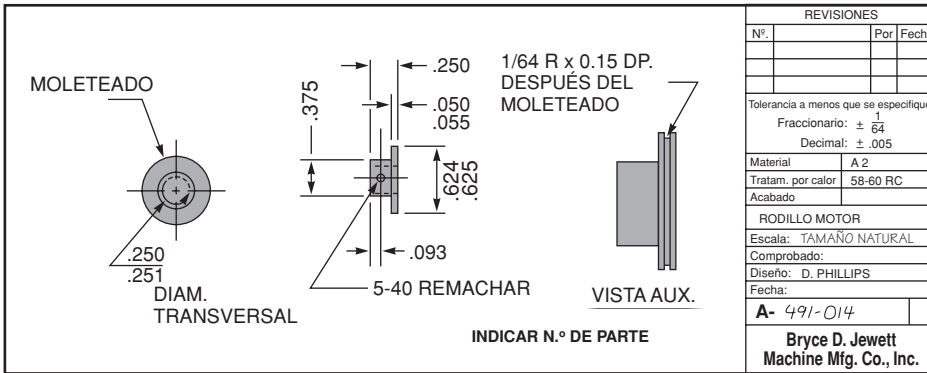


FIGURA 5.8 ■ Los planos de ingeniería como éste muestran dimensiones, tolerancias, materiales y acabados

(a) Lista de materiales para una soldadura de panel			(b) Hamburguesa a la barbacoa de queso y bacón de Hard Rock Café	
NÚMERO	DESCRIPCIÓN	CANT.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
A 60-71	PANEL DE PARTES SOLDADAS	1	Bollo	1
A 60-7	LÍNEA DE RODILLOS INFERIOR	1	Hamburguesa	8 onzas
R 60-17	RODILLO	1	Queso cheddar	2 lonchas
R 60-428	PIVOTE	1	Bacón	2 lonchas
P 60-2	CONTRATUERCA	1	Cebollas a la barbacoa	1/2 taza
A 60-72	MONTAJE GUÍA POSTERIOR	1	Salsa Hickory BBQ	1 onza
R 60-57-1	ÁNGULO DE APOYO	1	Condimentos	
A 60-4	RODILLO INFERIOR	1	Lechuga	1 hoja
02-50-1150	PERNO	1	Tomate	1 corte fino
A 60-73	MONTAJE GUÍA ANTERIOR	1	Cebolla roja	4 aros
A 60-74	SOLDADA DE APOYO	1	Pepinillo	1 corte fino
R 60-99	CHAPA DE DESGASTE	1	Patatas fritas	5 onzas
02-50-1150	PERNO	1	Sal	1 cucharilla
			Plato de 11 pulgadas	1
			Banderilla HRC	1

FIGURA 5.9 ■ Las listas de materiales pueden adoptar distintas formas en una fábrica (a) y en un restaurante (b), pero en ambos casos hay que definir el producto

la hamburguesa de bacón y queso a la barbacoa de Hard Rock Café. En un producto más complejo, una lista de materiales se referencia en otras listas de materiales de las que forman parte. Así, las subunidades (o subconjuntos) forman parte de una unidad de nivel superior (su padre en la lista de materiales), que forma parte finalmente de un producto acabado. Aparte de ser definidos a través de especificaciones escritas, documentos de control de raciones o listas de materiales, los productos pueden definirse de otras formas. Por ejemplo, se pueden definir productos tales como sustancias químicas, pinturas y petróleos mediante fórmulas o proporciones en las que se describe cómo se elaboran. Las películas se definen a través del guión, y la cobertura del seguro mediante unos documentos legales que reciben el nombre de pólizas.

Fabricar o comprar

Para muchos componentes de productos, las empresas disponen de la opción de producir ellas mismas los componentes, o comprarlos fuera. La elección entre estas dos alternativas se conoce como decisión de fabricar o comprar. La **decisión de fabricar o comprar** diferencia entre lo que la empresa quiere *producir* y lo que quiere *comprar*. Debido a las variaciones que se producen en la calidad, el coste y los plazos de entrega, la decisión de fabricar o comprar es crítica para la definición del producto. Muchos artículos pueden adquirirse como “artículos estándar” producidos por terceros. Ese artículo estándar no necesita su propia lista de materiales o un plano de ingeniería, ya que su especificación como tal artículo estándar es suficiente. Un ejemplo lo tenemos en los pernos estándar incluidos en la lista de materiales de la Figura 5.9(a), para los que existirán especificaciones de la SAE (Sociedad de Ingenieros de Automoción). Así pues, no es normalmente necesario que la empresa reproduzca esta especificación en otro documento. En el Capítulo 1 del libro *Decisiones Tácticas*, hablamos con más detalle de lo que se entiende por una decisión de fabricar o comprar.

Decisión de fabricar o comprar

Elegir entre producir un componente o un servicio, o comprarlo fuera.

Tecnología de grupos

Los planos de ingeniería también pueden incluir códigos destinados a facilitar la tecnología de grupos. La **tecnología de grupos** exige que los componentes se identifiquen mediante un esquema codificado que especifica el tipo de procesamiento (por ejemplo, perforación) y sus parámetros (por ejemplo, tamaño). Esto facilita la normalización de materiales, componentes y procesos, así como la identificación de familias o grupos homogéneos de piezas. A medida que se identifican esas familias, se pueden agrupar las actividades y las máquinas para reducir al mínimo las preparaciones o cambios, las rutas y el movimiento de materiales. La Figura 5.10 muestra un ejemplo de cómo se pueden agrupar las familias de piezas. La tecnología de grupos proporciona una forma sistemática de revisar una familia de componentes para comprobar si alguno de los componentes ya existentes sería adecuado en un nuevo proyecto. La utilización de componentes ya existentes o estándares elimina todos los costes relacionados con el diseño y desarrollo de uno nuevo, lo que constituye una reducción importante de costes. Por ello, una aplicación con éxito de la tecnología de grupos proporciona:

1. Una mejora del diseño, ya que se puede dedicar más tiempo de diseño a un menor número de productos.
2. Una reducción de las materias primas y las compras.
3. Una simplificación de la planificación y el control de la producción.
4. Una mejora del layout, de las rutas de fabricación y de las cargas de las máquinas.

Tecnología de grupos

Sistema de codificación de un producto y un componente que especifica el tipo de proceso y sus parámetros, permitiendo el agrupamiento de productos semejantes.

Cada año, la planta procesadora de patatas fritas JR Simplot, de Caldwell, Idaho, produce miles de millones de patatas para McDonald's. Son sesenta las

- Una reducción del tiempo de preparación de las máquinas, del trabajo en curso y del tiempo de producción.

La aplicación de la tecnología de grupos ayuda a toda la organización, porque reduce muchos costes.

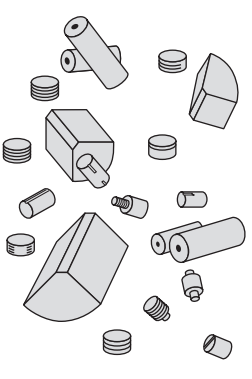




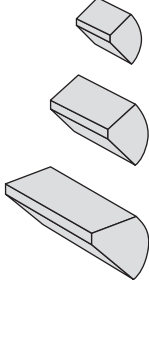
(a) Piezas sin agrupar	(b) Piezas cilíndricas agrupadas (familias de piezas)				
	Estriados	Con ranura	Roscados	Perforados	Fresados
					

FIGURA 5.10 ■ Distintos sistemas de codificación de tecnología de grupos permiten la conversión de los componentes fabricados de (a) componentes sin agrupar en (b) componentes agrupados (familias de piezas)

especificaciones que definen cómo se llega a obtener el producto acabado. Las especificaciones hablan, por ejemplo, de la necesidad de una mezcla especial de aceite para freír, un proceso de cocinado al vapor especial, y un tiempo y un grado de temperatura exactos para las fases de la prefritura y de secado. Se define más exactamente el producto exigiendo que el 40% de las patatas sean de 2 a 3 pulgadas de largo. Otro 40% tiene que rebasar las 3 pulgadas, y el 20% restante lo constituirán las más rechonchas.

DOCUMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN

Una vez que un producto es seleccionado, diseñado y preparado para ser producido, su proceso de producción se ayuda por diferentes documentos. Vamos a revisar brevemente algunos a continuación.

Un **plano de montaje** muestra simplemente una visión del despiece del producto. Un plano de montaje suele ser un dibujo tridimensional, que se conoce como *diseño isométrico*. En él se indican las posiciones relativas de los componentes relacionados los unos con los otros, de forma que se muestre cómo se monta la unidad en cuestión [véase la Figura 5.11(a)].

El **diagrama de montaje** muestra de forma esquemática cómo se monta un producto. Los componentes (fabricados o comprados) deben aparecer en el diagrama de montaje. El diagrama de montaje determina el punto de la producción en el que los componentes se ensamblan en submontajes y, finalmente, en el producto final. En la Figura 5.11(b) se muestra un ejemplo de un diagrama de montaje.

La **hoja de ruta** enumera las operaciones necesarias (incluyendo el montaje y la inspección) para fabricar el componente a partir de los materiales especificados en la lista de materiales. La hoja de ruta de un artículo tendrá una entrada para cada operación que se lleve a cabo con el artículo. Cuando una hoja de ruta incluye métodos específicos de operación y los estándares de tiempos, se denomina *hoja de proceso*.

Plano de montaje

Visión del despiece del producto, generalmente a través de un dibujo tridimensional o isométrico.

Diagrama de montaje

Forma gráfica de identificar la manera en la que los componentes aparecen en los submontajes y, finalmente, en el producto final.

Hoja de ruta

Enumeración de las operaciones necesarias para producir el componente con el material especificado en la lista de materiales.

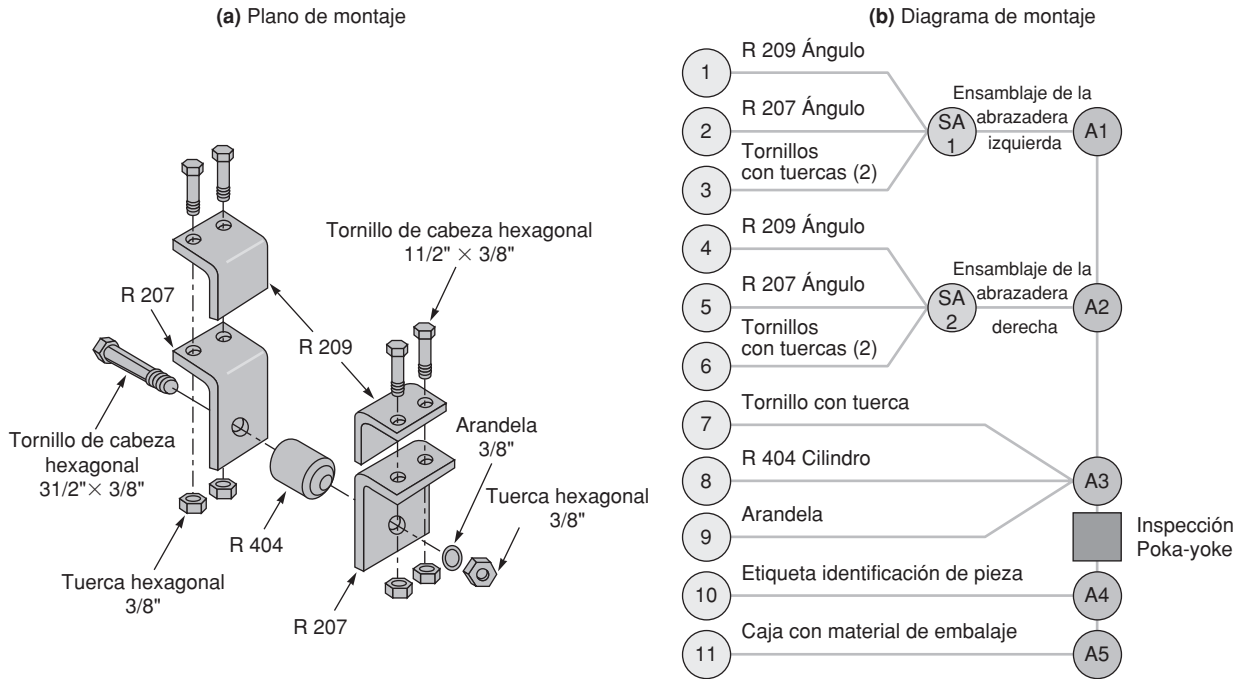


FIGURA 5.11 ■ Plano de montaje y diagrama de montaje

Orden de trabajo

Instrucción para realizar una cantidad dada de un artículo determinado, normalmente dentro de una programación concreta.

Notificaciones de cambios de ingeniería (ECN)

Una corrección o modificación de un plano de ingeniería o una lista de materiales.

Gestión de la configuración

Es un sistema por el que se identifican de forma precisa los cambios planificados en la configuración del producto, y se mantiene así el control de los cambios y la responsabilidad de su autorización.

La **orden de trabajo** es una orden para fabricar una cantidad dada de un artículo determinado, normalmente dentro de una programación concreta. La hoja en la que el camarero toma nota en nuestro restaurante preferido es una orden de trabajo. En un hospital o en una fábrica, la orden de trabajo es un documento más formal, que autoriza a sacar diferentes medicamentos o artículos del inventario, a realizar diferentes funciones y a asignar el personal correspondiente para llevarlas a cabo.

Las **notificaciones de cambios de ingeniería** cambian algunos aspectos de la definición o de la documentación del producto, tales como un plano de ingeniería o una lista de materiales. En el caso de un producto ciertamente complejo y que tiene un largo ciclo de fabricación como, por ejemplo, un Boeing 777, los cambios pueden ser tan numerosos que posiblemente no existan dos 777 construidos de una manera exactamente igual, lo que de hecho es así. Esta frecuencia en los cambios ha provocado la aparición de una disciplina conocida como gestión de la configuración, que se ocupa de la identificación, control y documentación del producto. La **gestión de la configuración** es el sistema por el que se identifican de forma precisa los cambios planificados en la configuración del producto, y se mantiene así el control de los cambios y la responsabilidad de su autorización.

Gestión del ciclo de vida del producto (*Product Life-Cycle Management, PLM*)

La **gestión del ciclo de vida del producto** es una gama de programas de software que intentan agrupar las distintas fases del diseño y la fabricación del producto, incluyendo muchas de las técnicas analizadas en las dos secciones anteriores sobre definición y documentación del producto. La idea base de los programas informáticos PLM (*Product Life-*

Cycle Management) es que el diseño del producto y las decisiones sobre fabricación se pueden tomar más rápido y más económicamente cuando se han integrado todos los datos y están en un formato homogéneo.

Aunque no haya una norma única, los productos PLM suelen partir del diseño del producto (CAD/CAM), pasan al diseño para la fabricación y ensamblaje (DFMA) y después a cuestiones relativas a las hojas de ruta del producto, materiales, layout, ensamblaje, mantenimiento e incluso temas medioambientales¹⁵. La integración de estas tareas tiene sentido porque muchas de estas áreas de decisión requieren disponer de datos que se utilizan en varias de ellas. El software PLM, un mercado con una facturación de 9.000 millones de dólares, constituye ahora una herramienta utilizada por muchas grandes organizaciones, entre las que se encuentran Lockheed Martin, GE, Procter & Gamble, Toyota (véase el recuadro sobre *Dirección de producción en acción* titulado “Toyota se está remodelando con los programas PLM”) y Boeing. Boeing estima que los programas PLM están recorriendo el ensamblaje final de su avión 787 de dos semanas a tres días. Los programas PLM también están llegando ahora a las pequeñas y medianas empresas manufactureras¹⁶.

Ciclos de vida cada vez más cortos, productos que plantean más retos tecnológicos, mayor normativa sobre materiales y procesos productivos, y más problemas medioambientales hacen que estos programas sean una herramienta muy atractiva para los directores de operaciones.

Gestión del ciclo de vida del producto (PLM)

Una serie de programas de software que relaciona muchas fases del diseño y la fabricación del producto.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

TOYOTA SE ESTÁ REMODELANDO CON LOS PROGRAMAS PLM

Con la compra del software 3-D Product Life-Cycle Management (PLM) a la empresa francesa Dassault Systems, Toyota está apretando el acelerador. El gigante japonés del automóvil, con su compra de miles de millones de dólares, está adquiriendo hardware, software y servicios que reducirán aún más el tiempo necesario para diseñar un nuevo automóvil y para mejorar la productividad en la fabricación. Para una empresa que ya diseña los vehículos más deprisa que ninguna otra, y que disfruta de una reputación de ser el mejor fabricante de automóviles del mundo, es una compra significativa. Toyota ha acabado justamente de elevar el listón.

Toyota quiere modelizar cada faceta de la producción de un automóvil, desde el diseño hasta los componentes, la secuencia de montaje y el diseño de la propia fábrica. Las funciones CAD/CAM del software permitirán a los diseñadores

de Toyota colaborar entre sí y con sus proveedores de diseño de todo el mundo. El software PLM no sólo permite probar los diseños de los componentes y montajes para el diseño de la fabricación, sino que también permite testear digitalmente la instalación de los componentes a medida que el automóvil avanza por la cadena de montaje. Finalmente, el sistema se utilizará para modelizar digitalmente toda la fábrica, especificando cada paso en el proceso de producción: qué herramientas, aprovisionamientos y componentes se utilizan y dónde; cuánta gente se necesita en cada punto de la cadena de montaje; y qué es exactamente lo que tienen que hacer y cómo lo van a hacer.

La adquisición del software PLM incluye aplicaciones de ayuda en la producción y de colaboración en el diseño. El producto unirá a las 56 fábricas de Toyota en 25 países y a sus más de 1.000 proveedores.

Fuentes: Information Week (1 de abril de 2002), 16-18; *The Wall Street Journal* (26 de marzo de 2002), B7; *Asia Computer Weekly* (8 de abril de 2002), 1 y *Design News* (26 de abril de 2004), 14.

¹⁵ Algunos proveedores de programas PLM incluyen elementos de la cadena de suministros como aprovisionamiento, gestión de materiales y evaluación de proveedores en sus paquetes, pero, en la mayoría de los casos, se consideran parte de los sistemas ERP analizados con los sistemas MRP en el Capítulo 4 del volumen *Decisiones Tácticas*. Véase, por ejemplo, SAP PLM (www.mySAP.com), Parametric Technology Corp. (www.ptc.com), UGS Copr. (www.ugs.com) y Proplanner (www.proplanner.com).

¹⁶ *Business Week* (31 de mayo de 2004), 19; e *Industry Week* (agosto de 2004), 54.

DISEÑO DE SERVICIOS

Gran parte de nuestro análisis se ha centrado en lo que podríamos llamar productos tangibles, es decir, bienes. La otra cara de la moneda son los servicios. Las industrias de servicios engloban productos intangibles como la banca, los seguros, el transporte y las comunicaciones. Los productos que ofrecen las empresas de servicios van desde un tratamiento médico que únicamente deje una cicatriz diminuta tras una extirpación del apéndice, hasta el lavado y corte de pelo en una peluquería, pasando por una gran película.

El diseño de los servicios es un gran reto porque los servicios suelen tener características especiales. Una razón por la que la mejora de la productividad en los servicios es tan lenta es porque tanto el diseño como la provisión de los productos del servicio requieren la participación activa del cliente, la interacción con él. Cuando el cliente participa en el proceso de diseño, el proveedor del servicio debe ofrecer un menú de servicios a partir del cual el cliente selecciona las opciones que desea [véase la Figura 5.12(a)]. En este momento, el cliente puede incluso llegar a participar en el diseño del servicio. Las especificaciones del diseño pueden adoptar la forma de un contrato o de una descripción por escrito con fotos (como en el caso de la cirugía estética o un peinado particular). De igual manera, el cliente puede estar implicado en la provisión (entrega o producción) del servicio [véase la Figura 5.12(b)], o en ambos procesos (en el diseño y en la provisión), situación que potencia al máximo el reto que plantea el diseño del producto [véase la Figura 5.12(c)].

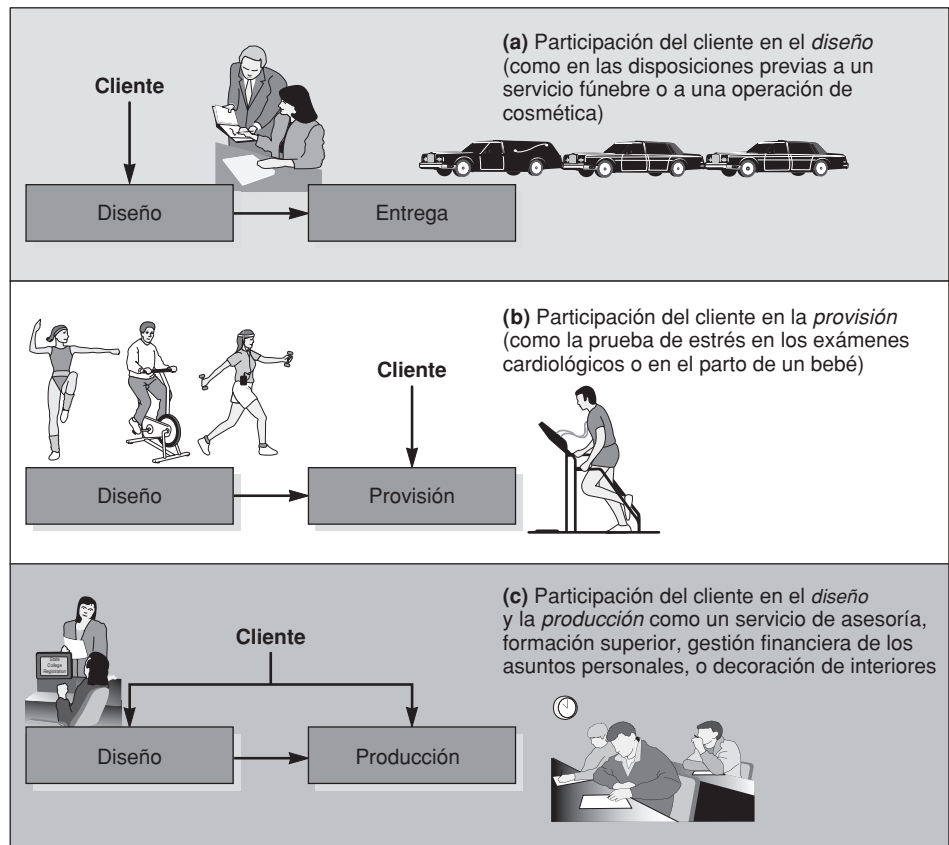


FIGURA 5.12 ■
Participación del consumidor en el diseño de los servicios

Fuente: Robert Murdick, Barry Render y Roberta Russell, *Service Operations Management* (Boston: Allyn & Bacon, 1990).

Sin embargo, al igual que en el caso de los bienes, gran parte del coste y de la calidad de un servicio se determina en la fase de diseño. Lo mismo que en aquéllos, existe una serie de técnicas capaces de reducir los costes y, al mismo tiempo, mejorar el producto. Una de las técnicas consiste en diseñar el producto de manera que la *fase de personalización se retrase* lo más posible dentro del proceso. Es la forma de actuar en una peluquería. Aunque el lavado y el aclarado del cabello se apliquen siguiendo reglas normalizadas, empleando mano de obra de bajo coste, las fases de tinte y peinado (es decir, el servicio personalizado) se efectúan al final. También es ésta la manera en la que actúa la mayoría de los restaurantes: “¿Cómo quiere el señor la carne?” “¿Qué tipo de aliño quiere en la ensalada?”.

El segundo enfoque consiste en *modularizar* el producto, de manera que la personalización adquiera la forma de un cambio de módulos. Esta estrategia permite diseñar módulos como unidades estándar “fijas”. El enfoque o planteamiento modular en el diseño de un producto tiene aplicaciones tanto en los procesos de fabricación como en los servicios. Al igual que el diseño modular nos permite comprar una moto Harley-Davidson o un equipo de alta fidelidad sólo con las características que queramos, la flexibilidad modular sirve para conseguir comidas, vestidos y contratos de seguros a partir de escoger y combinar módulos. De la misma manera, los fondos de inversión se definen recurriendo a módulos. Los planes de estudio de las facultades son, evidentemente, otro ejemplo de cómo se puede utilizar un método modular para la personalización de un servicio (en este caso, la educación).

Una tercera forma de plantear el diseño de los servicios es dividirlos en pequeñas partes e identificar las que se prestan a una *automatización* o una *interacción reducida con el cliente*. Así, por ejemplo, al separar la actividad de sacar dinero gracias a los cajeros automáticos, los bancos se han mostrado sumamente prácticos, pues han logrado diseñar un producto que no sólo mejora el servicio al cliente, sino que reduce costes. Análogamente, las compañías aéreas están adoptando servicios “sin billetes”. Dado que se gastan de 15 a 30 dólares para emitir un solo billete (si consideramos mano de obra, impresión y comisión para la agencia de viajes), vemos que los sistemas “sin billetes” ahorran al sector mil millones de dólares al año. La reducción tanto de costes como de colas en los aeropuertos (y, por tanto, una clientela más satisfecha) garantiza un diseño del “producto” con el que todo el mundo gana.

Debido a la elevada interacción de los clientes en muchas industrias de servicios, hay una cuarta técnica, que centra su diseño en la denominada hora de la verdad. Jan Carlzon, ex presidente de Scandinavian Airways, cree que en el sector servicios se alcanza la hora de la verdad cuando la relación entre el proveedor y el cliente es crucial¹⁷. En ese instante es cuando se define el grado de satisfacción del cliente con el servicio. La **hora de la verdad** es la que confirma las expectativas del cliente, las supera o no las alcanza. Ese instante puede consistir simplemente en una sonrisa, o en recibir la atención exclusiva del recepcionista cuando le está atendiendo a uno, en vez de estar hablando por encima del hombro con su compañero de trabajo. Esos momentos de la verdad pueden presentarse cuando encargamos un plato en McDonald’s, nos cortamos el pelo o nos matriculamos para unos cursos en la universidad. La Figura 5.13 muestra un análisis de la hora de la verdad en el servicio de asistencia telefónica de una empresa informática. La tarea del director de producción consiste en identificar cuáles son las horas de la verdad, y diseñar operaciones que satisfagan las expectativas del cliente o las rebasen con creces.

La hora de la verdad

En la industria de servicios, ese momento crucial que se produce cuando interactúa el cliente con el proveedor del servicio y que hace que se cumplan, se superen o no se alcancen las expectativas que tenía el cliente.

¹⁷ Jan Carlzon, *Moments of Truth* (Cambridge: Ballinger Publishing, 1987).

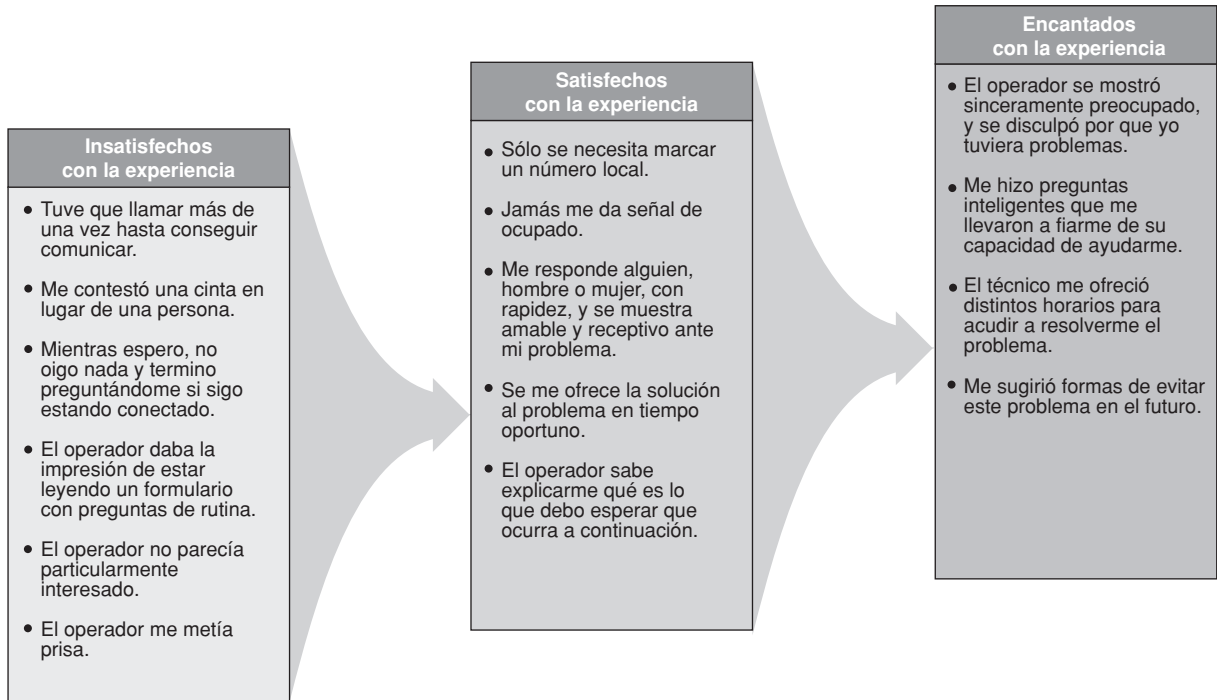


FIGURA 5.13 ■ Hora de la verdad: el cliente se pone en contacto con una línea de asistencia telefónica de una empresa informática

Documentación de los servicios

Puesto que los clientes interactúan bastante en la mayoría de los servicios, los documentos necesarios para que el artículo pase a la fase de producción son distintos de los que se manejan en las operaciones de producción de bienes. Es frecuente que la documentación de un servicio adopte la forma de instrucciones explícitas para la realización de un trabajo en las que se especifique lo que va a suceder en la hora de la verdad. Así, por ejemplo, al margen de la posible calidad de los productos de un banco en cuentas corrientes, ahorros, depósitos, préstamos, hipotecas, etcétera, si no se actúa bien en el momento de la verdad, es posible que el producto acabe teniendo una mala acogida por parte del cliente. El Ejemplo 2 muestra el tipo de documentación que puede utilizar un banco para que un producto pase a la fase de “producción” (servicios bancarios en la ventanilla del automóvil). En un servicio de telemarketing, el diseño del producto y su transmisión correspondiente a la fase de producción pueden adoptar la forma de un guión telefónico, mientras que un guión gráfico, es decir, una secuencia de viñetas (*storyboard*) es el recurso habitual para una película.

EJEMPLO 2

Documentación necesaria para que un producto de servicio pase a la fase de producción

A los clientes que van a los cajeros para automóviles en vez de acceder andando a la sucursal se les debe tratar con unas técnicas de servicio diferentes. La distancia y las máquinas que se inter-

ponen entre el cliente y usted levantan barreras para la comunicación. Los consejos para lograr una mejor comunicación en el caso de un cajero para automóviles son los siguientes:

- Ser especialmente discreto al dirigirse al cliente por el micrófono.
- Acompañar de instrucciones por escrito los formularios que se entreguen al cliente para que los cumplimente.
- Señalar las líneas que deben cumplimentarse o adjuntar una nota con instrucciones.
- Decir siempre “por favor” y “gracias” cuando se hable por el micrófono.
- Establecer contacto visual con el cliente si la distancia lo permite.
- Si la transacción exige que el cliente tenga que aparcar el coche para acceder a la sucursal, pedir disculpas por la molestia.

Fuente: Adaptado con autorización de *Teller Operations* (Chicago, IL: The Institute of Financial Education, 1992): 32.

APLICACIÓN DE ÁRBOLES DE DECISIÓN AL DISEÑO DE PRODUCTOS

Los árboles de decisión se pueden utilizar para las decisiones sobre nuevos productos, así como para una amplia variedad de problemas de dirección. Resultan particularmente útiles cuando existe una serie de decisiones y diferentes resultados posibles que conducen a decisiones *posteriores*, seguidas por otros resultados. Para formar un árbol de decisión se sigue el siguiente procedimiento:

1. Asegúrese de que se incluyen todas las posibles alternativas y estados de la situación en el árbol de decisión. Esto incluye la alternativa de “no hacer nada”.
2. Los resultados están al final de la rama adecuada. Éste es el lugar para mostrar los resultados que lleva consigo la elección de esa rama.
3. El objetivo es determinar el valor esperado de cada vía de actuación. Esto se consigue comenzando por el final del árbol (el lado derecho) y siguiendo hacia el principio del árbol (a la izquierda), al tiempo que se calculan los valores en cada paso y se eliminan las alternativas que no son tan buenas como otras del mismo nodo.

El Ejemplo 3 muestra la aplicación de un árbol de decisión aplicado al diseño del producto.

La secuencia de viñetas (storyboard) presenta claramente el producto, de forma que se identifica cada actividad y se conoce su contribución al proceso.

Árbol de decisión aplicado al diseño del producto

Silicon Inc., un fabricante de semiconductores, está investigando la posibilidad de fabricar y comercializar un microprocesador. Este proyecto requerirá la compra de un sofisticado sistema de CAD, o la contratación y la formación de varios ingenieros más. El mercado para el producto puede ser favorable o desfavorable. Silicon Inc., por supuesto, tiene la opción de no desarrollar el producto.

Con una acogida favorable del mercado, las ventas serían de 25.000 procesadores vendidos a 100 dólares la unidad, y si la acogida del mercado no fuese favorable, las ventas serían de tan sólo 8.000 procesadores vendidos a 100 dólares cada uno. El coste del equipo CAD es de 500.000 dólares, pero el de contratar y preparar a tres nuevos ingenieros es de tan sólo 375.000 dólares.

EJEMPLO 3

Sin embargo, el coste de fabricación iría desde los 50 dólares la unidad (cuando se fabrica sin el CAD) a 40 dólares (cuando se fabrica con el CAD).

La probabilidad de una acogida favorable del nuevo microprocesador es del 40%, mientras que la probabilidad de una acogida mala es del 60%. Véase la Figura 5.14.

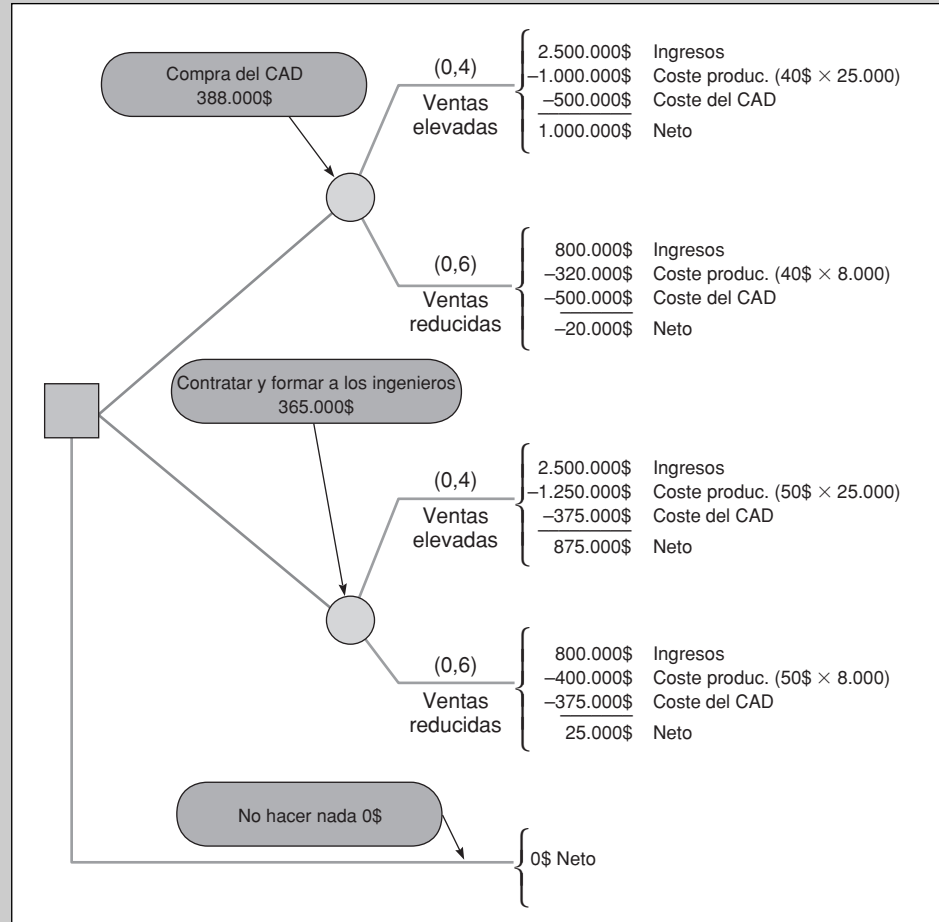


FIGURA 5.14 ■ Árbol de decisión para el desarrollo de un nuevo producto

Los resultados (valores monetarios) esperados (VME) se han colocado dentro de un círculo en cada etapa del árbol de decisión. Para la rama superior:

$$\text{VME (compra del sistema CAD)} = (0,4)(1.000.000\$) + (0,6)(-20.000\$) = 388.000\$$$

Esta cifra representa el resultado que se obtendrá si Silicon Inc. compra el CAD.

El resultado esperado en el caso de la contratación y preparación de los ingenieros es el de la segunda serie de ramas:

$$\text{VME (contratar/preparar ingenieros)} = (0,4)(875.000\$) + (0,6)(25.000) = 365.000\$$$

El VME de no hacer nada es de cero dólares. Como la rama superior tiene el mayor resultado monetario esperado (un VME de 388.000 dólares frente a 365.000 dólares y frente a 0 dólares), ésta representa la mejor elección. La dirección debería comprar el sistema CAD.



Active Model 5.1

El ejemplo 3 se ilustra más en el Active Model 5.1 del CD-ROM y en el ejercicio de la página 235.

TRANSICIÓN A LA PRODUCCIÓN

Al final, llegará un momento en que habremos seleccionado, diseñado y definido nuestro producto, sea un bien o un servicio. El producto ha pasado de ser una idea a ser una definición funcional, y después, quizás, a ser un diseño. Ahora la dirección debe tomar una decisión sobre desarrollar y producir o acabar con el producto ideado. Una de las artes de una gestión moderna es saber cuándo conviene llevar un producto de la fase de desarrollo a la de producción; este paso se conoce como *transición a la producción*. Los que trabajan en el desarrollo de productos siempre están interesados en hacer mejoras en él. Debido a que este personal tiende a considerar que el desarrollo del producto es como una evolución, nunca lo considerará terminado, pero, como ya dijimos antes, el coste de la introducción tardía de un producto es elevado. A pesar de la existencia de este conflicto y de las presiones consecuentes, la dirección debe tomar una decisión sobre si debe desarrollar más el producto o sobre si ha de comenzar a fabricarlo.

Una vez tomada esa decisión suele haber un periodo de producción de pruebas para garantizar que el diseño puede fabricarse realmente. Se trata de la prueba de “viabilidad de la fabricación del diseño realizado del producto”. Este test también proporciona al personal de fabricación la oportunidad de desarrollar las herramientas, procedimientos de control de calidad y formación adecuadas para garantizar un buen comienzo de la producción. Finalmente, cuando se juzga que el producto es a la vez comercializable y fabricable, la gerencia de producción asume la responsabilidad.

Algunas empresas nombran a un *director del proyecto*, y otras utilizan al *equipo de desarrollo de productos* que vimos anteriormente para asegurar que se lleva a cabo con éxito la transición de la fase de desarrollo a la de producción. Ambos enfoques permiten utilizar un amplio abanico de recursos y habilidades, y así garantizar que se produce satisfactoriamente un producto nuevo. Un tercer método es la *integración de las organizaciones de desarrollo y fabricación del producto*. Esto permite un fácil intercambio de recursos entre las dos organizaciones cuando las necesidades cambian. El trabajo del director de operaciones consiste en lograr la transición de la fase de I+D a la de producción de forma suave y sin contratiempos.

Una estrategia de producto eficaz requiere la selección, diseño y definición de un producto y, a continuación, su paso a la fase de producción. Sólo si se lleva a cabo esta estrategia de manera eficaz podrá la función de producción contribuir al máximo al beneficio de la organización. El director de operaciones deberá poner a punto un sistema de desarrollo de producto capaz de concebir, diseñar y producir productos que proporcionen una ventaja competitiva a la empresa. A medida que los productos discurren por su ciclo de vida (introducción, desarrollo, madurez y declive), van cambiando las opciones que debe perseguir el director de operaciones. Tanto en el caso de productos manufacturados como en el de servicios, existen diferentes técnicas que facilitan el desarrollo de esa actividad de una manera eficiente.

Especificaciones por escrito, listas de materiales y planos de ingeniería ayudan a diseñar los productos. Análogamente, planos y diagramas de montaje, hojas de ruta y órdenes de trabajo se usan a menudo para ayudar en la producción real de un producto. Una vez que el producto está en la fase de producción, es recomendable efectuar un análisis del valor para garantizar el máximo valor del producto. Las notificaciones de los cambios de ingeniería y la gestión de la configuración ofrecen la documentación pertinente sobre el producto.

TÉRMINOS CLAVE

Decisión de producto	Realidad virtual
Análisis del producto por valor	Análisis del valor
Tormenta de ideas	Fabricación ecológica
Despliegue de la función de calidad (DFC/ QFD)	Competencia basada en el tiempo
Casa de la calidad	<i>Joint ventures</i> (empresas conjuntas)
Equipos de desarrollo del producto	Alianzas
Ingeniería concurrente	Plano de ingeniería
Diseño para la fabricación e ingeniería del valor	Lista de materiales
Diseño robusto	Decisión de producir o comprar
Diseño modular	Tecnología de grupos
Diseño asistido por computadora (CAD)	Plano de montaje
Diseño para la fabricación y el montaje (DFMA)	Diagrama de montaje
Modelización de objetos en 3-D	Hoja de ruta
Normas para el intercambio de datos de los productos (STEP)	Orden de trabajo
Fabricación asistida por computadora (CAM)	Notificación de cambio de ingeniería
	Gestión de la configuración
	Gestión del ciclo de vida del producto (PLM)
	Hora de la verdad



PROBLEMA RESUELTO

Problema resuelto 5.1

Sarah King, presidenta de King Electronics, Inc., tiene dos opciones de diseño para su nueva línea de tubos de rayos catódicos (TRC) de alta resolución para las estaciones de trabajo CAD. La previsión de las ventas a lo largo del ciclo de vida de los TRC es de 100.000 unidades.

La opción A de diseño tiene una probabilidad de 0,90% de producir 59 TRC buenos por cada 100 y una probabilidad de 0,10 de producir 64 TRC buenos por cada 100. Este diseño costaría un millón de dólares.

La opción B del diseño tiene una probabilidad de 0,80 de producir 64 unidades válidas de cada 100, y una probabilidad de 0,20 de producir 59 unidades válidas de cada 100. Este diseño costaría 1.350.000 dólares.

Válido o no, cada TRC costará 75 dólares. Cada TRC bueno se venderá por 150 dólares. Pero los TRC malos se destruyen y no tienen ningún valor de rescate. Puesto que las unidades se desguazan cuando se tiran a la basu-

ra, hay un pequeño coste de eliminación de desperdicios. Sin embargo, en este problema vamos a ignorar ese coste.

Solución

Dibujamos un árbol de decisión para reflejar las dos decisiones y las probabilidades de cada una. A continuación calculamos el resultado de cada rama. El árbol correspondiente se muestra en la Figura 5.15.

Para el diseño A

$$\text{VME (diseño A)} = (0,9)(350.000\$) + (0,1)(1.100.000\$) = 425.000\$$$

Para el diseño B

$$\text{VME (diseño B)} = (0,8)(750.000\$) + (0,2)(0\$) = 600.000\$$$

El resultado más elevado es la opción B a 600.000\$.

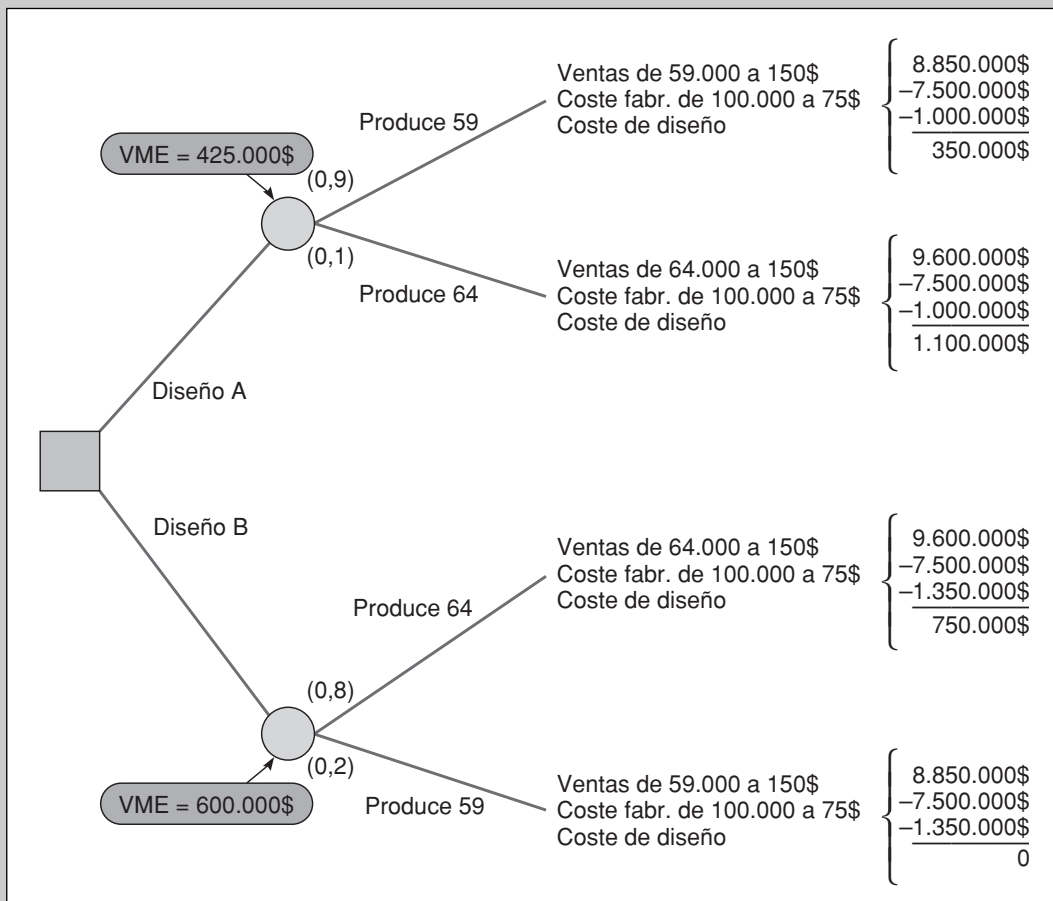


FIGURA 5.15 ■ Árbol de decisión del Problema resuelto 5.1

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestra página web o utilice el CD-ROM del estudiante para obtener ayuda sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa
- Problemas para resolver con Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en PowerPoint
- Problemas prácticos
- Videoclips y caso en vídeo
- Ejercicio Active Model
- Vínculo al programa QFD Capture Software
- POM para Windows



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. ¿Por qué es necesario documentar un producto de forma explícita?
2. ¿Qué técnicas utilizamos para definir un producto?
3. ¿De qué manera se vincula la estrategia del producto a las decisiones sobre el producto?
4. Una vez definido un producto, ¿qué documentos se utilizan para ayudar al personal de producción en el proceso de fabricación?
5. ¿Qué es la competencia basada en el tiempo?
6. Describa las diferencias entre *joint ventures* (empresas conjuntas) y alianzas.
7. Describa cuatro enfoques organizativos para el desarrollo de un producto. ¿Cuál se suele considerar que es el mejor?
8. Explique qué se quiere decir cuando se habla de diseño robusto.
9. ¿Cuáles son las tres formas concretas en que los programas de diseño asistido por computadora (CAD) ayudan al ingeniero de diseño?
10. ¿Qué información se muestra en una lista de materiales?
11. ¿Qué información se muestra en un plano de ingeniería?
12. ¿Qué información se muestra en un diagrama de ensamblaje? ¿Y en una hoja de procesos?
13. Explique qué se quiere decir en el diseño del servicio cuando se habla de “la hora de la verdad”.
14. Explique cómo traduce la casa de la calidad los deseos del consumidor en características del producto/servicio.
15. ¿Qué ventajas tiene el diseño asistido por computadora?
16. ¿Qué ventajas estratégicas proporciona el diseño asistido por computadora?



DILEMA ÉTICO

John Edwards, presidente de Edwards Toy Company, Inc., en Carolina del Sur, acaba de revisar el diseño de una nueva locomotora de juguete diseñada para niños de entre 1 y 3 años. La plantilla de diseño y marketing de John está entusiasmada con el mercado del producto y el potencial de los vagones de circo que se enganchan a la locomotora. El director de ventas espera una excelente recepción en la feria anual del juguete en Dallas el próximo mes. John también está encantado, pero tendrá que recurrir a los despidos si los pedidos no aumentan.

El personal de producción de John ha resuelto los problemas de fabricación y producido una serie piloto con éxito. Sin embargo, el personal de pruebas de calidad sugiere que, en algunas ocasiones, el gancho para enganchar los vagones a la locomotora y el gancho de la campana se rompen. Puede ser un problema, porque los niños podrían atragantarse con pequeñas partes de los mismos. En las pruebas de calidad los niños de 1 a 3 años no fueron capaces de romper estos elementos, no hubo fallos. Pero cuando en las pruebas se simuló la

fuerza de un adulto metiendo la locomotora en una caja de juguetes, o de un niño de cinco años tirándola al suelo, hubo fallos. La estimación es que alguno de esos dos elementos se puede romper cuatro veces de cada 100.000 veces que se tire. Ni el personal de diseño ni el de material sabe cómo hacer que el juguete sea más seguro y siga funcionando tal y como se diseñó. La tasa de fallos es reducida y, sin duda, aceptable para este tipo de juguetes, pero no al nivel seis sigma que quiere alcanzar la empresa de John. Y, por supuesto, algún día alguien podría interponer una demanda. Un niño atragantado con un trozo de juguete roto es un asunto muy serio. Además, hace poco alguien recordó a John en una conversación con un asesor legal que la jurisprudencia estadounidense indica que no se deben fabricar nuevos productos “si hay un conocimiento real o previsible de que vaya a haber problemas” con el producto.

El diseño de nuevos productos de éxito, fabricados de forma ética, es una tarea compleja, tal y como se ha sugerido en este capítulo. ¿Qué debería hacer John?

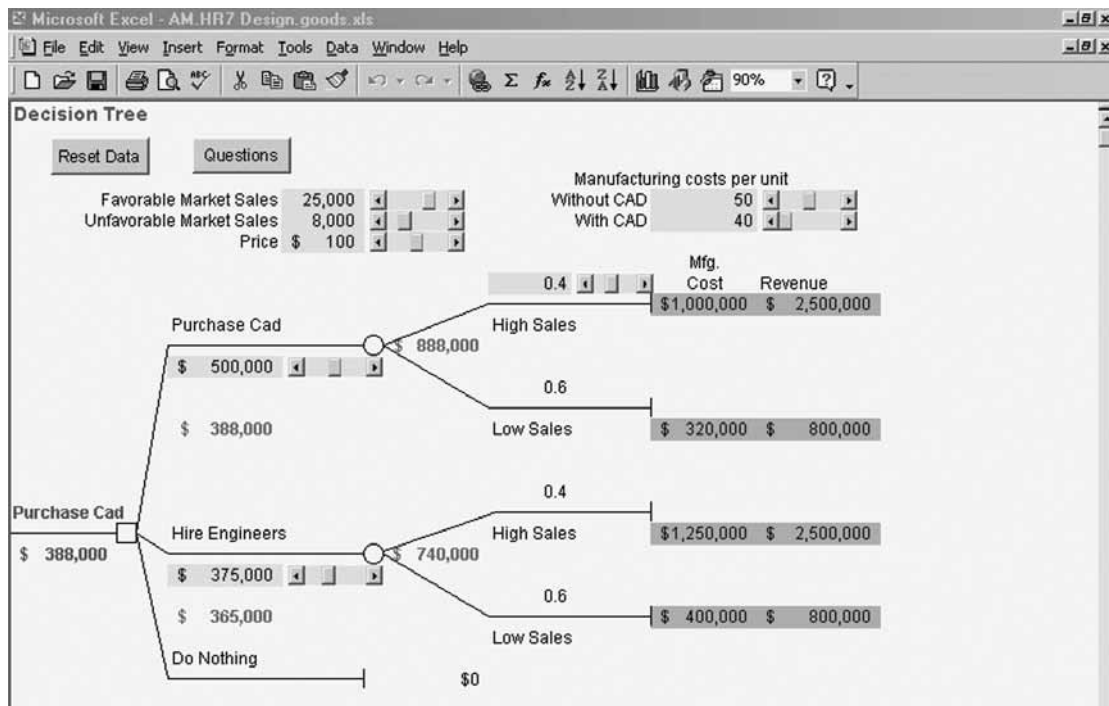


EJERCICIO ACTIVE MODEL

Este ejercicio Active Model se encuentra en su CD-ROM del alumno. Le permite evaluar importantes elementos de un árbol de decisión como el del Ejemplo 3. Un árbol de decisiones secuenciales es uno de los modelos de la dirección de operaciones que incluye probabilidades. Utilizamos este ejercicio Active Model para analizar la sensibilidad de las decisiones iniciales (contratación de más ingenieros o adquisición de un programa CAD) a las probabilidades. Además, analizamos la sensibilidad de la decisión de los resultados estimados (previsiones) en cada secuencia de decisiones y sucesos probabilísticos.

Preguntas

1. ¿Para qué rango de probabilidades de ventas elevadas debemos comprar un sistema CAD?
2. Se han definido unas “Ventas favorables en el mercado” como las que alcancen 25.000 unidades. Suponga que es una cifra demasiado optimista. ¿Para qué valor cambiaría su decisión y contrataría a ingenieros?
3. Se han definido las “Ventas desfavorables en el mercado” como ventas de 8.000 unidades. Suponga que es demasiado optimista. ¿Para qué valor cambiaría la decisión y contrataría a ingenieros?
4. ¿Cómo afecta el precio a nuestra decisión?
5. ¿Qué sensibilidad tiene la decisión respecto a los costes de fabricación sin el CAD?
6. ¿Qué sensibilidad tiene la decisión respecto a los costes de fabricación con el CAD?



ACTIVE MODEL 5.1 ■ Análisis del árbol de decisión utilizando los datos del Ejemplo 3



PROBLEMAS*

- ⋮ 5.1. Construya una casa de la calidad para un reloj de pulsera. Asegúrese de mostrar los deseos específicos del consumidor que usted cree que busca el público en general. Complete a continuación la matriz para mostrar cómo podría el director de operaciones identificar atributos concretos que se pueden medir y controlar para satisfacer esos deseos de los consumidores.
- ⋮ 5.2. Utilizando la casa de la calidad, escoja un producto real (un bien o servicio) y analice cómo puede una organización real satisfacer los requisitos del consumidor.
- ⋮ 5.3. Prepare una casa de la calidad para una trampa para cazar ratones.
- ⋮ 5.4. Realice una entrevista a un posible comprador de una nueva bicicleta y traduzca los deseos del consumidor en *cómos* específicos para la empresa.
- ⋮ 5.5. Prepare una lista de materiales para (a) unas gafas y su caja protectora y (b) un sándwich de comida rápida (acuda a un restaurante de comida rápida como Subway, McDonald's, Blimpie, Quizno's; tal vez un camarero o el encargado le dará detalles sobre la cantidad o peso de los diversos ingredientes; en caso contrario, estímelos).
- 5.6. Dibuje un diagrama de ensamblaje para un bolígrafo.
- ⋮ 5.7. Dibuje un diagrama de ensamblaje para unas gafas.
- 5.8. Dibuje un diagrama de ensamblaje para una lámpara de mesa.
- ⋮ 5.9. Prepare un análisis del producto por valor para los siguientes productos, y, dada su situación en su ciclo de vida, identifique las cuestiones a las que probablemente tendrá que hacer frente el director de operaciones, y las acciones que pueda emprender. El Producto Alfa tiene unas ventas anuales de 1.000 unidades y una contribución de 2.500 dólares y se encuentra en la etapa de introducción. El Producto Bravo tiene unas ventas anuales de 1.500 unidades y una contribución de 3.000 dólares y se encuentra en la etapa de crecimiento. El Producto Charlie tiene unas ventas anuales de 3.500 unidades y una contribución de 1.750 dólares y se encuentra en la etapa de declive.
- ⋮ 5.10. Dada la contribución realizada por cada uno de los tres productos de la siguiente tabla, y su posición en el ciclo de vida, identifique una estrategia de operaciones razonable para cada uno de ellos.

Producto	Contribución del producto (% del precio de venta)	Contribución a la empresa (%: contribución anual total dividida por las ventas anuales totales)	Posición en el ciclo de vida
Computadora portátil	30	40	Crecimiento
Agenda computadora electrónico	30	50	Introducción
Calculadora	50	10	Declive

- ⋮**P** 5.11. El grupo de diseño de productos de Flores Electric Supplies, Inc., ha decidido que tiene que diseñar una nueva serie de conmutadores. Tiene que decidirse por una de tres posibles estrategias de diseño. La previsión de mercado es de 200.000 unidades. Cuanto mejor y más sofisticada sea la estrategia del diseño, y más tiempo se dedique al proceso de inge-

* Nota: **P** Significa que se puede resolver el problema con el programa POM para Windows.

nería, menor será el coste variable. El responsable del diseño de ingeniería, el doctor W. L. Berry, ha decidido que los siguientes costes son una gran estimación de los costes inicial y variable de cada una de las estrategias.

- a) Baja tecnología: un proceso de baja tecnología y costes reducidos consistente en contratar a varios nuevos ingenieros júnior. Esta opción tiene un coste de 45.000 dólares y unas probabilidades de costes variables de 0,3 para 0,55 dólares cada uno, 0,4 para 0,5 dólares cada uno, y 0,3 para 0,45 dólares cada uno.
- b) Subcontrata: un planteamiento de costes medios recurriendo a buen personal externo de diseño de calidad. Este planteamiento tendría un coste inicial de 65.000 dólares y unas probabilidades de costes variables de 0,7 para 0,45 dólares cada uno, 0,2 para 0,4 dólares cada uno, y 0,1 para 0,35 dólares cada uno.
- c) Alta tecnología: un enfoque de alta tecnología utilizando el mejor personal de la empresa y la última tecnología de diseño asistido por computadora. Este enfoque tiene un coste fijo de 75.000 dólares y unas probabilidades de costes variables de 0,9 para 0,4 dólares cada uno, y 0,1 para 0,35 dólares cada uno. ¿Cuál es la mejor decisión basándose en el criterio del valor monetario esperado (VME)? (Nota: Queremos el menor VME puesto que en este problema estamos trabajando con costes).

- :P 5.12.** Clarkson Products, Inc. de Clarkson, Nueva York, tiene la opción de (a) proceder de inmediato con la producción de una nueva línea de televisores estéreos de alta gama cuya prueba de prototipo acaba de terminar o (b) hacer que el equipo de análisis del valor realice un estudio. Si Ed Lusk, VP de Operaciones, procede con el prototipo existente (opción a), la empresa puede esperar lograr unas ventas de 100.000 unidades a 550 dólares cada una, con una probabilidad de 0,6 y una probabilidad de 0,5 de 75.000 unidades a 550 dólares. Si, sin embargo, recurre al equipo de análisis del valor (opción b), la empresa espera unas ventas de 75.000 unidades a 750 dólares con una probabilidad de 0,7 y una probabilidad de 0,3 de 70.000 unidades a 750 dólares. El coste del análisis del valor es de 100.000 dólares. ¿Qué opción ofrece el mayor resultado (valor monetario) esperado (VME)?
- :P 5.13.** Los vecinos de Mill River tienen mucho cariño a la pista de patinaje sobre hielo de su parque. Un artista la ha plasmado en un dibujo que piensa reproducir para vender copias enmarcadas a los actuales y antiguos vecinos. Piensa que, si el mercado responde, podría vender hasta 400 copias de la elegante versión a 125 dólares cada una. Si el mercado no responde, sólo podría vender 200 a 90 dólares la unidad. En lugar de lo anterior, podría hacer una versión de lujo del citado dibujo. Tiene la impresión de que, si el mercado fuera bueno, podría vender 500 copias de la versión de lujo a 100 dólares la copia. Si el mercado no lo fuera, podría llegar sólo a 400 copias a 70 dólares cada una. En ambos casos, los costes de producción serían aproximadamente de 35.000 dólares. También podría decidir no hacer nada. Si creyera que existe un 50% de probabilidades de que haya un buen mercado, ¿qué es lo que haría y por qué?
- :P 5.14.** El director de materiales de Ritz Products, Bruce Elwell, debe determinar si fabricar o comprar un nuevo semiconductor para el televisor de pulsera que la empresa está a punto de fabricar. Se espera producir un millón de unidades durante el ciclo de vida. Si se fabrica el semiconductor, el coste de preparación y de producción de la decisión de *fabricar* es de un millón de dólares, con una probabilidad de 0,40 de que el producto será satisfactorio, y una probabilidad de 0,60 de que no lo será. Si el producto no es satisfactorio, la empresa tendrá que evaluar de nuevo su decisión. Esto implica que deberá gastarse otro millón de dólares para volver a diseñar el semiconductor, o para comprarlo. La probabilidad de tener éxito la segunda vez que se tome la decisión de fabricar es de 0,90. Si también fallara la segunda decisión de *fabricar*, la empresa debería comprar. Independientemente de cuándo tenga

lugar la compra, Bruce Elwell estima que tendrá que pagar 0,50 dólares por unidad comprada, más un millón de dólares en concepto de gastos de desarrollo del proveedor.

- Suponiendo que Ritz Products necesite disponer del semiconductor (no es una opción viable prescindir de él), ¿cuál sería la mejor decisión?
- ¿Qué criterio empleó para tomar esta decisión?
- ¿Qué es lo peor que le puede ocurrir a Ritz Products como resultado de esta decisión concreta? ¿Qué es lo mejor que podría ocurrir?

- :P 5.15.** Page Engineering diseña y construye sistemas de calefacción y aire acondicionado (CAC) para hospitales y clínicas. En la actualidad el personal de la empresa está sobrecargado con el trabajo de diseño. Hay un plazo para un importante proyecto de diseño que vence dentro de ocho semanas. La penalización por retraso en el diseño es de 14.000 dólares por semana, puesto que cualquier retraso hará que el hospital abra después de lo previsto, lo que costaría al cliente una pérdida importante de ingresos. Si la empresa utiliza a sus propios diseñadores para terminar el diseño, tendrá que pagar horas extras. Page ha estimado que costará 12.000 dólares por semana (salarios y gastos generales) lograr que los ingenieros de la empresa completen el diseño. Page está considerando también contratar a una empresa de ingeniería externa para hacer el diseño. Se ha recibido un presupuesto de 92.000 dólares para el diseño completo. Incluso hay otra opción más para acabar el diseño que consiste en hacer un diseño conjunto contratando a otra empresa de ingeniería para que haga todos los elementos electromecánicos del diseño a un coste de 56.000 dólares. Page terminaría el resto del diseño y los sistemas de control con un coste estimado de 30.000 dólares.

Page ha estimado las siguientes probabilidades para completar el diseño en diferentes plazos de tiempo utilizando cada una de las tres opciones. En la siguiente tabla se muestran sus estimaciones:

Opción	Probabilidad de acabar el diseño			
	A tiempo	Una semana de retraso	Dos semanas de retraso	Tres semanas de retraso
Ingenieros propios	0,4	0,5	0,1	—
Ingenieros externos	0,2	0,4	0,3	0,1
Diseño conjunto	0,1	0,3	0,4	0,2

¿Cuál es la mejor decisión a partir del criterio del valor monetario esperado? (*Nota:* Quiere el menor VME porque en este problema estamos tratando con costes).

- : 5.16.** Utilice los datos del Problema resuelto 5.1 para examinar lo que ocurre con la decisión si Sara King puede aumentar la producción de TRC buenos de 59.000 a 64.000 aplicando un fósforo especial, pero caro, a la pantalla con un coste añadido de 250.000 dólares. Prepare el árbol de decisión modificado. ¿Cuáles serían los resultados y cuál sería la rama con el mayor VME?
- : 5.17.** Utilizando la secuencia de la casa de la calidad, descrita en la Figura 5.4, decida cómo desplegará los recursos para lograr la calidad deseada de un producto o servicio cuyo proceso de producción conoce.



PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

Visite nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para los siguientes problemas adicionales: 5.18 a 5.24.

■ *Caso de estudio* ■

Estrategia de producto de De Mar

De Mar, empresa de servicios de fontanería, calefacción y aire acondicionado, situada en Fresno, California, aplica una sencilla pero eficaz estrategia del producto: *resolver el problema del cliente sea cual sea, resolverlo cuando éste lo necesite, y no marcharse sin asegurarse antes de que el cliente queda satisfecho*. De Mar ofrece un servicio garantizado en el día a aquellos clientes que lo requieran. La empresa trabaja en jornadas de 24 horas los siete días de la semana, sin ningún recargo extra a aquellos clientes a quienes se les haya estropeado el aire acondicionado en pleno domingo canicular, o a quienes, pongamos por caso, se les inunde el inodoro a las dos y media de la mañana. Como dice Janie Walter, de los servicios auxiliares de coordinación: “Nosotros estaremos en el sitio preciso para arreglarle el aire acondicionado el 4 de julio y sin suplemento en la factura. Cuando la competencia aún no se haya levantado de la cama, nosotros ya estaremos allí”.

De Mar garantiza el precio del trabajo a realizar hasta el último céntimo antes de ponerse manos a la obra. Mientras que la mayor parte de la competencia ofrece una garantía de 30 días por el trabajo realizado, De Mar extiende la garantía hasta un año, incluyendo todas las piezas de repuesto y la mano de obra. La empresa no carga gastos de desplazamiento, porque, según nos dice, “no es justo cobrar a los clientes por salir”. Su propietario, Larry Harmon, dice: “trabajamos en un sector que no goza precisamente de una magnífica reputación. Si hacemos de nuestro deseo de ganar dinero nuestro objetivo prioritario, lo vamos a pasar mal. Así pues, prefie-

ro hacer hincapié en la satisfacción del cliente como resultado de nuestro trabajo: el dinero vendrá después”.

De Mar utiliza, para aplicar su estrategia, entrenamientos y formación continuos, técnicas de contratación selectiva, medidas de rendimiento y salariales que incorporan indicadores de satisfacción del cliente, sólido trabajo en equipo, presión del grupo, delegación de funciones a los operarios (*empowerment*), y una intensa promoción. Como dice la directora de créditos, Arme Semrick, “aquí, la persona que quiera entrar a las nueve y salir a las cinco, lo mejor que puede hacer es buscarse otro trabajo”.

De Mar tiene unos precios elevados. Sin embargo los clientes responden porque la empresa ofrece valor; es decir, facilita beneficios en contraprestación a los costes. En ocho años, sus ventas anuales han aumentado de unos 200.000 dólares a más de 3.300.000.

Preguntas para el debate

1. ¿Cuál es el producto de De Mar? Identifique los elementos tangibles de este producto y sus componentes de servicio.
2. ¿Cómo deberían apoyar otras divisiones de De Mar (marketing, finanzas, personal) la estrategia del producto?
3. Si bien el producto de De Mar es, ante todo, un producto de servicio, ¿cómo debería gestionarse cada una de las diez decisiones de dirección de producción del texto para garantizar el éxito del producto?

Fuente: Reproducido con autorización de The Free Press, de *On Gre-at Service: A Framework for Action*, por Leonard L. Berry. Copyright ©1995 de Leonard L. Berry.



Caso de estudio en vídeo

Diseño del producto en Regal Marine

Con cientos de competidores en el mundo de las embarcaciones de recreo, Regal Marine ha de ingeniárselas para conseguir diferenciarse del resto. Como observamos en el perfil de una empresa global con el que abrimos este capítulo, Regal no cesa de producir constante-

mente nuevas embarcaciones, innovadoras y de alta calidad. Su estrategia de diferenciación se basa en una línea de productos integrada por 22 modelos.

Para mantener este flujo innovador, y con tantos modelos en distintas fases de sus ciclos de vida, Regal recaba constantemente inputs de diseño de sus clientes, concesionarios vendedores y asesores. Estas ideas lle-

gan rápidamente al estudio de diseño, donde, a través de programas CAD, se acelera el proceso de su desarrollo. Los diseños de las embarcaciones actuales se encuentran siempre en proceso de evolución, ya que la empresa intenta conservar su carácter de estilo moderno y competitivo. Por otra parte, los ciclos de vida, que no suelen rebasar los tres años, exigen la aparición continua de nuevos productos. Hace unos pocos años, el nuevo producto era el Rush, modelo de 11.000 dólares, embarcación pequeña pero potente, adaptada al esquí acuático, capaz de arrastrar a un esquiador, y concebida para tres pasajeros. A ésta la siguió un barco de 20 pies, que ofrecía tal nivel de prestaciones en su interior y fuera de borda, y con tantas innovaciones, que no paró de conseguir premios en el sector. Otra nueva embarcación fue el rediseñado modelo Commodore, de 40 pies y con cabida para seis pasajeros en otros tantos camarotes de lujo. Con todos esos modelos e innovaciones, los diseñadores y el personal de producción de Regal trabajan en urgencia para ser capaces de responder con rapidez a las exigencias del mercado.

Consiguiendo que sus proveedores clave colaboren desde el principio, y urgiéndoles a participar en la fase de diseño, Regal mejora simultáneamente la innovación y la calidad de sus productos, al mismo tiempo que acelera su proceso de desarrollo. Regal se ha dado cuenta de que cuanto antes se impliquen sus proveedores, antes podrá lanzar nuevos productos al mercado. Concluida la fase de desarrollo que conforma el concepto y el diseño, las técnicas de diseño asistido por computadora (CAD)

proporcionan las especificaciones del producto. El primer paso en la fase de producción propiamente dicha consiste en la creación del “tarugo”, una especie de talla a base de espuma utilizada para la fabricación de moldes destinados a cubiertas y cascos de fibra de vidrio. Las especificaciones del sistema CAD dirigen el proceso de tallado, de manera que, una vez que se ha conseguido tallar el tarugo, quedan formados los moldes permanentes para cada nuevo diseño de casco y de cubierta. Los moldes tardan alrededor de 4 a 8 semanas en confeccionarse, y todos se elaboran a mano. Se hacen moldes semejantes para muchos elementos comunes de las embarcaciones de Regal (desde componentes para cocinas y camarotes hasta cuartos de baño y escalerillas). Los moldes, una vez acabados, pueden guardarse y utilizarse para fabricar miles de embarcaciones.

Preguntas para el debate*

1. ¿Cómo se aplica el concepto de ciclo de vida del producto a los productos de Regal Marine?
2. ¿Qué estrategia utiliza Regal para seguir siendo competitiva?
3. ¿Qué tipo de ahorros de ingeniería está logrando Regal al utilizar CAD en vez de a las tradicionales técnicas de diseño?
4. ¿Cuáles son los beneficios previsibles derivados de la tecnología de diseño asistido por computadora?

* Puede reproducir este caso de vídeo en su CD antes de responder a estas preguntas.

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Harvard ha seleccionado estos casos del Harvard Business School para acompañar a este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu)

- **El Ritz-Carlton (#601-163):** Permite a los alumnos analizar las innovaciones y mejoras del servicio en la industria hotelera.
- **Desarrollo de productos en Dell Computer Corp. (#699-010):** Se centra en cómo Dell ha rediseñado su proceso de desarrollo de nuevos productos.
- **Innovación en 3M Corp. (#699-012):** Describe cómo se recurre a los consumidores en el proceso de desarrollo de nuevos productos de 3M Corp.
- **Ciba Vision: *The Daily Disposable Lens Project* (A) (#696-100):** Analiza la evaluación que hace CIBA Vision de una lentilla desechable de bajo coste.
- **Apple Powerbook (A) (#994-023):** Analiza el conflicto entre la perfección y el tiempo necesario para llegar al mercado.
- **BMW: El proyecto de la Serie 7 (A) (#692-083):** Analiza la decisión de cómo se fabrican los prototipos de los automóviles.



BIBLIOGRAFÍA

- Akao, Y., ed., *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1990.
- Atuahene-Gima, Kwaku, y Felicitas Evangelista, "Cross-Functional Influence in New Product Development: En Exploratory Study of Marketing y R&D Perspectives", *Management Science* 46, n.º 10 (octubre 2000): 1269-1284.
- Baldwin, C. Y., y K. B. Clark, "Design Rules. Volume 1: The Power of Modularity", Cambridge, MA: MIT Press, 2000.
- Brockman, Beverly K., y Robert M. Morgan, "The Role of Existing Knowledge in New Product Innovativeness and Performance", *Decision Sciences* 34, n.º 2 (primavera 2003): 385-419.
- Gerwin, Donald. "Coordinating New Product Development in Strategic Alliances", *The Academy of Management Review* 29, n.º 2 (abril 2004): 241-257.
- Hutt, Michael D., et al., "Defining the Social Network of a Strategic Alliance", *Sloan Management Review* (invierno 2000): 51-62.
- Krishnan, V., y Karl T. Ulrich, "Product Development Decisions: A Review of the Literature", *Management Science* 47, n.º 1 (enero 2001): 1-21.
- Saaksvuori, A. y A. Immonen. *Product Lifecycle Management*, Berlin: Springer-Verlag (2004).
- Schilling, Melissa A., "Toward A General Modular Systems Theory and Its Application to Interfirm Product Modularity", *Academy of Management Review* 25, n.º 2 (2000): 312-334.
- Thomke, Stefan, "Enlightened Experimentation: The New Imperative for Innovation", *Harvard Business Review* 79, n.º 2 (febrero 2001): 67-72.



RECURSOS EN INTERNET

- Proyecto ágil de fabricación en MIT:
<http://web.mit.edu/ctpid/www/agile/atlanta.html>
- Diseño de ventajas competitivas:
<http://www.dfca.larc.nasa.gov/dfc/toc.html>
- Ejemplos de malos diseños:
<http://www.baddesigns.com>
- Centro de diseño para el Royal Melbourne Institute of Technology:
<http://www.cfd.rmit.edu.au/>
- Ingeniería de concentración, Demostración de entorno virtual:
Universidad de Hertfordshire:
<http://www.ider.herts.ac.uk/ider/design.html>
- Consortio del diseño de fabricación en verde:
<http://cgdm.berkeley.edu>
- Iniciativas de diseños verdes: Universidad de Carnegie Mellon:
<http://www.ce.cmu.edu/GreenDesign>
- Información patrocinada por el sitio web del sector medioambiental sobre ISO 14000 Information Center:
<http://www.iso14000.com/>
- Caso práctico de estudio Saturn de ingeniería de diseño:
<http://bits.smete.berkeley.edu/develop/saturn/banner.html>

GESTIÓN DE LA CALIDAD

6

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA EMPRESA

**GLOBAL: HOSPITAL ARNOLD
PALMER**

CALIDAD Y ESTRATEGIA

DEFINICIÓN DE LA CALIDAD

Implicaciones de la calidad
Premio Nacional Malcolm Baldrige
a la Calidad
Coste de la calidad
Ética y gestión de la calidad

NORMAS INTERNACIONALES DE CALIDAD

ISO 9000
ISO 14000

GESTIÓN DE CALIDAD TOTAL

Mejora continua
Seis Sigma
Potenciación de los empleados
Definición de referencias
(*benchmarking*)
Justo a tiempo (JIT)
Conceptos de Taguchi
Conocimiento de las herramientas
de TQM

HERRAMIENTAS DE TQM

Hojas de control
Diagramas de dispersión
Diagramas de causa-efecto
Gráficos de Pareto
Diagramas de flujo

Histogramas
Control estadístico de procesos (SPC)

EL PAPEL DE LA INSPECCIÓN

Cuándo y dónde inspeccionar
Inspección en la fuente
Inspección en el sector servicios
Inspección de atributos frente a
inspección de variables

LA GCT TQM EN LOS SERVICIOS

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

EJERCICIOS EN INTERNET Y EN EL CD-ROM
DEL ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

DILEMA ÉTICO

EJERCICIO ACTIVE MODEL

PROBLEMAS

CASO DE ESTUDIO: UNIVERSIDAD DE
SOUTHWESTERN: (C)

CASOS DE ESTUDIO EN VÍDEO: LA CULTURA DE
LA CALIDAD EN EL HOSPITAL ARNOLD
PALMER; LA CALIDAD EN LA EMPRESA DE
HOTELES RITZ-CARLTON

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

*Cuando haya
acabado este capítulo,
debe ser capaz de:*

Identificar o definir:

Calidad
Premio Nacional
Malcolm Baldrige a
la Calidad
Normas internacionales
de calidad ISO
Conceptos de Taguchi

Describir o explicar:

¿Por qué es importante
la calidad?
La gestión de calidad
total (TQM)
Siete herramientas
de la TQM
Solidez de calidad
en los productos
Las ideas de Deming,
Juran, Feigenbaum
y Crosby



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: HOSPITAL ARNOLD PALMER

La gestión de calidad proporciona una ventaja competitiva al hospital Arnold Palmer

El Storkboard (tablero de la cigüeña) es un panel visual en el que se muestra la situación de cada bebé a punto de nacer, de forma que todas las enfermeras y los médicos tienen información actualizada en un solo vistazo.

El hall del hospital Arnold Palmer, con su Genio de seis metros y medio de altura, tiene la clara pretensión de ser un lugar cálido y agradable para los niños.

Por todo el hospital cuelgan dibujos hechos por niños que han sido pacientes. Los niños descubren que su habitación del hospital es una zona segura, donde pueden decir "no" a cualquier prueba/actividad en la que haya sangre. En todas las habitaciones se muestra una Lista de Derechos del Niño.

La cita de Mark Twain que se muestra en la pizarra dice: "Haz siempre lo correcto. Algunas personas se sentirán gratificadas y la mayoría quedará asombrada". El hospital ha rediseñado las habitaciones de neonatos. En el antiguo sistema había 16 cunas neonatales en una gran habitación que solía ser muy ruidosa. Las nuevas habitaciones son semiprivadas, con una tranquila atmósfera que simula la noche. Se ha demostrado que estas habitaciones ayudan a los bebés a desarrollarse y mejorar más rápidamente.

Cuando el hospital Arnold Palmer empezó a planificar el nuevo hospital de 11 plantas al otro lado de la calle del edificio existente, optó por un diseño circular, creando un entorno centrado en el paciente. En las habitaciones se utilizan colores cálidos, con camas plegables ocultas para los miembros de la familia, techos de una altura de cuatro metros y medio y luz natural con ventanas extragrandes. El concepto circulante también significa que hay una habitación de enfermeras a unos pocos pasos de cada núcleo de 10 camas, lo que ahorra mucho tiempo desperdiciado por las enfermeras al tener que andar de un lado a otro para atender a un paciente. El caso de estudio del Capítulo 9 analiza este layout en detalle.

Desde 1989 el hospital Arnold Palmer, cuyo nombre se debe al famoso jugador de golf benefactor del hospital, ha cambiado la vida de más de 6,8 millones de niños y mujeres y sus familias. Los pacientes no sólo provienen de la ciudad de Orlando donde se ubica, sino también de los 50 Estados y de todo el mundo. Todos los años nacen más de 10.000 bebés en el hospital Arnold Palmer y su enorme unidad de cuidados intensivos neonatal goza de una de las mayores tasas de supervivencia de Estados Unidos.

Todos los hospitales ofrecen atención sanitaria de calidad, pero en el hospital Arnold Palmer la calidad es el mantra: se practica de la misma forma en que el hotel Ritz Carlton la practica en la industria hotelera. El resultado es que el hospital habitualmente está situado en el primer diez por ciento en los estudios de referencia (*benchmark*) de Estados Unidos en cuanto a satisfacción de los pacientes. Y sus directivos revisan todos los días los resultados de los cuestionarios entregados a los pacientes. Si hay algo mal se emprenden acciones correctivas de inmediato.

Prácticamente, todas las técnicas de gestión de la calidad que presentamos en este capítulo se utilizan en el hospital Arnold Palmer:

- **Mejora continua.** El hospital busca continuamente nuevas formas de reducir las tasas de infección, las tasas de readmisión, los costes, las defunciones y el tiempo de permanencia en el hospital.
- **Potenciación de los empleados.** Cuando los empleados ven un problema han recibido la formación para resolverlo. Igual que en el Ritz, el personal tiene delegado el poder de dar regalos a los pacientes insatisfechos con determinada faceta del servicio.
- **Referencias (Benchmarking).** El hospital forma parte de una organización de 2.000 miembros que hace un seguimiento de los estándares en muchas facetas y ofrece información mensual al hospital.
- **Justo a tiempo.** Los suministros se envían al hospital con un sistema JAT (JIT). Este sistema mantiene reducidos los costes de inventario y evita que se oculten los problemas de calidad.
- **Herramientas como los diagramas de Pareto y los diagramas de flujo.** Estas herramientas permiten hacer un seguimiento de los procesos y ayudan al personal a identificar gráficamente áreas problemáticas y sugerir formas de mejorarlas.

Desde su primer día de orientación en el hospital, los empleados, desde los conserjes hasta las enfermeras, aprenden que lo primero son los pacientes. No se oirá nunca a los empleados hablando en un pasillo sobre su vida personal o cuestiones confidenciales de la atención sanitaria. Esta cultura de calidad en el hospital Arnold Palmer hace que la visita al hospital, que suele ser traumática para los niños y para sus padres, sea una experiencia más cálida y más reconfortante.

CALIDAD Y ESTRATEGIA

Para el hospital Arnold Palmer y para otras muchas empresas, la calidad actúa como un tónico maravilloso para mejorar las operaciones. Así, la gestión de la calidad contribuye a la elaboración de unas buenas estrategias de *diferenciación*, *bajo coste* y rapidez de *respuesta*. Por ejemplo, la definición de las expectativas de calidad de los consumidores ha ayudado a Bose Corp. a *diferenciar* con éxito sus altavoces estéreo, de modo que se encuentran entre los mejores del mundo. Nucor ha aprendido a producir acero de calidad a *bajo coste* mediante el desarrollo de procesos eficientes, capaces de producir calidad constante. Dell Computers *responde* rápidamente a los pedidos de la clientela, porque sus sistemas de calidad han permitido eliminar trabajos de reelaboración y revisión, con lo que han conseguido una rápida producción en sus fábricas. Seguramente, la calidad constituye, al igual que en el caso del hospital Arnold Palmer, el factor fundamental para el éxito de esas empresas.

Como sugiere la Figura 6.1, la mejora de la calidad ayuda a las empresas a aumentar sus ventas y a reducir costes, factores ambos susceptibles de redundar en una mayor rentabilidad. Las ventas suelen aumentar cuando las empresas aceleran su capacidad de respuesta, reducen sus precios de venta gracias a las economías de escala y consolidan su reputación como proveedoras de productos de calidad. Análogamente, la mejora de la calidad permite que disminuyan los costes, ya que las empresas aumentan su productividad y reducen los costes de reelaboración, de materiales desechados y de garantía. Un estudio concluyó que las empresas con la más alta calidad eran cinco veces más productivas (medido por unidades producidas por hora de trabajo) que las empresas que ofrecían la calidad más deficiente. Efectivamente, cuando se consideran las implicaciones en cuanto a costes a largo plazo en una organización, y su potencial de aumentar las ventas, los costes totales pueden reducirse al mínimo cuando el cien por cien de sus bienes o servicios son perfectos y carecen de defectos.

La calidad, o su ausencia, ejercen un impacto sobre toda la organización, desde el proveedor hasta el consumidor y desde el diseño del producto hasta el mantenimiento. Sin embargo, y esto quizá sea más importante, la *creación* de una empresa capaz de proporcionar productos de calidad también afecta a toda la organización (y constituye una tarea difícil). La Figura 6.2 reproduce el flujo de actividades que debe realizar una organización

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE DIRECCIÓN DE OPERACIONES
Diseño de bienes y servicios
Gestión de la calidad
Estrategia de procesos
Estrategias de localización
Estrategias de organización
Recursos humanos
Gestión de la cadena de suministros
Gestión del inventario
Programación
Mantenimiento

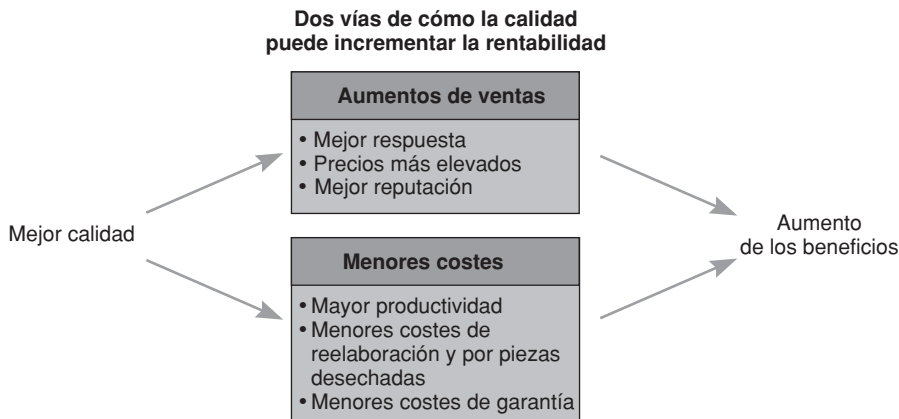


FIGURA 6.1 ■ Formas en que la calidad incrementa la rentabilidad

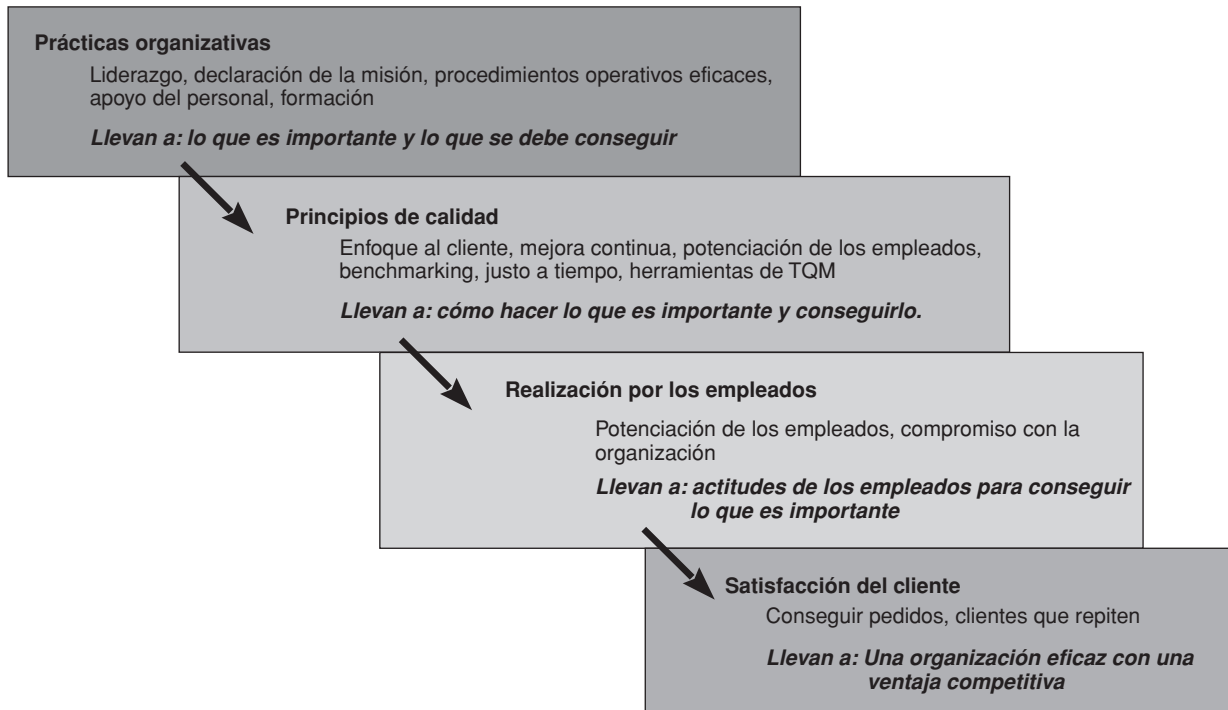


FIGURA 6.2 ■ Flujo de actividades necesarias para conseguir una gestión de calidad total

para lograr una gestión de calidad total (TQM). Un conjunto de actividades de éxito se inicia con la creación de un entorno empresarial que promueve la calidad, seguido de una comprensión de sus principios y, finalmente, de un esfuerzo por involucrar a los empleados en las actividades necesarias para su consecución. Si se hacen bien todas estas cosas, la organización normalmente satisfará a sus consumidores y conseguirá una ventaja competitiva. El objetivo final es ganar clientela. Como la calidad conlleva tantas otras cosas buenas, constituirá un buen punto de partida.

DEFINICIÓN DE LA CALIDAD

Los sistemas de gestión de calidad total se guían por la identificación y satisfacción de las necesidades del cliente. La gestión de calidad total cuida del cliente. Por consiguiente, aceptamos la definición de **calidad** que ha adoptado la Sociedad Americana de la Calidad: “La totalidad de prestaciones y características de un producto o servicio que son la base de su capacidad para satisfacer necesidades explícitas o implícitas”¹.

Sin embargo, otros creen que las definiciones de calidad se dividen en distintas categorías. Algunas definiciones se basan en *el usuario*. Éstas defienden que la calidad “reside en los ojos del usuario”. A los que trabajan en marketing les gusta esta definición, y a los clientes también. Para ellos, una mejor calidad implica un mayor rendimiento, prestaciones más valoradas y otras mejoras (a veces costosas). Para los directivos de pro-

Calidad

Capacidad que tiene un producto o un servicio de satisfacer las necesidades del cliente.

¹ Véase el sitio web de la American Society for Quality en www.asq.org.

ducción, la calidad se basa en *la fabricación*. Creen que la calidad significa conformidad con las especificaciones, y “hacer las cosas bien a la primera”. Un tercer enfoque es el que se basa en *el producto*, y considera la calidad como una variable precisa y mensurable. Desde este punto de vista, por ejemplo, un helado realmente bueno ha de ser muy cremoso.

En este texto se desarrollan métodos y técnicas para abordar estas tres categorías de la calidad. Las características que denotan calidad se identifican, en primer lugar, a través de la investigación (enfoque de calidad basada en el usuario). Estas características se traducen a continuación en atributos específicos del producto (enfoque de calidad basada en el producto). Después, el proceso de fabricación vigila que los productos se realicen según las especificaciones (enfoque de calidad basada en la producción). Un proceso que omita alguno de estos puntos no dará como resultado un producto de calidad.

Implicaciones de la calidad

Además de ser un elemento crítico en las operaciones, la calidad tiene otras implicaciones. A continuación se muestran otras tres razones de la importancia de la calidad:

1. *La reputación de la empresa*. Las organizaciones deben contar con que la reputación que tenga su calidad (sea buena o mala) las acompañará siempre. La calidad se pondrá de manifiesto en la percepción que sobre los nuevos productos de la empresa tengan los clientes, en la contratación de personal y en las relaciones con los proveedores. La autopromoción no es un sustituto de la calidad de los productos.
2. *Responsabilidad sobre el producto*. Cada vez es más frecuente que los tribunales responsabilicen a las organizaciones de los daños y perjuicios derivados del empleo de productos o servicios defectuosos que diseñen, produzcan o distribuyan. La Ley de Seguridad de Productos para el Consumidor define e impone normas sobre productos al prohibir los productos que no cumplen dichas normas. Alimentos contaminados que provocan enfermedades, camiones que se pueden incendiar, neumáticos que revientan, o depósitos de gasolina del automóvil que explotan en un accidente pueden todos ellos obligar a pagar enormes gastos legales, importantes indemnizaciones o pérdidas de ventas, y una publicidad muy negativa.
3. *Implicaciones globales*. En esta era tecnológica, la calidad así como la dirección de producción constituyen una preocupación internacional. Para que tanto una empresa como un país puedan competir con eficacia en el marco de una economía global, los productos deben cumplir las expectativas de calidad, diseño y precio. Los productos de baja calidad dañan no sólo la rentabilidad de una empresa, sino también la balanza de pagos de un país.

Premio Nacional Malcolm Baldrige a la Calidad

Las implicaciones globales relacionadas con la calidad son tan importantes que en Estados Unidos se ha creado el *Premio Nacional a la Calidad Malcolm Baldrige*. El premio lleva el nombre del ex Secretario de Comercio Malcolm Baldrige. Entre las empresas galardonadas figuran Motorola, Milliken, Xerox, Federal Express, los Hoteles Ritz-Carlton, AT&T, Cadillac y Texas Instruments.

Los japoneses otorgan un premio parecido. Se trata del Premio Deming, así denominado en honor del norteamericano W. Edwards Deming.

La calidad puede residir en los ojos del usuario pero, para elaborar un producto (bien o servicio), los directores de operaciones deben definir lo que espera este usuario (el cliente).



Video 6.1

La cultura de la calidad en el Hospital Albert Palmer

Para obtener más información sobre el Premio Baldrige y sus sistema de puntuación de 1.000 puntos, visite www.quality.nist.gov.

Coste de la calidad

Hay cuatro importantes categorías de costes asociados con la calidad, denominados **costes de la calidad**; son las siguientes:

- *Costes de prevención.* Costes relacionados con la reducción de las causas potenciales de producción de piezas o servicios defectuosos (por ejemplo, formación, programas de mejora de la calidad).
- *Costes de inspección o control.* Costes relacionados con la evaluación de productos, procesos, componentes o servicios (por ejemplo, pruebas, laboratorios, inspectores).
- *Fallos internos.* Costes resultantes de la producción de componentes o servicios defectuosos antes de su entrega al cliente (por ejemplo, reelaboración, desechos, tiempo perdido).
- *Costes externos.* Costes que surgen después de entregar componentes o servicios defectuosos (por ejemplo, reelaboración, artículos devueltos, responsabilidades, pérdida de clientela o costes para la sociedad).

Los tres primeros costes indicados pueden ser objeto de un cálculo aproximado, pero resulta muy difícil cuantificar los costes externos. Cuando GE tuvo que retirar del mercado 3,1 millones de lavavajillas en 1999 (por un conmutador defectuoso que se suponía que había desencadenado siete incendios), el coste de las reparaciones superó el valor de todas las máquinas. Esto ha llevado a que muchos expertos en TQM consideren que se subestima continuamente el coste de una calidad deficiente.

Estudiosos de la gestión de calidad creen que, en total, el coste de la calidad de los productos sólo es una pequeña parte de sus beneficios. Consideran que los verdaderos perdedores son las organizaciones incapaces de actuar energicamente en el ámbito de la calidad. Por ejemplo, Philip Crosby cree que la calidad es gratis: “No es un regalo, pero es gratis. Lo que sí que cuesta dinero son las cosas sin calidad; o sea, todas las acciones que hacen que las cosas no salgan correctamente a la primera”².

Líderes en calidad Además de Crosby, hay otros varios grandes autores en el campo de la gestión de la calidad; entre ellos podemos citar a Deming, Feigenbaum y Juran. La Tabla 6.1 resume sus filosofías y contribuciones.

Ética y gestión de la calidad

Si una empresa considera que ha sacado al mercado un producto cuestionable, una conducta ética debe dictar una acción responsable. Puede ser una retirada del producto de los mercados de todo el mundo, como en el caso de Johnson & Johnson (con Tylenol) y en el de Perrier (agua con gas) cuando se descubrió que esos productos estaban contaminados. El fabricante debe aceptar la responsabilidad de cualquier producto de mala calidad que haya sacado al mercado. Ni Ford (el fabricante del todoterreno deportivo Explorer) ni Firestone (fabricante de neumáticos) supieron hacerlo. En los últimos años se los ha acusado de no saber retirar productos a tiempo, de no divulgar información pernicioso, y de resolver las quejas caso por caso³.

² Philip B. Crosby, *Quality is Free* (Nueva York; McGraw-Hill, 1979). Además, J. M. Juran afirma, en su libro *Juran on Quality by Design* (The Free Press, 1992, p. 119), que los costes de la mala calidad “son enormes, pero la magnitud no se conoce con precisión. En la mayoría de las empresas los sistemas de contabilidad sólo ofrecen una pequeña parte de la información necesaria para cuantificar el coste de la mala calidad. Hace falta mucho tiempo y esfuerzo para ampliar el sistema contable para ofrecer una cobertura exhaustiva”.

³ Para más detalles, véase M. R. Nayeypour y D. Koehn, “The Ethics of Quality: Problems and Preconditions”, *Journal of Business Ethics* 44 (abril de 2003), pp. 37-48.

Coste de la calidad

El coste de hacer las cosas mal, es decir, el coste del incumplimiento de las especificaciones del producto.



Takumi

El Takumi es el símbolo japonés que simboliza una dimensión más general que la calidad, un proceso más profundo que la educación, y un método más perfecto que la perseverancia.

TABLA 6.1 ■ Líderes en el campo de la gestión de la calidad

Líder	Filosofía/Contribución
W. Edwards Deming	Deming insistió en que la dirección tenía que aceptar la responsabilidad de crear buenos sistemas. Los empleados no pueden fabricar productos que, de media, superen la calidad de lo que el proceso es capaz de producir. En este capítulo se explican sus 14 puntos para implementar la mejora de la calidad.
Joseph M. Juran	Un pionero en enseñar a los japoneses a mejorar la calidad; Juran cree enérgicamente en el compromiso, apoyo y participación de la alta dirección en el esfuerzo sobre la calidad. También cree en los equipos que intentan continuamente elevar el listón de la calidad. Juran difiere en cierta medida de Deming al centrarse en el cliente y en definir la calidad como la adecuación para el uso propuesto, y no necesariamente en especificaciones por escrito.
Armand Feigenbaum	Su libro de 1961, <i>Total Quality Control</i> , definía 40 pasos para los procesos de mejora de la calidad. Consideraba que la calidad no era un conjunto de herramientas, sino un campo exhaustivo que integraba los procesos de la empresa. Su trabajo sobre cómo aprende la gente de los éxitos de los demás creó el campo de equipos de trabajo multifuncionales.
Philip B. Crosby	<i>Quality is Free</i> fue el libro de Crosby que acaparó todas las atenciones al publicarse en 1979. Crosby creía que, en el tradicional intercambio entre el coste de mejorar la calidad y el coste de la mala calidad, siempre se subestimaba el coste de la mala calidad. El coste de la mala calidad debería incluir todo lo relacionado con no hacer el trabajo bien a la primera. Crosby acuñó la expresión <i>cero defectos</i> y afirmó “no hay ninguna razón que valga para que haya errores o defectos en cualquier producto o servicio”.

Se puede ver la señal de certificación ISO 9000, pero la fábrica de Bridgestone/Firestone en Decatur, Illinois, fabricó millones de neumáticos defectuosos que provocaron cientos de accidentes y 271 muertos. Tras rendir cuentas ante el Congreso, se obligó a la empresa a admitir que el neumático Firestone 500 tenía una tasa de devoluciones del 17,5% (frente al 2,9% del competidor Goodyear). Antes de que la investigación saliera a la luz pública, Firestone puso a la venta en oferta a mitad de precio los neumáticos defectuosos en el sudeste de Estados Unidos. El Congreso descubrió posteriormente que Firestone había seguido fabricando el neumático después de exigirle que parara la producción. Este caso de comportamiento poco ético terminó con la retirada de 14,4 millones de neumáticos y costó a Bridgestone/Firestone cientos de millones de dólares.

Hay muchas partes interesadas que participan en la producción y comercialización de productos de mala calidad, incluyendo a los accionistas, empleados, consumidores, proveedores, distribuidores y acreedores. Como cuestión ética, la dirección debe plantearse si se está engañando a cualquiera de estas partes interesadas. Todas las empresas deben desarrollar valores centrales que se convertirán en líneas directrices cotidianas para todo el mundo, desde el consejero delegado hasta los empleados de las líneas de producción.

NORMAS INTERNACIONALES DE CALIDAD

ISO 9000

La calidad es algo tan importante desde un punto de vista global que el mundo está cerrando filas en torno a una única norma, la certificación **ISO 9000**. ISO 9000 es la única norma sobre calidad que goza de reconocimiento internacional. En 1987, 91 Estados (incluyendo a Estados Unidos) publicaron una serie de normas de aseguramiento de la calidad, conocidas en conjunto con el nombre de ISO 9000. Por mediación del American National Standards Institute, Estados Unidos ha adoptado en su totalidad la serie ISO 9000 con la denominación de serie ANSI/ASQ Q9000⁴. El objetivo principal de las normas es estable-

ISO 9000

Conjunto de normas de calidad elaborado por la International Standards Organization (ISO).

⁴ ASQ son las siglas de la American Society for Quality.

“ISO” viene del griego y significa igual o uniforme, en cuanto a uniformidad en todo el mundo.

Visite los sitios web www.iso.ch o www.asq.org para saber más sobre las normas ISO

ISO 14000

Norma de gestión medioambiental establecida por la International Standards Organization (ISO)

cer procedimientos de gestión de calidad, mediante el liderazgo, una documentación detallada, instrucciones de trabajo y el mantenimiento de registros. Esos procedimientos no dicen nada acerca de la calidad real del producto; sólo se ocupan de las normas que deben seguirse.

Para lograr la certificación ISO 9000 las organizaciones tienen que pasar por un proceso de entre 9 y 18 meses que requiere documentar los procedimientos relativos a la gestión de la calidad, una evaluación *in situ*, y una serie de auditorías continuas de sus productos o servicios. Para poder hacer negocios a escala global, sobre todo en Europa, es esencial tener la certificación ISO. En 2005 había más de 600.000 certificaciones concedidas a empresas de 152 países. Hay unas 50.000 empresas estadounidenses que tienen la certificación ISO 9000.

ISO revisó sus normas en 2000 para que reflejaran mejor un sistema de gestión de la calidad, lo que se detalla en la **ISO 9001:2000**. El liderazgo de la alta dirección y los requisitos y satisfacción de los clientes desempeñan un papel mucho más importante, mientras que los procedimientos documentados reciben menos importancia en la certificación **ISO 9001: 2000**.

ISO 14000

La continua internacionalización de la calidad es un fenómeno evidente con el desarrollo de la certificación **ISO 14000**. ISO 14000 es una nueva norma de gestión medioambiental que gira en torno a cinco elementos fundamentales: (1) gestión medioambiental, (2) auditoría, (3) valoración del comportamiento, (4) etiquetado y (5) valoración del ciclo de vida. El nuevo estándar podría ofrecer varias ventajas:

- Una imagen pública positiva y un menor riesgo de tener que asumir una responsabilidad civil.
- Un buen método sistemático de prevenir la contaminación mediante la reducción al mínimo del impacto ecológico de productos y actividades.
- Conformidad con los requisitos reguladores, y más oportunidades de adquirir una ventaja competitiva.
- Reducción de la necesidad de múltiples auditorías.

Esta certificación está siendo aceptada en todo el mundo.

GESTIÓN DE CALIDAD TOTAL

Gestión de calidad total (TQM)

Gestión de toda la organización, de manera que destaque en todos los aspectos de los productos y servicios que son importantes para el cliente.

La **gestión de calidad total (TQM)** hace referencia a un especial énfasis en la calidad, que comprende a toda la organización, desde los proveedores hasta los clientes. La TQM acentúa el compromiso de la dirección con que toda la empresa camine permanentemente hacia la excelencia en todos los aspectos de los productos y servicios que sean importantes para los consumidores.

La TQM es importante porque las decisiones sobre la calidad tienen influencia en cada una de las diez decisiones estratégicas que toman los directores de operaciones. Cada una de estas diez decisiones trata con algún aspecto de la identificación y satisfacción de las expectativas de los consumidores. La satisfacción de esas expectativas requiere poner el acento en la TQM si la empresa quiere competir como líder en los mercados mundiales.

W. Edwards Deming, experto en calidad, se sirvió de 14 puntos (véase la Tabla 6.2) para explicar cómo aplicaba la TQM. Nosotros los transformamos en siete conceptos úti-

TABLA 6.2 ■ Los 14 puntos de Deming para la aplicación de un sistema de mejora de la calidad

1. Definir un objetivo coherente.
2. Liderar para promover el cambio.
3. Incorporar la calidad en el producto; no depender más de la inspección para detectar los problemas.
4. Construir relaciones a largo plazo basadas en resultados en lugar de adjudicar contratos basándose en el precio.
5. Mejorar continuamente el producto, la calidad y el servicio.
6. Empezar a formar.
7. Subrayar la importancia del liderazgo.
8. Apartar los temores.
9. Derribar las barreras entre departamentos.
10. Dejar de sermonear a los trabajadores.
11. Apoyar, ayudar y mejorar.
12. Derribar barreras que impidan enorgullecerse del trabajo realizado.
13. Instaurar un vigoroso programa de formación y automejora.
14. Hacer que todo el personal de la empresa trabaje en la transformación.

Fuente: Deming revisó sus 14 puntos varias veces a lo largo de los años. Véase J. Spigener y P. J. Angelo, "What Would Deming Say?", *Quality Progress* (marzo de 1991), pp. 61-65.

les para implementar un programa eficaz de TQM: (1) mejora continua, (2) Seis Sigma, (3) Potenciación de los empleados, (4) definición de referencias (*benchmarking*), (5) justo a tiempo (JIT), (6) conceptos de Taguchi y (7) conocimiento de las herramientas de gestión de calidad total (TQM).

Mejora continua

Un programa de gestión de calidad total (TQM) requiere un proceso ininterrumpido de mejora que incluya a personas, equipos, proveedores, materiales y procedimientos. La base de la filosofía es que todos los aspectos de una operación son susceptibles de mejora. El objetivo final es la perfección absoluta, que nunca se puede conseguir, pero siempre se debe buscar.

Planificar-Realizar-Comprobar-Actuar Walter Shewhart, otro pionero en el ámbito de la gestión de calidad, ideó un modelo circular conocido como PDCA (siglas en inglés de "Plan, Do, Check, Act"), como su versión de la mejora continua. Posteriormente, Deming llevó este concepto a Japón, cuando trabajó allí después de la Segunda Guerra Mundial. El ciclo PDCA viene representado en la Figura 6.3 por un círculo, que subraya la naturaleza continua del proceso de mejora.

Los japoneses utilizan el término *kaizen* para describir este proceso incesante de mejora sin fin: el establecimiento y consecución de objetivos aún más elevados. En Estados Unidos se utilizan términos como *TQM* y *cero defectos* para describir estos esfuerzos continuos de mejora. Sea cual sea la frase o palabra que se utilice, PDCA, *kaizen*, TQM o cero defectos, los directores de operaciones son los principales responsables de crear una cultura de trabajo que respalde la mejora continua.

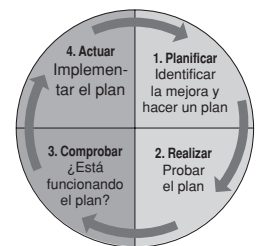


FIGURA 6.3 ■
Ciclo de PDCA

PDCA

Un modelo de mejora continua, que consiste en planificar, realizar, comprobar y actuar.

Seis Sigma

Un programa que ahorra tiempo, mejora la calidad y reduce los costes.

Seis Sigma

La expresión **Seis Sigma**, popularizada por Motorola, Honeywell y General Electric, tiene dos significados en TQM. En un sentido *estadístico* describe un proceso, producto o servicio con una “capacidad” de exactitud extremadamente elevada (una precisión del 99,9997%). Por ejemplo, si hay 20.000.000 de pasajeros que facturan sus equipajes cada año en el aeropuerto de Heathrow en Londres, un programa Seis Sigma de manejo de equipajes conseguirá que sólo haya 72 pasajeros cuyo equipaje se extravíe en un año. El programa tres sigma, más común (que abordamos en el suplemento de este capítulo), ¡provocaría el extravío del equipaje de 2.076 pasajeros *cada semana!*

La segunda definición en la TQM de Seis Sigma es la de un programa diseñado para reducir defectos para ayudar a disminuir costes, ahorrar tiempo, y aumentar la satisfacción del cliente. El programa Seis Sigma es un sistema integral: una estrategia, una disciplina, y un conjunto de normas, para lograr y mantener el éxito empresarial.

- Es una *estrategia* porque se centra en la satisfacción total del consumidor.
- Es una *disciplina* porque sigue el Modelo de Mejora Seis Sigma, conocido como **DMAIC**. Este modelo de mejora es un proceso de cinco pasos: (1) *Define* los outputs críticos e identifica diferencias para mejorar; (2) *Mide* el trabajo y recopila datos que pueden ayudar a reducir las diferencias; (3) *Analiza* los datos; (4) *Mejora* (*Improves*), modificando o volviendo a diseñar los procedimientos existentes y (5) *Controla* el nuevo proceso para asegurarse de mantener los niveles de rendimiento.
- Es un *conjunto de siete herramientas* que explicaremos enseguida en este capítulo: hojas de control, diagramas de dispersión, diagramas causa-efecto, diagramas de Pareto, diagramas de flujo, histogramas y control estadístico de procesos.

Motorola desarrolló el programa Seis Sigma en la década de 1980 en respuesta a las quejas de los clientes sobre sus productos y a la dura competencia. La empresa se fijó primero el objetivo de reducir los defectos un 90%. En un año había logrado tan impresionantes resultados, mediante *benchmarking* con los competidores, solicitando nuevas ideas a los empleados, cambiando los planes de incentivos, aumentando la formación, remodelando los procesos críticos, documentando todos estos procedimientos en lo que denominó Seis Sigma. Aunque el concepto estaba arraigado en las manufacturas, GE lo amplió posteriormente a los servicios, incluyendo recursos humanos, ventas, servicios de atención al cliente y servicios financieros/de crédito. El concepto de eliminar por completo los defectos sirve igual para las manufacturas como para los servicios.

Implementación de Seis Sigma La implementación de Seis Sigma “es un gran compromiso”, comenta el director de ese programa en Praxair, una importante empresa industrial de gas. “Estamos pidiendo a nuestros ejecutivos que dediquen más del 15% de su tiempo a Seis Sigma. Si no se dedica tiempo, no se alcanzan resultados”⁵. En efecto, el éxito de los programas Seis Sigma en cualquier empresa, desde GE hasta Motorola, desde DuPont hasta Texas Instruments, requiere un importante compromiso de tiempo, especialmente de la alta dirección. Estos líderes tienen que formular el plan, comunicar su compromiso y los objetivos de la empresa, y asumir un papel visible dando ejemplo a los demás.

⁵ B. Schmitt, “Expanding Six Sigma”, *Chemical Week* (21 de febrero de 2001), pp. 21-24.

Los proyectos Seis Sigma de éxito tienen una clara relación con la dirección estratégica de una empresa. Es un planteamiento liderado por la dirección, basado en los equipos y dirigido por expertos⁶.

Potenciación de los empleados

La **potenciación de los empleados** significa involucrarlos en todos los pasos del proceso de producción. Sistemáticamente, las publicaciones de negocios indican que el 85% de los problemas de calidad están relacionados con los materiales y los procesos, no con el rendimiento de los trabajadores. Por lo tanto, la tarea consiste en diseñar equipos y procesos que produzcan la calidad deseada. Eso se consigue mucho mejor con un alto grado de implicación de los que conocen los puntos débiles del sistema. Los que trabajan con el sistema a diario lo entienden mejor que nadie. Según un estudio, los programas de TQM que delegan la responsabilidad de la calidad en los empleados de la fábrica tienen el doble de posibilidades de triunfar que los que se basan en directivas que emanan directamente desde arriba⁷.

Cuando no se cumplen las especificaciones rara vez es culpa del trabajador. O bien el producto fue mal diseñado, o bien el sistema de producción estaba mal diseñado, o bien el empleado recibió una formación inadecuada. Aunque el empleado sea capaz de colaborar en la resolución del problema, rara vez es quien lo causa.

Entre las técnicas para potenciar a los empleados cabe destacar: (1) establecer redes de comunicación que los incluyan, (2) poner supervisores que sean abiertos y les den apoyo, (3) trasladar responsabilidades de directivos y personal de control y apoyo a los empleados de producción, (4) formar organizaciones con una moral alta, y (5) crear estructuras organizativas oficiales como equipos y círculos de calidad.

Se pueden organizar equipos para tratar multitud de temas. Un foco de atención bastante popular entre los equipos es la calidad. Estos equipos se conocen a veces como círculos de calidad. Un **círculo de calidad** es un grupo que se reúne regularmente para solucionar problemas relacionados con su trabajo. Los miembros reciben formación sobre planificación en grupo, resolución de problemas y control estadístico de la calidad. Generalmente se reúnen una vez a la semana (normalmente después del trabajo, aunque a veces en horario laboral). Aunque los miembros no reciben remuneración, sí reciben el reconocimiento de la empresa. Un miembro del grupo con una formación especial, llamado “facilitador”, suele ayudar a la formación de los miembros, y hace que las reuniones discurren sin problemas. Los círculos de calidad han demostrado ser una manera rentable para aumentar la productividad y la calidad.

Potenciación de los empleados

Ampliación de las responsabilidades del puesto de trabajo de los empleados de forma que se traslada responsabilidad y autoridad al nivel más bajo posible de la organización.

Círculo de calidad

Grupo de empleados que se reúnen regularmente con un “facilitador” para resolver problemas relacionados con el trabajo de su área.

⁶ Para formar a los empleados sobre cómo mejorar la calidad y su relación con los consumidores hay otros tres agentes clave en un programa Seis Sigma: los Maestros Cinturón Negro, los Cinturón Negro y los Cinturón Verde. Los Maestros Cinturón Negro son profesores a tiempo completo que tienen una importante formación en estadística, herramientas de calidad y liderazgo. Ejercen de mentores de los Cinturón Negro que, a su vez, son líderes de equipos del proyecto, dirigiendo, tal vez, hasta media docena de proyectos al año (con unos ahorros medios de 175.000 dólares por proyecto, según la Academia Seis Sigma). Reciben unas cuatro semanas de formación Seis Sigma, pero también tienen que tener buenas “habilidades de relaciones sociales” para ser capaces de ver todos los cambios que suceden a su alrededor. Los Cinturón Verde emplean parte de su tiempo en proyectos de equipo y el resto en sus puestos habituales de trabajo. Dow Chemical y DuPont tienen más de 1.000 Cinturones Negros cada una en sus operaciones globales. DuPont también tiene 160 Maestros Cinturón Negro e incorpora a más de 2.000 Cinturones Verdes al año a sus filas.

⁷ “The Straining of Quality”, *The Economist* (14 de enero de 1995), p. 55. También vemos que se trata de una de las fortalezas de Southwest Airlines, que ofrece un servicio nacional escueto, pero cuyos empleados agradables y divertidos la ayudan a obtener el puesto número 1 en la clasificación de la calidad (véase *The Wall Street Journal*, 27 de abril de 2000).

Definición de referencias (*benchmarking*)

Selección de un estándar de rendimiento demostrado que represente lo mejor que se pueda obtener en un proceso o actividad determinado.

Definición de referencias (*benchmarking*)

La **definición de referencias (*benchmarking*)** es otro elemento del programa de TQM de una empresa. El *benchmarking* implica seleccionar un estándar probado acerca de productos, servicios, costes o prácticas que represente el mejor de todos los resultados obtenidos en procesos o actividades muy similares a las propias. La idea es definir un objetivo al que dirigirse y, después, definir un estándar o referencia con respecto al que comparar nuestros propios rendimientos o resultados. Los pasos para definir un benchmark o referencia son los siguientes:

- Determinar a qué área se va a aplicar el benchmark o referencia.
- Formar un equipo de benchmark.
- Identificar socios del benchmarking.
- Recopilar y analizar la información de benchmarking.
- Realizar las acciones precisas para alcanzar o rebasar el benchmark o referencia.

Entre las típicas medidas de rendimiento utilizadas en el *benchmarking* están el porcentaje de defectos, el coste por unidad o por pedido, el tiempo de procesamiento por unidad, el tiempo de respuesta de servicio, el rendimiento de la inversión, las tasas de satisfacción de los consumidores y las tasas de conservación de clientes.

En una situación ideal se puede encontrar a una o varias organizaciones parecidas a la propia que sean líderes en las áreas concretas que deseamos estudiar. A continuación se compara uno mismo con ellas. No es necesario que la empresa sea del mismo sector. De hecho, para definir estándares de clase mundial tal vez sea más adecuado buscar fuera del propio sector. Si un sector industrial ha aprendido a competir gracias a su rapidez en el desarrollo de los productos, y éste no es el caso del suyo, entonces no tiene sentido analizar su sector en busca de referencias. Como se puntualiza en el recuadro de *Dirección de producción en acción*, “La reputación de L. L. Bean la convierte en un favorito benchmark o referencia”, éste es exactamente el caso de Xerox y DaimlerCrysler que acudieron a L. L. Bean para buscar puntos de comparación en la preparación de pedidos y almacenamiento. Los benchmark se concretan, a menudo, en las “mejores prácticas” encontradas en otras empresas o en otras divisiones de la compañía. La Tabla 6.3 recoge las mejores prácticas para resolver las quejas de los clientes.

Análogamente, el fabricante británico de computadoras ICL se fijó en Marks & Spencer (la cadena de ropa) para mejorar su sistema de distribución.

Benchmarking interno Cuando una organización es lo suficientemente grande para tener muchas divisiones o unidades de negocio, un planteamiento natural es el *benchmarking* interno. Los datos suelen ser mucho más accesibles que cuando las referencias provienen

TABLA 6.3 ■ La mejor forma de resolver las quejas de los clientes

- *Facilitar a los clientes la posibilidad de quejarse*: es un estudio de mercado gratuito.
- *Contestar rápidamente a las quejas*: esto aumenta el número de clientes y su fidelidad.
- *Resolver las quejas en el primer contacto con el cliente*: reduce los costes.
- *Utilizar computadoras para gestionar las quejas*: descubrir tendencias, compartirlas y ajustar a ellas sus servicios.
- *Reclutar a los mejores para trabajos de servicio a clientes*: debería constituir parte de un sistema formal de formación y de avance profesional.

Fuente: Canadian Government Guide on Complaint Mechanism.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

LA REPUTACIÓN DE L. L. BEAN LA CONVIERTE EN UN FAVORITO BENCHMARK

Cuando Xerox se propuso mejorar su sistema de preparación de pedidos, se fijó en L. L. Bean. ¿Qué tenían en común las piezas para fotocopiadoras con la parafernalia de ropa y complementos de L. L. Bean? Nada. Pero los directivos de Xerox vieron que sus procesos de preparación de pedidos eran semejantes; ambos implicaban la manipulación de productos de tamaños y formas tan variables que el trabajo se debía realizar a mano. Pero ocurría que Bean era capaz de completar el pedido tres veces más deprisa que Xerox. Con la lección aprendida, Xerox consiguió recortar sus costes de almacenaje en un 10%. "Muchas empresas sufren por resistirse a admitir que otras empresas pueden hacer las cosas mejor que ellas", nos confió Robert Camp, director de benchmarking de Xerox.

Más tarde, Daimler-Chrysler empezó a estudiar los métodos de almacenaje de Bean. Los empleados de Bean utilizaban diagramas de flujo para descubrir movimientos inútiles. Estas técnicas hicieron que los empleados sugirieran la conveniencia de almacenar los artículos de gran volumen cerca de las estaciones de embalaje. Tan impresionado quedó Daimler-Chrysler, que decidió seguir su ejemplo, y confiar más en la resolución de los problemas a nivel de los operarios.

L. L. Bean recibe hoy en día más de cinco solicitudes semanales para realizar visitas para benchmark; demasiadas para poder satisfacerlas. La empresa sólo programa las que tengan "un interés real en la calidad, no las que quieran simplemente curiosarse", dice Robert Olive, director de fábrica de L. L. Bean.

Fuentes: *Catalog Age* (abril de 2002), 35, y *Business Week* (18 de septiembre de 1995), 122-132.

de empresas externas. Normalmente existe alguna una unidad interna, sección, división, que tiene un elevado rendimiento, de la que en consecuencia merece la pena aprender.

La creencia casi religiosa de Xerox en el benchmarking ha dado buenos resultados, no sólo por fijarse fuera en L. L. Bean, sino también analizando las operaciones de sus diversas divisiones geográficas. Por ejemplo, Xerox Europa, una filial de Xerox Corp. que factura 6.000 millones de dólares, creó equipos de trabajo para ver cómo se podían mejorar las ventas gracias al benchmarking interno. Por alguna razón, en Francia se vendían cinco veces más fotocopiadoras que en otras divisiones de Europa. Al copiar el enfoque francés, a saber, mejor formación de ventas y utilización de canales de distribución para complementar las ventas directas, ¡Noruega incrementó sus ventas un 152%, Holanda un 300% y Suiza un 328%!

Se pueden y se deben establecer benchmarks en multitud de áreas. La gestión de calidad total requiere eso como mínimo⁸.

Justo a tiempo (JIT)

La filosofía que respalda el concepto de "justo a tiempo" (*Just In Time*, JIT) es la de una mejora continua y un aumento de la capacidad de resolución de problemas. Los sistemas JIT están concebidos para producir o suministrar los productos en el momento en que se necesitan. El JIT se relaciona con la calidad de tres maneras:

⁸ Observe que la toma de referencias (benchmarking) es buena para evaluar lo bien que se están haciendo las cosas en nuestra organización frente al resto del sector, pero el planteamiento más imaginativo para mejorar los procesos consiste en preguntarse: ¿debemos hacer todo esto? La comparación de nuestras operaciones de almacenamiento con la maravillosa gestión que hace L. L. Bean es algo que está muy bien, pero tal vez lo que le conviene a su organización es tener un almacén "de paso" (véase el Suplemento del Capítulo 1 del volumen *Decisiones Tácticas*), o tal vez externalizar la función de almacenamiento.



Vídeo 6.2

La estrategia
de benchmarking
de Xerox

- *El JIT reduce el coste de la calidad.* Esto ocurre porque los rechazos, el trabajo rehecho, la inversión en inventarios y los costes por daños están directamente relacionados con las existencias disponibles. Como con el JIT hay menos stock disponible, los costes asociados son menores también. Además, los stocks ocultan la mala calidad, mientras que el JIT la *pone al descubierto* de inmediato.
- *El JIT mejora la calidad.* Como reduce el plazo de fabricación o de entrega (*lead time*), mantiene “frescas” las pruebas de los errores, y en consecuencia reduce el número de posibles fuentes de errores. De hecho, el JIT crea un sistema de aviso inmediato de los problemas de calidad, tanto dentro de la empresa como con los proveedores.
- *Una mejor calidad significa menos inventario y un sistema JIT mejor y más fácil de utilizar.* A menudo, el objetivo de almacenar existencias es protegerse de malos rendimientos en la producción, consecuencia de una mala calidad. Si la calidad es, por el contrario, fiable, el JIT nos permitirá reducir todos los costes que van asociados con el inventario.

Conceptos de Taguchi

La mayoría de los problemas relacionados con la calidad derivan de un mal diseño del producto y del proceso. Genichi Taguchi nos ha proporcionado tres conceptos para mejorar la calidad del producto y del proceso: *calidad robusta*, *función de pérdida de calidad* y *calidad orientada al objetivo*⁹.

Calidad robusta

Productos hechos con calidad constante, para satisfacer las necesidades del cliente a pesar de que aparezcan condiciones adversas en el proceso de producción.

Función de pérdida de calidad (QLF)

Función matemática que refleja todos los costes relacionados con la mala calidad, y que muestra el ritmo de incremento de estos costes a medida que la calidad del producto se aleja de lo que desea el cliente.

Los productos con **calidad robusta** son los que se pueden elaborar de manera uniforme y continuada en condiciones adversas de entorno y de producción. La idea de Taguchi es eliminar los *efectos* de las condiciones adversas, en lugar de las causas. Taguchi sugiere que suele resultar más económico suprimir los efectos que eliminar las causas, y resulta más eficaz para conseguir un producto robusto. De esta manera, las pequeñas variaciones en materiales y procesos no destruirán la calidad del producto.

La **función de pérdida de calidad (QLF, Quality Loss Function)** identifica todos los costes relacionados con una baja calidad, y muestra cómo aumentan a medida que el producto deja de ser exactamente lo que el consumidor quiere. Estos costes incluyen no sólo la frustración del consumidor, sino además los costes de garantía y servicio postventa, costes de inspección interna y de reparaciones, así como de materiales y productos desechados, y costes que pueden catalogarse como costes para la sociedad. Observe que en la Figura 6.4(a) se muestra la QLF como una curva que aumenta progresivamente. La QLF tiene la forma general de una simple fórmula cuadrática:

$$L = D^2C$$

donde L = pérdida para la sociedad
 D^2 = cuadrado de la distancia al valor-objetivo
 C = coste de la desviación en el límite de especificación

En la función de pérdida QLF se incluyen todas las pérdidas para la sociedad derivadas de un escaso rendimiento. El producto más deseado es el que tiene una menor pérdida. Cuanto más lejos esté el producto del valor objetivo, mayor será la pérdida.

Taguchi observó que las especificaciones tradicionales orientadas hacia la conformidad (que señalan que el producto es bueno siempre y cuando esté dentro de los lími-

⁹ Glen Stuart Peace, *Taguchi Methods: A Hands-On Approach* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1993).

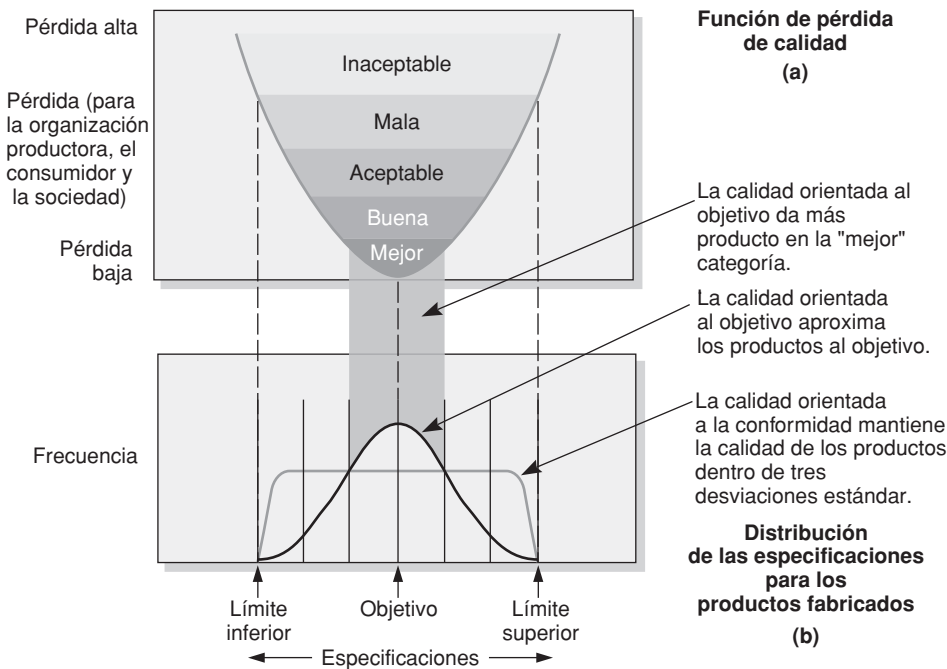


FIGURA 6.4 ■ (a) Función de la pérdida de la calidad (QLF); (b) Distribución de los productos obtenidos

Taguchi busca el objetivo, porque los productos obtenidos cerca de los límites inferior y superior de especificación aceptables dan como resultado un valor mayor de la función de pérdida de calidad.

tes de tolerancia), eran demasiado simplistas. Como se observa en la Figura 6.4(b), la calidad orientada a la conformidad acepta todos los productos que caen dentro de los límites de tolerancia, produciendo más unidades alejadas del objetivo. Por eso, la pérdida (su coste) es más elevada en términos de satisfacción del consumidor y de beneficio para la sociedad. En la calidad orientada al objetivo, por otra parte, se intenta mantener el producto en el marco de la especificación deseada, fabricando más (y mejores) unidades cerca del objetivo. La **calidad orientada al objetivo** constituye una filosofía de mejora continua para que el producto llegue a ser exactamente lo que se quiere conseguir (objetivo).

Conocimiento de las herramientas de TQM

Para potenciar a los empleados y poner en práctica la TQM como un esfuerzo continuado, todos los miembros de la organización deben recibir formación sobre las técnicas de TQM. En el apartado siguiente haremos hincapié en algunas de las distintas herramientas y en expansión, que se emplean en la cruzada de la TQM.

HERRAMIENTAS DE TQM

La Figura 6.5 muestra siete herramientas que resultan particularmente útiles en la campaña de la TQM. Las presentamos a continuación.

Calidad orientada al objetivo

Filosofía de mejora continua para adecuar exactamente el producto al objetivo deseado.

“La calidad nunca se logra por casualidad, siempre es el resultado de un esfuerzo inteligente”.

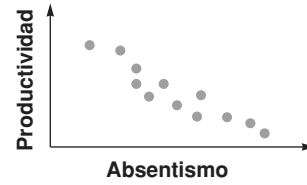
John Ruskin

Herramientas para generar ideas

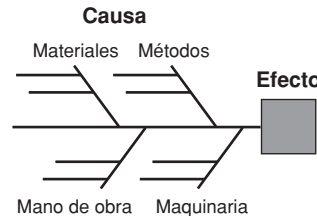
(a) *Hoja de control*: Método organizado de registro de datos.

Defecto	Hora							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	///	/		/	/	/	///	/
B	//	/	/	/			//	///
C	/	//					//	////

(b) *Diagrama de dispersión*: Gráfico del valor de una variable versus otra variable.

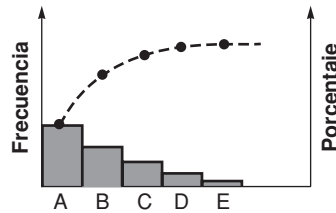


(c) *Diagrama de causa-efecto*: Herramientas que determinan los elementos del proceso (causas) que pueden influir en los resultados.

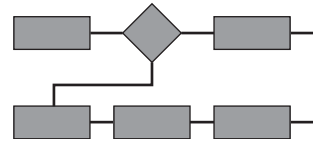


Herramientas para organizar la información

(d) *Gráfico de Pareto*: Gráfico que identifica y señala problemas o defectos en orden descendente de frecuencia de aparición.

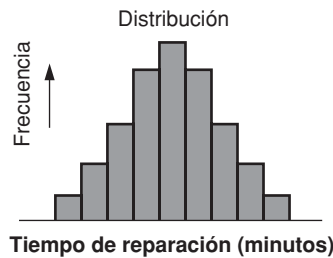


(e) *Diagramas de flujo (diagramas de procesos)*: Gráfico que describe las etapas de un proceso.



Herramientas para la identificación de problemas

(f) *Histograma*: Distribución que indica la frecuencia de diferentes valores de una variable.



(g) *Gráfico de control estadístico de procesos*: Gráfico con el tiempo en el eje horizontal para representar cronológicamente los valores de un estadístico.

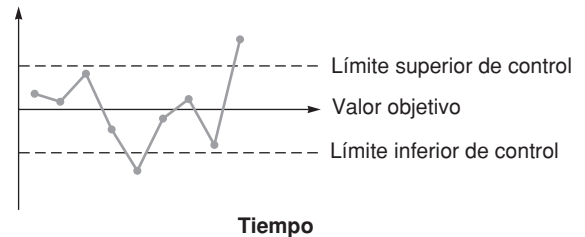


FIGURA 6.5 ■ Siete herramientas de la TQM

Hojas de control

Una **hoja de control** es cualquier clase de formulario destinado a registrar información. En muchos casos el registro se efectúa de forma que fácilmente se puedan identificar patrones de comportamiento cuando se está recopilando la información [véase la Figura 6.5(a)]. Las hojas de control ayudan a los analistas a identificar hechos o pautas que pueden ayudar en análisis posteriores. Un ejemplo podría ser un dibujo que mostrase una marca en las zonas donde se producen fallos, o una hoja de control que indicase el tipo de quejas presentadas por los clientes.

Diagramas de dispersión

Los **diagramas de dispersión** muestran la relación entre dos medidas. Un ejemplo lo constituye la relación positiva entre la duración de un servicio de reparación y el número de viajes que el empleado de reparaciones tiene que hacer al camión a por repuestos (este ejemplo aparece en el recuadro de *Dirección de producción en acción*, “La TQM mejora el servicio de mantenimiento de las fotocopiadoras”). Otro ejemplo podría ser un diagrama de la productividad y del absentismo, como el que se muestra en la Figura 6.5(b). Si los dos elementos están estrechamente relacionados, los puntos que representan a los datos formarán una banda estrecha. Si el resultado es un patrón aleatorio, eso quiere decir que los elementos no guardan relación.

Diagramas de causa-efecto

Otra herramienta para identificar problemas de calidad o puntos de inspección es el **diagrama de causa-efecto**, también conocido como **diagrama de Ishikawa** o **gráfico de espina de pez**. La Figura 6.6 muestra un diagrama (observe que la forma es muy pareci-

Diagrama de causa-efecto
Técnica esquemática utilizada para descubrir la posible localización de los problemas de calidad.

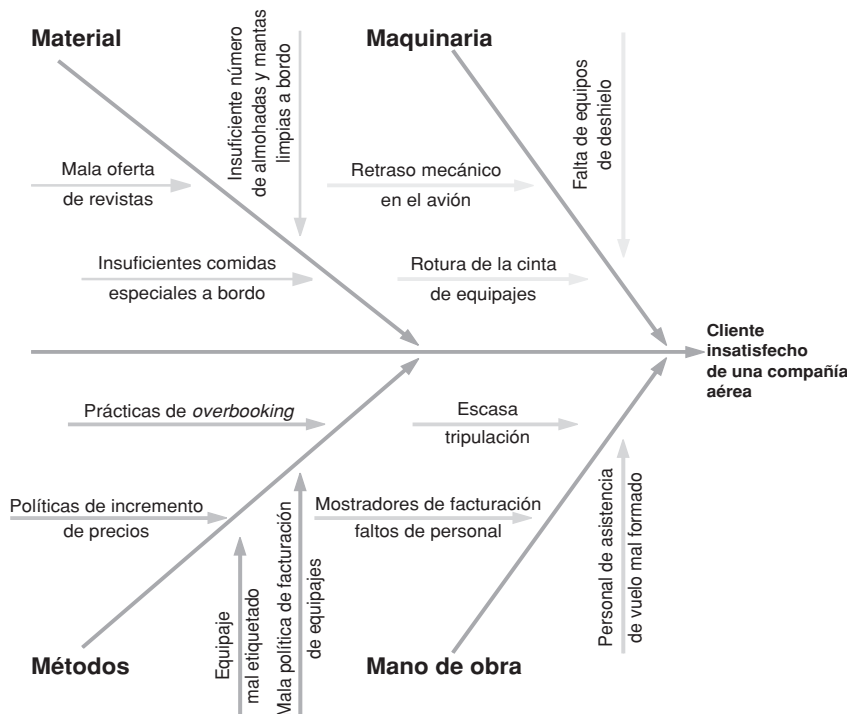


FIGURA 6.6 ■
Diagrama de espina de pez (o diagrama de causa-efecto)

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

LA TQM MEJORA EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LAS FOTOCOPIADORAS

En la industria de las fotocopiadoras, la tecnología en su diseño ha difuminado la diferencia entre los productos de la mayoría de las empresas. Savin, fabricante de fotocopiadoras propiedad de Ricoh Corp., de Japón, considera que la ventaja competitiva reside en el servicio, por lo que hace hincapié en él más que en las especificaciones del producto propiamente dicho. Como afirma Robert Williams, alto directivo de Savin, “la prosperidad de una empresa depende de la calidad de su servicio”.

He aquí dos métodos con los que Savin consiguió ahorrar costes al mismo tiempo que mejoraba la calidad de sus servicios:

- Utilizando las herramientas de TQM, Savin observó que se perdía bastante tiempo en los servicios efectuados por los técnicos de reparación en los locales de los clientes, cuando los operarios tenían que volver a sus camiones en busca de piezas de repuesto. La empresa decidió preparar un “kit de asistencia técnica” que contuviera

todas las piezas con mayor probabilidad de ser utilizadas por los operarios durante sus servicios de asistencia a domicilio, con el resultado consiguiente de que, en la actualidad, este servicio es más rápido y cuesta menos, y se pueden hacer más servicios por día.

- El principio de Pareto, que afirma que el 20% de la plantilla de una empresa es responsable del 80% de los errores, fue el que sirvió para resolver el problema de tener que repetir los servicios de asistencia a domicilio. La repetición de la visita significaba que no se había realizado correctamente el trabajo la primera vez, por lo que era necesaria una segunda visita a cargo de Savin. Se realizó un cursillo de readiestramiento, al que acudió tan sólo el 11% de los operarios del servicio de asistencia técnica, los que habían tenido que hacer más segundas visitas, y esto se tradujo en un descenso del 19% en el número de éstas.

“La gestión de calidad total —según Williams— es una forma de gestionar la empresa que debiera estar presente en todos los trabajos de la industria de los servicios”.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (19 de mayo de 1998), B8, y *Office Systems* (diciembre de 1998), 40-44.

da a la de una espina de pez) para un problema cotidiano de control de calidad: un cliente de una compañía aérea insatisfecho. Cada “espina” representa una posible fuente de error.

El director de operaciones parte de cuatro categorías: material, maquinaria/instalaciones, mano de obra (personal) y métodos. Estas cuatro *M* son las “causas”, y proporcionan una buena lista de puntos de control para un análisis inicial. Causas individuales asociadas a cada categoría se ligan como espinas separadas a lo largo de cada rama, a menudo mediante un proceso de *brainstorming*. Así, por ejemplo, la rama de maquinaria de la Figura 6.6 tiene problemas causados por el equipo de descongelación, retrasos mecánicos y cintas de equipaje averiadas. La confección sistemática de un gráfico de espina de pez pondrá de relieve la existencia de posibles problemas de calidad y puntos de inspección.

Gráficos de Pareto

Un **gráfico de Pareto** es un método de clasificación de errores, problemas o defectos para ayudar a centrar los esfuerzos de resolución de problemas. Están basados en los trabajos de Vilfredo Pareto, economista del siglo XIX. Joseph M. Juran popularizó los trabajos de Pareto al sugerir que el 80% de los problemas de una empresa son resultado de sólo un 20% de causas.

El Ejemplo 1 indica que, de los cinco tipos de quejas identificados, la gran mayoría se debía a un único tipo, el mal servicio de habitaciones.

El análisis de Pareto indica qué problemas, una vez resueltos, pueden producir mayor beneficio. Pacific Bells se dio cuenta de esto cuando buscaba un método para reducir los

Gráficos de Pareto

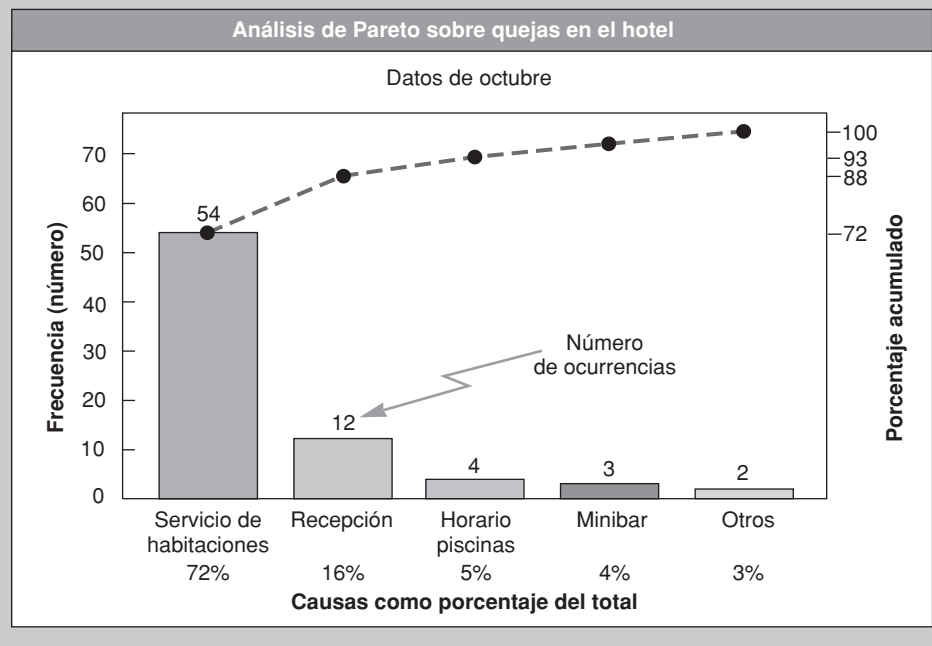
Forma gráfica de identificación de los pocos elementos críticos existentes, en contraposición a los numerosos elementos menos importantes.

EJEMPLO 1

Un diagrama de Pareto

El hotel Hard Rock en Balí acaba de recopilar datos sobre 75 llamadas de quejas al director general durante el mes de octubre. El director ha decidido elaborar un análisis de Pareto de las quejas. Los datos proporcionados son: servicio de habitaciones: 54; retrasos en la recepción (*check-in*): 12; horas de apertura de la piscina: 4; precios del minibar: 3; y varios: 2.

El gráfico de Pareto indica que el 72% de los fallos son resultado de una sola causa: el servicio de habitaciones. La mayoría de las quejas desaparecerán cuando se corrija esta causa.



daños en los cables subterráneos de teléfonos, que era la causa principal de los cortes de línea telefónica que se producían. El análisis de Pareto demostró que el 41% de los daños en los cables se debía a trabajos de construcción. Gracias a esta información, Pacific Bell pudo elaborar un plan para reducir en un 24% el número de cortes de cables en un año, con el correspondiente ahorro de 6 millones de dólares.

Diagramas de flujo

Los **diagramas de flujo** representan gráficamente un proceso o sistema recurriendo a recuadros con anotaciones y líneas interconectadas [véase la Figura 6.5(e)]. Se trata de una herramienta sencilla, pero excelente, para entender o explicar un proceso. En el Ejemplo 2 se observa un diagrama de flujo en el que se muestra el proceso del departamento de envasado y envío de una planta procesadora de pollos.

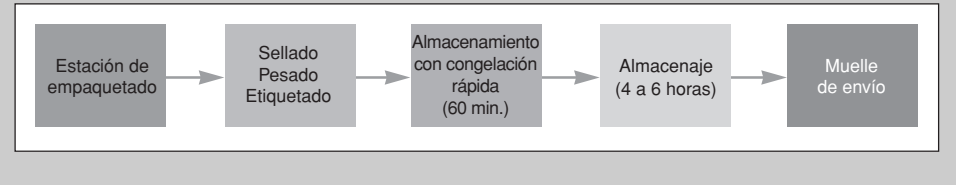
Diagramas de flujo
Diagramas de bloques que describen gráficamente un proceso o un sistema.

Histogramas

Los histogramas muestran el rango de valores de una medida y la frecuencia con la que aparece cada valor [véase la Figura 6.5(f)]. Indican los valores que se repiten más a menudo, así como las variaciones en la medida. Estadísticas descriptivas, tales como la media y la desviación estándar, pueden calcularse para describir la distribución. Sin embargo, los datos deberán dibujarse siempre, de modo que pueda “verse” la forma de la distribución.

EJEMPLO 2

La planta procesadora de pollos WJC, de Little Rock (Arkansas), quiere que sus nuevos operarios comprendan mejor el proceso de envasado y envío de la empresa, y ha elaborado para ello el siguiente diagrama que usará en el programa de formación de sus empleados.



Una presentación visual de la distribución puede permitir comprender también la causa de la variación.

Control estadístico de procesos (SPC)

Control estadístico de procesos (SPC)

Proceso empleado para controlar los estándares, en el que se realizan mediciones y se toman medidas correctoras a medida que se va fabricando un producto o se presta un servicio.

Gráficos de control

Representaciones gráficas de los datos de un proceso en el transcurso del tiempo con unos límites de control predeterminados.

El **control estadístico de procesos** hace un seguimiento de las especificaciones del producto, toma mediciones y adopta, si es necesario, las acciones correctivas mientras se está produciendo un bien o un servicio. Se examinan muestras del output (producto) del proceso; si se encuentran dentro de los límites aceptables, se permite que el proceso continúe. Si, por el contrario, caen fuera de los límites, el proceso se detiene y, normalmente, se identifica y elimina la causa que provoca que se hayan sobrepasado esos límites.

Los **gráficos de control** son representaciones gráficas de los datos en el tiempo, que muestran los límites superior e inferior del proceso que queremos controlar [véase la Figura 6.5(g)]. Los gráficos de control se elaboran de modo que los nuevos datos sean rápidamente comparables con los anteriores. Tomamos muestras del output del proceso y colocamos la media de estas muestras en un gráfico que contenga los límites. Los límites superior e inferior pueden estar en unidades de temperatura, presión, peso y longitud, entre otras.

La Figura 6.7 nos proporciona la representación gráfica de los porcentajes de una muestra en un gráfico de control. Cuando la media de las muestras se sitúa entre los límites establecidos y no presenta tendencia alguna, se dice que el proceso está bajo control y que sólo están presentes variaciones naturales. En caso contrario, el proceso está fuera de control o desajustado.

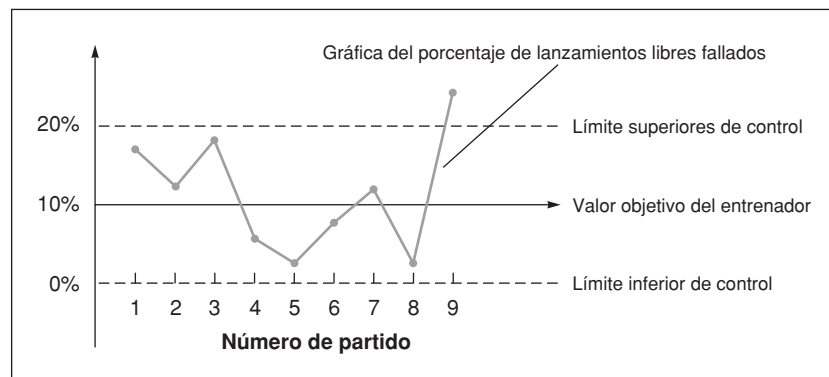


FIGURA 6.7 ■ Gráfico de control para el porcentaje de tiros libres fallados por los Chicago Bulls en sus nueve primeros partidos de la nueva temporada

El suplemento de este capítulo detalla cómo se desarrollan distintos tipos de gráficos de control. También se presentan los fundamentos estadísticos que sustentan el uso de esta importante herramienta.

EL PAPEL DE LA INSPECCIÓN

Si queremos estar seguros de que un sistema está produciendo al nivel de calidad esperado, es necesario controlar el proceso de producción. Los mejores procesos muestran ligeras variaciones con respecto al estándar esperado. La tarea del director de operaciones consiste en poner a punto dichos sistemas, y comprobar, a menudo mediante inspección, que se comportan con arreglo al estándar establecido. Esta **inspección** puede consistir en medir, degustar, palpar, pesar o testear el producto (y algunas veces destruirlo cuando se inspecciona). El objetivo es detectar un mal proceso de forma inmediata. La inspección no corrige deficiencias en el sistema o defectos en los productos, ni tampoco transforma un producto ni incrementa su valor. La inspección solamente descubre deficiencias y defectos; y resulta cara.

La inspección debe ser concebida como una auditoría. Las auditorías no añaden valor a los productos. Pero los directores de operaciones necesitan, igual que los financieros, que se hagan auditorías, y también saber dónde y cuándo auditar. Por lo tanto, existen dos cuestiones básicas relativas a la inspección: (1) *cuándo inspeccionar* y (2) *dónde inspeccionar*.

Cuándo y dónde inspeccionar

La decisión de cuándo y dónde realizar una inspección depende del tipo de proceso y del valor añadido en cada tarea. Las inspecciones (auditorías) pueden realizarse en cualquiera de los puntos siguientes:

1. En la planta de su proveedor mientras se está produciendo.
2. En su propia fábrica, justo después de haber recibido un pedido del proveedor.
3. Antes de procesos costosos o irreversibles.
4. Durante el proceso de producción, operación tras operación.
5. Cuando se ha acabado la producción del bien o servicio.
6. Antes de enviar los productos acabados al cliente desde la planta.
7. En el lugar donde se produce el contacto con el cliente.

Las siete herramientas de TQM analizadas en la sección anterior nos ayudan a determinar “cuándo y dónde debe efectuarse una inspección”. Sin embargo, la inspección no puede sustituir a un producto de calidad robusta producido por empleados bien entrenados en un buen proceso. En un conocido experimento llevado a cabo por una empresa de investigación independiente, se añadieron 100 piezas defectuosas a un lote “perfectos” de productos, sometiéndolo luego a una inspección del cien por cien¹⁰. Los inspectores encontraron sólo 68 piezas defectuosas en la primera inspección. Hicieron falta tres pasadas más para hallar otras 30 piezas defectuosas. Las dos últimas piezas defectuosas jamás fueron descubiertas. Por lo tanto, la conclusión es que existe variabilidad en el proceso de inspección. Además, los inspectores son sólo seres humanos que se aburren y se cansan y los propios equipos de inspección también están sujetos a variabilidad. Ni siquiera con una inspección del cien por cien, los inspectores pueden garantizar la perfección. Por consiguiente, buenos procesos, potenciación de los empleados y control en la fuente (en los

Inspección

Medio de asegurarse de que una operación está produciendo al nivel de calidad esperado.

Una de las constantes de nuestro tratamiento de la calidad es que “la calidad no puede inspeccionarse en un producto”.

¹⁰ *Statistical Quality Control* (Springfield, MA: Monsanto Chemical Company, n.d.), 19.

puestos de trabajo) suelen constituir una solución mejor que tratar de encontrar defectos a través de inspección.

Por ejemplo, en Velcro Industries, como en otras muchas empresas, los trabajadores de planta consideraban que la calidad era algo que concernía sólo a “los chicos de calidad”. Las inspecciones estaban basadas en muestreos aleatorios en los que, si se descubría una pieza defectuosa, se rechazaba y se tiraba. La empresa decidió prestar más atención a los operarios, a los métodos de medición, al diseño y reparación de las máquinas, así como a la comunicación y a las responsabilidades, e invirtió más dinero en la formación. Pasado el tiempo, al disminuir los defectos, Velcro pudo retirar del proceso a la mitad de su plantilla de control de calidad, “los chicos de calidad”.

Inspección en la fuente

La mejor inspección en la que cabe pensar es la no inspección; esa “inspección”, por llamarla de algún modo, se efectúa en el origen, en la fuente, allí donde el operario realiza su trabajo, y se limita a que éste realice su trabajo correctamente y a que él mismo se asegure de ello. Esto puede denominarse **inspección en la fuente** (o control en la fuente), y es coherente con el concepto de potenciación de los empleados, en el que los operarios inspeccionan su propio trabajo. La idea es que cada proveedor, proceso y trabajador *considere el siguiente paso en el proceso como un cliente*, de modo que asegure al “siguiente” cliente un producto perfecto. Esta inspección puede ser asistida mediante el uso de listas de comprobaciones y controles tales como los dispositivos a prueba de fallos llamados *poka-yoke*, nombre de origen japonés.

Un **poka-yoke** es un dispositivo o técnica a toda prueba que garantiza la producción continua de unidades sin defectos¹¹. Estos dispositivos especiales previenen errores y proporcionan una rápida información sobre los problemas existentes. Un sencillo ejemplo de dispositivo poka-yoke es la boca de la manguera de un surtidor de gasolina diesel o con plomo que no cabe en la boca del depósito de un automóvil que utilice gasolina sin plomo. En McDonald’s, la pala de patatas fritas y la cajita tamaño estándar que se utilizan para medir la cantidad correcta son instrumentos poka-yoke. De la misma manera, los paquetes quirúrgicos de los hospitales que contienen todos los objetos necesarios para realizar una intervención quirúrgica son también poka-yoke. Las listas de comprobación son otro tipo de herramienta poka-yoke. La finalidad de la inspección en la fuente es asegurarse de que en todas las fases del proceso se proporciona un producto o servicio de calidad 100%.

Inspección en el sector servicios

En las organizaciones orientadas al servicio pueden situarse puntos de inspección en diferentes lugares, tal como se ilustra en la Tabla 6.4. También aquí el director de operaciones deberá determinar en qué sitios están justificadas las inspecciones, y para tomar esa decisión le serán de utilidad las siete herramientas de TQM.

Inspección de atributos frente a inspección de variables

Quando se realizan las inspecciones, se pueden medir características de calidad como *atributos* o como *variables*. La **inspección de atributos** califica los artículos como buenos o defectuosos. No especifica el *grado* del fallo. Por ejemplo, una bombilla funciona o no. La

Inspección de la fuente

Control o supervisión en el punto de producción o de compra: en la fuente.

Poka-yoke

Traducido literalmente: “a toda prueba”; se trata de un dispositivo o técnica que garantiza la producción de unidades perfectas en cualquier momento.

Inspección de atributos

Inspección que clasifica los artículos como buenos o defectuosos.

¹¹ Para más detalle, véase Alan Robinson, *Modern Approaches to Management Improvement: The Shingo System* (Cambridge, MA: Productivity Press, 1990).

TABLA 6.4 ■ Ejemplos de inspección de servicios

Organización	Puntos de inspección	Estándar
Bufetes de abogados Jones	Recepción	Se responde el teléfono a la segunda llamada
	Facturación	Formato exacto, al momento y correcto
	Abogado	Prontitud en devolver las llamadas
Hotel Hard Rock	Recepción	Se utiliza el nombre del cliente
	Portero	Da la bienvenida a los clientes en menos de 30 segundos
	Habitación	Funcionan todas las luces; baño impecable
	Minibar	Contenido reaprovisionado. Facturación correcta
Hospital Arnold Palmer	Facturación	Formato exacto, al momento y correcto
	Farmacia	Exactitud en la prescripción e inventario
	Laboratorio	Auditoría de la exactitud de las pruebas de laboratorio
	Enfermeras Admisiones	Actualización inmediata de gráficos Registro de los datos correcto y completo
Hard Rock Café	Asistemte	Sirve el agua y el pan en un minuto como máximo
	Asistente	Quita utensilios del plato principal y limpia mesa (migas, etc.) antes de servirse el postre
	Camarero	Conoce y recomienda platos especiales y postres
Grandes Almacenes Nordstrom	Áreas de exposición	Atractivas, bien organizadas y surtidas. Buena iluminación y venta
	Almacenes	Rotación de mercancías; buena organización; limpios
	Vendedores	Aseados, amables, muy competentes

inspección de variables realiza mediciones como el peso, la velocidad, la altura o la resistencia, para ver si el artículo se encuentra dentro de los límites de tolerancia. Si se establece que un cable eléctrico ha de tener 0,01 pulgadas de diámetro, se utilizará un micrómetro para comprobar si el producto está lo suficientemente cerca de este diámetro para pasar la inspección.

El conocer si se van a inspeccionar atributos o variables nos ayudará a decidir qué tipo de control estadístico se va a utilizar, como veremos en el suplemento a este capítulo.

LA GCT TQM EN LOS SERVICIOS

El componente personal de los servicios hace que la calidad en ellos sea es más difícil de medir que en los productos tangibles manufacturados. Generalmente, el usuario de un servicio, como el usuario de un bien, tiene en mente unas cuantas características que le sirven para comparar distintas alternativas. La ausencia de una de estas características puede descartar el servicio en la mente del usuario para posteriores consideraciones. La calidad puede ser percibida asimismo como un conjunto de atributos en el que muchas características secundarias resultan superiores a las de la competencia. Este método de comparación entre productos difiere poco entre bienes y servicios. Sin embargo, lo que sí es muy dife-

Inspección de variables

Clasificación de los artículos inspeccionados respecto a una escala continua, como dimensión, tamaño o dureza, midiendo el artículo según alguna de esas variables.

rente en relación a la elección de los servicios es que en ellos no hay una buena definición de (1) las *diferencias intangibles entre los productos* y (2) las *expectativas intangibles que tienen los clientes sobre esos productos*¹². De hecho, es posible que los atributos intangibles no estén definidos en absoluto. Se trata, a menudo, de imágenes sin palabras en la mente del comprador. Por esta razón, todos los temas de marketing, como la publicidad, la imagen y la promoción, pueden resultar decisivos (véase la fotografía del conductor de UPS).

El director de operaciones desempeña un papel significativo en el tratamiento de importantes aspectos de la calidad del servicio. En primer lugar, *es importante el componente tangible de muchos servicios*. La perfección con la que se diseña y produzca el servicio puede ser determinante. Esta perfección puede consistir en lo exacta, clara y completa que sea la factura que llegue a nuestras manos a la salida del hotel, en que la comida



A los conductores de UPS se les enseñan 340 métodos concretos sobre cómo se entrega correctamente un paquete. ¿Reglamentado? Totalmente. Pero para UPS su uniformidad y eficiencia constituyen la base de su servicio de alta calidad. Fuente: Forbes (10 de enero de 2000), 80.

¹² L. Berry, V. Zeithaml y A. Parasuraman, “Quality Counts in Services. Too”, *Business Horizons* (mayo-junio de 1985), pp. 45-46.

que nos sirven en Taco Bell esté caliente, o en lo bien que funcione el automóvil que acabamos de recoger del taller.

En segundo lugar, otro aspecto del servicio y de la calidad de servicio lo constituye el proceso. Observe que en la Tabla 6.5 nueve de los diez aspectos determinantes de la calidad de servicio guardan relación con el proceso del servicio. Aspectos como la fiabilidad y la cortesía forman parte del proceso. El director de operaciones puede diseñar procesos (productos de servicio) que posean esos atributos y garantizar su calidad mediante las técnicas de TQM analizadas en este capítulo.

En tercer lugar, el director de operaciones debería tener en cuenta que las expectativas del cliente constituyen el estándar que se utiliza para valorar el servicio. La percepción que tiene el cliente de la calidad de servicio deriva de una comparación entre las expectativas anteriores a la recepción del servicio y su experiencia real del servicio. En otras palabras, la calidad del servicio se juzga comprobando si satisface las expectativas prometidas. *El director puede ser capaz de influir tanto sobre la calidad del servicio como sobre las expectativas creadas.* No prometa más de lo que pueda dar.

En cuarto lugar, el director debe ser consciente de la posibilidad de que se produzcan excepciones. Existe un nivel de calidad estándar al que se presta el servicio habitual (por ejemplo, una transacción a través de un cajero automático). No obstante, lo cierto es que se presentan “excepciones” o “problemas” creados por el cliente o por unas condiciones de operación que no son las mejores (por ejemplo, el ordenador que soporta el cajero estropeado). Esto implica que el sistema de control de calidad debe reconocer y disponer de un *conjunto de planes alternativos para cuando las condiciones operativas no sean las óptimas.*

TABLA 6.5 ■ Determinantes de la calidad del servicio

Fiabilidad Implica continuidad en el rendimiento y seriedad. Significa que la empresa realiza bien el servicio a la primera, y que cumple sus promesas.

Capacidad de respuesta Se refiere a la buena disposición y a la rapidez de los empleados para suministrar el servicio. Hace referencia al tiempo de respuesta.

Competencia Significa poseer los conocimientos y aptitudes adecuados para realizar el servicio.

Accesibilidad Comprende accesibilidad y facilidad de contacto.

Cortesía Hace referencia a la buena educación, el respeto, la consideración y la amabilidad del personal de contacto (que incluye a telefonistas, recepcionistas, etcétera).

Comunicación Mantener informados a los clientes en un lenguaje que puedan entender, y escucharlos. Puede implicar que la empresa tenga que adaptar su lenguaje a distintos tipos de clientes, aumentando el nivel de sofisticación con un cliente bien educado o hablando más sencilla y llanamente con un principiante.

Credibilidad Honradez, ser creíble y sincero. Significa sentir como propios los mejores intereses del consumidor.

Seguridad Ausencia de peligro, riesgo o duda.

Entender y conocer al consumidor Realizar el esfuerzo de tratar de comprender lo que necesita el consumidor.

Tangibles Comprende los aspectos físicos del servicio.

Fuente: Adaptado de A. Parasuram, Valarie A. Zeithaml y Leonard L. Berry, *Delivering Quality Service and Balancing Customer Expectations* (Nueva York: Free Press, 1990).

Las empresas bien dirigidas tienen estrategias de “recuperación del servicio”. El personal de Marriott Hotels está formado en la rutina EIDRN¹³: *Escuchar*, *Identificarse con el cliente*, *Disculparse*, *Reaccionar*, *Notificar*, garantizando este último paso que la queja se registra en el sistema. La cadena de hoteles Ritz-Carlton forma a sus empleados para que no se limiten a decir “perdón” sino, más bien, “le ruego que acepte mis disculpas” y les concede un presupuesto para compensar a los huéspedes descontentos¹⁴.

Diseñar el producto, gestionar el proceso de servicio, ajustar el producto a las expectativas del cliente y estar preparado ante las situaciones excepcionales son factores claves para ofrecer un servicio de calidad. El recuadro de *Dirección de producción en acción*, “Richey International espía”, nos ofrece otra perspectiva de cómo los directores de operaciones mejoran la calidad en los servicios.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

RICHEY INTERNATIONAL ESPÍA

¿Cómo pueden los servicios de limusinas y los hoteles de lujo mantener la calidad de sus servicios? Respuesta: inspeccionando. Pero ¿y si el producto constituye la prestación de un servicio individualizado, basado, en gran medida, en el comportamiento personal? ¿Cómo se inspecciona entonces? ¡Pues contratando a espías!

Richey International es el espía. Preferred Hotels and Resorts Worldwide e Intercontinental Hotels son organizaciones que han contratado los servicios de Richey para realizar evaluaciones de calidad vía el espionaje. Los empleados de Richey efectúan las inspecciones haciéndose pasar por clientes. Sin embargo, también en estos casos la dirección tendrá que haber determinado qué es lo que el cliente espera y qué servicios concretos va a ofrecerle para satisfacer sus necesidades. Sólo entonces podrán los directores saber dónde y cómo inspeccionar. Una formación intensa y dinámica e inspecciones objetivas refuerzan los comportamientos que satisfarán las expectativas del cliente.

Los hoteles utilizan a los inspectores secretos de Richey para asegurar el cumplimiento escrupuloso de sus estándares. En los hoteles no saben cuándo se va a producir la evaluación ni qué alias utilizarán los espías. Se evalúan

más de cincuenta normas distintas antes de que los inspectores ni siquiera se hayan registrado en un hotel de lujo. En las 24 horas siguientes, se utilizan listas de comprobación, cintas magnetofónicas y fotografías para preparar informes por escrito en los que se evalúan estándares o normas como las siguientes:

- ¿Saluda el portero a cada cliente en menos de 30 segundos?
- ¿Se dirige el recepcionista al cliente por su nombre durante los trámites de registro en el hotel?
- ¿Están inmaculadas la bañera y la ducha de la habitación?
- ¿Cuánto tiempo tardan en servir el café una vez que el cliente se ha sentado a tomar el desayuno?
- ¿Establece el camarero contacto visual?¹⁵
- ¿Era correcta la facturación de las bebidas del minibar?

El establecimiento de estándares, una formación eficiente y las inspecciones son parte de los esfuerzos de TQM en estos hoteles. La calidad no se consigue por casualidad.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (12 de mayo de 1999); Bl, 612, y *Forbes* (5 de octubre de 1998), pp. 88-89.

¹³ Nota del revisor: en inglés la rutina se denomina LEARN (Listen, Empathyze, Apologize, React, Notify), que traducido al español es APRENDER.

¹⁴ “A Complaint is a Gift”, *The Economist* (24 de abril de 2004), p. 69.

¹⁵ Nota del revisor: En EE.UU. se considera como norma de educación social establecer un breve contacto visual (p. ej. de un segundo) durante una presentación, o al iniciar una conversación con un extraño, como es este caso.

RESUMEN

Calidad es un concepto que significa diferentes cosas para distintas personas, pero en este capítulo se ha definido como la totalidad de prestaciones y características de un producto o servicio que influyen en su capacidad para satisfacer necesidades manifestadas o implícitas. La definición de las expectativas de calidad es fundamental para que las operaciones sean eficientes y eficaces.

La calidad requiere el establecimiento de un entorno de gestión de calidad total (TQM), debido a la imposibilidad de inspeccionarla en un producto. El capítulo también presenta siete *conceptos* de TQM: mejora continua, Seis Sigma, potenciación de los trabajadores, benchmarking, sistemas “justo a tiempo”, conceptos de Taguchi y conocimiento de las herramientas de TQM. Las siete *herramientas* presentadas en este capítulo son: las hojas de control, los diagramas de dispersión, los diagramas de causa-efecto, los diagramas de Pareto, los diagramas de flujo, los histogramas y el control estadístico de procesos (SPC).

TÉRMINOS
CLAVE

Calidad	Calidad orientada al objetivo
Coste de la calidad	Diagrama de causa-efecto, diagrama de Ishikawa, o gráfico de espina de pez
ISO 9000	Diagramas de Pareto
ISO 14000	Diagramas de flujo
Gestión de calidad total (TQM)	Control estadístico de procesos (SPC)
PDCA	Gráficos de control
Seis Sigma	Inspección
Potenciación de los empleados	Inspección en la fuente
Círculo de calidad	Poka-yoke
Benchmarking	Inspección de atributos
Calidad robusta	Inspección de variables
Función de pérdida de calidad (QLF)	

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice su CD-ROM del alumno para obtener material sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa
- Problemas para resolver con Internet
- Casos en Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en Power Point
- Problemas prácticos
- Videoclips y casos en vídeo
- Ejercicio Active Model



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. Explique cómo se pueden reducir los costes gracias a una mayor calidad.
2. Como ejercicio para resolver con Internet, averigüe los criterios del Premio Baldrige. Visite el sitio web www.quality.nist.gov.
3. ¿Qué tres puntos de los 14 de Deming cree que son más importantes para el éxito de un programa de TQM? ¿Por qué?
4. Enumere los siete conceptos necesarios para un programa eficaz de TQM. ¿Qué relación tienen con los 14 puntos de Deming?
5. Nombre tres personajes importantes relacionados con los conceptos de calidad de este capítulo. En cada caso, redacte una breve frase sobre cada uno resumiendo su contribución más importante al campo de la gestión de la calidad.
6. ¿Cuáles son las siete herramientas de la TQM?
7. ¿Cómo el miedo en el puesto de trabajo (y en el aula) puede impedir el aprendizaje?
8. ¿Cómo puede controlar una universidad la calidad de su producto (es decir, la formación de sus licenciados)?
9. Philip Crosby insinúa que la calidad es gratis. ¿Por qué?
10. ¿Cuáles son los tres conceptos básicos del planteamiento de Taguchi?
11. ¿Con qué fin se utiliza un diagrama de Pareto en un determinado problema?
12. ¿Cuáles son las cuatro grandes categorías de “causas” que ayudan a dibujar un diagrama de Ishikawa o diagrama de causa-efecto?
13. De los diferentes puntos donde puede ser necesaria la inspección, ¿cuáles se ajustan especialmente bien al caso de la manufactura?
14. ¿Qué papel desempeñan los directores de operaciones en la gestión de los principales aspectos de la calidad de servicio?
15. Explique, con sus propias palabras, qué se quiere decir con *inspección en la fuente*.
16. ¿Cuáles son los 10 determinantes de la calidad de servicio?
17. Nombre varios productos que no tienen por qué tener una gran calidad.
18. ¿Qué significa la fórmula $L = D^2C$?
19. En este capítulo hemos sugerido que es difícil incorporar calidad en el proceso y en las personas. Las inspecciones también son difíciles. Para indicar la dificultad de las inspecciones, cuente el número de letras *E* (tanto mayúsculas como minúsculas) del recuadro de *Dirección de operaciones en acción*, “Richey International espía” (incluyendo el título pero no las notas al pie). ¿Cuántas ha contado? Si cada alumno hace este ejercicio por su cuenta, es muy probable que encuentre una distribución antes que una única cifra.



DILEMA ÉTICO

Un caso judicial copó los titulares de todo el mundo hace unos años cuando una cliente de un restaurante McDonald's para automóviles se derramó una taza de café hirviendo. La anciana de ochenta años afirmó que el café estaba demasiado caliente como para beberse con seguridad dentro de un automóvil, y ganó 2,9 millones de dólares con la demanda (el juez redujo posteriormente la compensación a 640.000 dólares). McDonald's afirmó que el producto se sirvió siguiendo las especificaciones adecuadas y tenía la calidad correcta. Además, en la taza ponía “Precaución: el contenido puede estar caliente”. El café de McDonald's, a 180°, está bastante más caliente (por norma de la empresa)

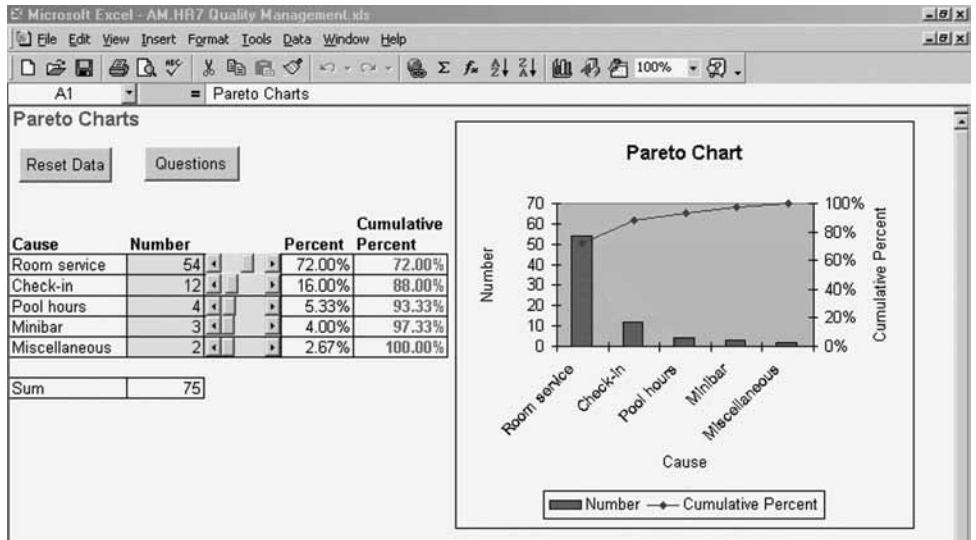
que el café de un restaurante típico, a pesar de los cientos de quejas interpuestas en los diez últimos años por clientes que se han quemado con el café. En otras demandas judiciales análogas, que, dicho sea de paso, dieron lugar a compensaciones más reducidas, también se sentenció a favor del demandante. Por ejemplo, Motor City Bagel Shop fue demandada por el derrame de una taza de café por un cliente en un restaurante para automóviles, y a Starbucks por una cliente que se derramó el café en su propio tobillo.

¿Tienen la culpa McDonald's, Motor City y Starbucks en este tipo de situaciones? ¿Cómo juegan la calidad y la ética en estos casos?



EJERCICIO ACTIVE MODEL

Este ejercicio Active Model aparece en su CD-ROM. Le permite evaluar importantes elementos de un diagrama de Pareto.



ACTIVE MODEL 61. ■ Análisis de Pareto de los datos del hotel del Ejemplo 1.

Preguntas

1. ¿Qué porcentaje sobre total de defectos representan las quejas sobre el servicio de habitaciones?
2. Si lográsemos reducir el número de quejas sobre el servicio de habitaciones a la mitad, ¿cómo afectaría ello al gráfico?



PROBLEMAS

- 6.1. Haga un análisis de Pareto para las siguientes causas de retraso en el proceso de producción de Lument Technology. ¿Qué conclusiones extrae?

Razones del retraso	Frecuencia
Espera de una decisión de los ingenieros	11
No se dispone de los planos	10
El equipo de pruebas está averiado	22
Retraso en la inspección	15
Componentes erróneos	40
Falta de personal	3

- **6.2.** Dibuje un diagrama de dispersión para dos variables de interés [por ejemplo, número de páginas en el periódico por día de la semana; véase el ejemplo en la Figura 6.5(b)].
- **6.3.** Haga un análisis de Pareto de las siguientes causas de malas notas en un examen:

Razón de las malas notas	Frecuencia
Falta de tiempo para acabar el examen	17
Llegar con retraso al examen	7
Dificultad para entender los temas explicados en clase	25
Falta de tiempo de preparación para el examen	2
Se estudiaron temas equivocados	2
Distracciones durante el examen	9
Se acabaron las pilas de la calculadora durante el examen	1
Se olvidó de que tenía un examen	3
Se puso enfermo durante el examen	4

- **6.4.** Dibuje un histograma del tiempo que tardaron usted o sus amigos en recibir sus seis últimos pedidos en un restaurante de comida rápida.
- ⋮ **6.5.** Visite la ventanilla de atención de un restaurante de comida rápida para automóviles en hora de baja demanda. Registre el momento en que llega un nuevo vehículo al final de la cola o a la ventanilla. Registre también el número de personas que van en el vehículo. Registre a continuación el instante en que el vehículo sale de la ventanilla de entrega y calcule el tiempo de la transacción (tiempo entre la llegada y la salida) de cada vehículo. (Incluya a treinta vehículos o más en el estudio).
Con estos datos, construya un diagrama de dispersión de dos variables: número de ocupantes del vehículo y tiempo de la transacción. Utilice a los ocupantes como variable X . ¿Cree que hay una relación entre las dos variables?
- ⋮ **6.6.** Dibuje un diagrama de flujo [como en la Figura 6.5(e) y en el Ejemplo 2] que muestre todos los pasos necesarios para planificar una fiesta.
- ⋮ **6.7.** Analice los distintos tipos de mal comportamiento en la conducción ante un semáforo en rojo. Haga una lista con las diez acciones que considera que es más probable que se produzcan. Incorpore a esa lista una categoría de “otros comportamientos”.
 - a) Elabore una hoja de control [como la de la Figura 6.5(a)] para registrar la frecuencia de estos comportamientos. Utilizando su hoja de control, acuda a un cruce con mucho tráfico en cuatro momentos distintos del día, siendo dos de estos momentos dos horas punta (por la mañana y por la tarde). Durante un periodo de tiempo entre 15 y 20 minutos en cada visita, observe la frecuencia con que se producen las acciones que ha puesto en su lista.
 - b) Dibuje un diagrama de Pareto que muestre la frecuencia relativa de cada acción.
- ⋮ **6.8.** Dibuje un diagrama de espina de pez detallando las razones de por qué no se ajusta bien un tornillo a una tuerca en una línea de montaje.
- ⋮ **6.9.** Analice la tarea cotidiana de llegar a tiempo al trabajo o a la primera hora de clase por la mañana. Dibuje un diagrama de espina de pez que muestre las razones por las que puede llegar tarde.

- **6.10.** Dibuje un diagrama de causa-efecto para reflejar el caso de “Alumno insatisfecho con el proceso de matriculación de la universidad”. Utilice las “cuatro M” o cree su propio organigrama. Incluya al menos 12 causas.
- **6.11.** Dibuje un diagrama de espina de pez que muestre las razones por las que puede haber un error en el importe de la hoja de matrícula de su curso universitario en el momento en que va a pagarla.
- **6.12.** María Beth Marrs, directora de un complejo de apartamentos, se siente agobiada por el número de quejas que está recibiendo. Reproducimos a continuación la hoja de control que ha elaborado durante las 12 últimas semanas. Elabore un diagrama de Pareto utilizando esta información. ¿Qué recomendaciones podría hacer?

Semana	Jardines	Aparcamiento/ Caminos de acceso	Piscina	Problemas con inquilinos	Electricidad/ Fontanería
1	✓✓✓	✓	✓	✓✓✓	
2	✓	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓
3	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓	
4	✓	✓✓✓✓	✓	✓	✓✓
5	✓✓	✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓	
6	✓	✓✓✓✓	✓✓		
7		✓✓✓	✓✓	✓✓	
8	✓	✓✓✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓
9	✓	✓✓	✓		
10	✓	✓✓✓✓	✓✓	✓✓	
11		✓✓✓	✓✓	✓	
12	✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓	

- **6.13.** Utilice un análisis de Pareto para examinar los siguientes datos recopilados en una cadena de montaje de placas de circuitos impresos.
 - a) Prepare un gráfico con los datos.
 - b) ¿A qué conclusiones llega?

Defecto	Número de ocurrencias del defecto
Componente que no se adhiere	143
Demasiado adhesivo	71
Transistores mal colocados	601
Dimensión errónea de la placa	146
Los agujeros de montaje están mal colocados	12
Problemas de los circuitos en la prueba final	90
Componente erróneo	212

- **6.14.** Un taller de reparación de automóviles ha registrado las siguientes quejas. Utilícelas para preparar un diagrama de causa-efecto basado en las “cuatro M” (es decir, ponga títulos en el gráfico y coloque cada queja en la rama adecuada del diagrama).

- a) Me cobraron demasiado: la tarifa por hora era demasiado elevada.
- b) El mecánico manchó de grasa el asiento del conductor.
- c) Me gustaría que dieran cita previa para las revisiones y el mantenimiento.
- d) El vehículo no estaba preparado cuando dijeron que estaría.
- e) El repuesto se ha estropeado.
- f) El repuesto no es tan bueno como la pieza original.
- g) No cerró el tapón del aceite correctamente y pierde aceite.
- h) Mi problema no es importante y es fácil arreglarlo: ¿por qué no lo arreglan de inmediato y postergan otras reparaciones más largas?
- i) El presupuesto que me dieron quedó muy por debajo de lo que me facturaron realmente.
- j) Traje el automóvil para que le cambiaran el aceite y me han hecho una puesta a punto.
- k) Su mecánico sólo está cambiando repuestos: no tiene la más remota idea de qué le pasa a mi automóvil.
- l) No creo que el ordenador de diagnóstico que tienen funcione bien.
- m) Me han cobrado por trabajo que no han hecho.

- ⋮
- 6.15.** Dibuje un diagrama de flujo para lo siguiente:
- a) Llenar el depósito de gasolina en una gasolinera de autoservicio.
 - b) Averiguar el saldo de la cuenta y sacar dinero en un cajero automático.
 - c) Comprar un helado en una heladería.

- ⋮
- 6.16.** Southwest Wood Treating ha estado recibiendo muchas quejas de su principal cliente, Home Station, sobre la calidad de sus envíos de productos tratados con presión. Rick Summers, director de la fábrica, está preocupado porque sólo un cliente le proporciona la única información que tiene la empresa sobre la calidad de los envíos. Decide recopilar información sobre los envíos defectuosos mediante un formulario que ha pedido que cumplimenten los conductores al llegar a las tiendas de los clientes. Se han devuelto los formularios de los primeros 284 envíos. Muestran lo siguiente sobre las ocho últimas semanas:

SEMANA	N.º DE ENVÍOS	N.º DE ENVÍOS DEFECTUOSOS	Por qué fue defectuoso el envío			
			FACTURA INCORRECTA	CARGA INCORRECTA	PRODUCTO ESTROPEADO	RETRASO DEL CAMIÓN
1	23	5	2	2	1	
2	31	8	1	4	1	2
3	28	6	2	3	1	
4	37	11	4	4	1	2
5	35	10	3	4	2	1
6	40	14	5	6	3	
7	41	12	3	5	3	1
8	44	15	4	7	2	2

A pesar de que Rick ha aumentado su capacidad incorporando más trabajadores a su plantilla habitual de 30 empleados, sabe que durante muchas semanas superó su producción habitual de 30 envíos por semana. Un revisión de los datos sobre la rotación de empleados durante las ocho últimas semanas muestra lo siguiente:

Semana	N.º de nuevos contratados	N.º de despidos	N.º total de trabajadores
1	1	0	30
2	2	1	31
3	3	2	32
4	2	0	34
5	2	2	34
6	2	4	32
7	4	1	35
8	3	2	36

- Dibuje un diagrama de dispersión utilizando el número total de envíos y el número de envíos defectuosos. ¿Cree que hay algún tipo de relación?
- Desarrolle un diagrama de dispersión utilizando la variable “rotación de empleados” (número de nuevos contratados más número de despidos) y el número de envíos defectuosos. ¿Muestra el diagrama una relación entre las dos variables?
- Dibuje un gráfico de Pareto para el tipo de defectos que se han producido.
- Dibuje un diagrama de espina de pez que muestre las posibles causas de los envíos defectuosos.



PROBLEMAS EN INTERNET

Visite en nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para los problema adicionales: 6.17 a 6.20.

■ *Caso de estudio* ■

Universidad de Southwestern: (C)*

La popularidad del programa de fútbol americano de la Southwestern University ha ido creciendo durante los cinco últimos años desde la llegada de su nuevo entrenador, Bo Piterno, a la Universidad de Stephenville, Texas [véase Southwestern University: (A), en el Capítulo 3 y (B) en el Capítulo 4]. Con un estadio con una capacidad máxima de 54.000 espectadores que se está quedando pequeño, y un entrenador que reclama un nuevo campo, Joel Wisner, presidente de SWU, se ha

tenido que enfrentar a algunas decisiones difíciles. Tras su fenomenal, pero mínima, victoria sobre su eterno rival, la Universidad de Texas, en el partido de la fiesta anual al inicio del curso académico del pasado otoño, el Dr. Wisner no se mostró tan feliz como se hubiera podido suponer. En vez de ver a antiguos alumnos, estudiantes y profesores en estado de éxtasis, todo lo que Wisner recibió fueron quejas: “las colas en las casetas de venta eran demasiado largas”; “era difícil aparcar y tuvimos que hacerlo más lejos que otros años” (es decir, antes de que el equipo ganara con regularidad); “los asientos no eran cómodos”; “la caravana de coches lle-

* Este caso de estudio está presente a lo largo del texto. Otros temas relativos al estadio de fútbol americano de Southwestern son: (A) dirección del proyecto de renovación del estadio (Capítulo 3); (B) previsión de asistencia de espectadores a los partidos (Capítulo 4); (D) análisis del umbral de rentabilidad de los servicios de restauración (suplemento al Capítulo 7 en el sitio web); (E) localización del nuevo estadio (Capítulo 8 en el sitio web); (F) planificación del inventario de programas de fútbol (Capítulo 2 del volumen *Decisiones Tácticas* en el sitio web); (G) programación del personal de soporte y de seguridad para los días en que hay partido (Capítulo 3 de *Decisiones Tácticas*).

TABLA 6.6 ■ Resultados de la encuesta sobre satisfacción realizada a los hinchas (N = 250)

		Valoración global				
		A	B	C	D	E
Día del partido	A. Aparcamiento	90	105	45	5	5
	B. Tráfico	50	85	48	52	15
	C. Asientos	45	30	115	35	25
	D. Diversiones	160	35	26	10	19
	E. Programa impreso	66	34	98	22	30
Entradas	A. Precios	105	104	16	15	10
	B. Abonos	75	80	54	41	0
Reducciones	A. Precios	16	116	58	58	2
	B. Selección de alimentos	155	60	24	11	0
	C. Velocidad de servicio	35	45	46	48	76
Encuestados						
	Antiguos alumnos	113				
	Estudiantes	83				
	Facultad/personal	16				
	Otros grupos	38				

Comentarios espontáneos en las fichas de la encuesta:

El aparcamiento, un lío	¡Adelante SWU!	Me encantan los nuevos uniformes
Pongan una tribuna	Las colas son horribles	Tardé una hora en aparcar
Se necesitan mejores animadoras	Los asientos son incómodos	El entrenador es magnífico
Hay que duplicar el número de empleados del aparcamiento	Pagaría más por una vista mejor	Hacen falta más fuentes de agua
Todo de primera	Construyan un nuevo estadio	Mejores asientos
Demasiada gente	Se necesitan normas sobre los uniformes de los estudiantes	Los asientos no son cómodos
Los asientos, demasiado estrechos	Quiero asientos con almohadillas	La zona de aparcamiento debería ser mayor
La comida, magnífica	La policía, insuficiente	Soy demasiado viejo para asientos de madera
¡Joe P, presidente!	Los estudiantes, muy ruidosos	Faltó café durante el partido
¡Olía a droga!	El aparcamiento, terrible	Mi empresa pagará una tribuna: ¡constrúyanla!
El estadio está ya un poco viejo	Los lavabos estaban sucios	Los programas, muy caros.
Los asientos estaban duros como piedras	Insuficientes plazas de aparcamiento para minusválidos	Quiero asientos más blandos
Falta vigilancia para tanto tráfico	¡Muy bien, SWU!	¡Ganad a esos Longhorns!
El partido empieza demasiado tarde	Los asientos deberían ser más amplios	Pagaría por una tribuna
Hay que contratar a más policías de tráfico	Los acomodadores son muy amables	La banda de música era increíble
Se necesita una nueva banda de música	Necesitamos asientos mejores	Amo a Piterno
¡Todo fantástico!	Hay que ampliar la zona de aparcamiento	Todo fantástico
Faltan puestos de perritos calientes	Odio las tribunas descubiertas	Construyan un nuevo estadio
Los asientos son todos de grava	Los perritos calientes estaban fríos	Dallas sería un mejor escenario
Se necesitan tribunas	¿3 dólares por un café? ¡Pero bueno!	Ninguna queja
Los asientos huelen mal	Pongan algunas tribunas	El baño, sucio
		Los asientos, muy pequeños

gaba a mitad de camino desde Dallas”, etcétera. “Al presidente de una universidad no le está permitido ganar”, musitó Wisner para sí.

En la reunión con sus colaboradores al lunes siguiente, Wisner se dirigió a su vicepresidente administrativo,

Leslie Gardner, y le dijo: “Me gustaría que te ocuparas de todas esas quejas con el fútbol, Leslie, a ver si te enteras de cuál es el fondo del problema real; y comunícame cómo lo has resuelto”. Gardner no se sorprendió por la petición. “Ya me estoy ocupando del asunto. Joel —res-

pondió—. Hemos realizado encuestas a cincuenta hinchas, escogidos al azar en cada partido de la pasada temporada, para saber qué es lo que piensan. Todo ello forma parte de mi campaña de TQM en el campus. Déjame poner en orden toda la información que tengo, y te daré los resultados dentro de una semana”.

De regreso a su despacho, Leslie sacó los archivos compilados por su ayudante (véase la Tabla 6.6). “Aquí hay un montón de información”, pensó para sí misma.

Preguntas a desarrollar

1. Utilizando por lo menos dos herramientas de calidad distintas, analice los datos y presente las conclusiones obtenidas.
2. ¿Cómo podría aprovecharse mejor la encuesta?
3. ¿Cuál es el próximo paso?



Caso de estudio en vídeo

La cultura de la calidad en el hospital Arnold Palmer

Creado en 1989, el hospital Arnold Palmer es uno de los hospitales más grandes para mujeres y niños de todo Estados Unidos, con 431 camas en dos edificios con un total de 676.000 pies cuadrados. Localizado en el centro de la ciudad de Orlando, Florida, debe su nombre al benefactor del hospital, el famoso jugador de golf, y tiene más de 2.000 empleados que atienden una región geográfica de 18 condados en el centro de Florida y es el único centro traumatológico de Nivel 1 para niños en esa región. El hospital Arnold Palmer proporciona una amplia gama de servicios médicos, que incluye el cuidado intensivo pediátrico y neonatal, oncología y cardiología pediátrica, atención a embarazos de alto riesgo y cuidado intensivo maternal.

El problema de la valoración de la calidad en la atención sanitaria

Una atención sanitaria de calidad es una meta a la que aspiran todos los hospitales, pero el hospital Arnold Palmer ha desarrollado realmente herramientas exhaustivas y científicas para pedir a sus clientes que valoren la calidad de la atención que reciben. El hospital, que participa en una comparación de ámbito nacional en Estados Unidos entre varios hospitales, se encuentra siempre entre el 10% superior en satisfacción general del paciente. La directora ejecutiva Kathy Swanson afirma: “Los hospitales en este campo se distinguirán fundamentalmente sobre base de la satisfacción de sus clientes. Necesitamos información precisa sobre cómo juzgan nuestros pacientes y sus familiares la calidad de nuestra

atención, por lo que reviso los resultados de los cuestionarios todos los días. La encuesta en profundidad me ayuda a mí, y a otros miembros de mi equipo, a aprender rápidamente de las opiniones de los pacientes”. Los empleados del hospital tienen la autorización de dar regalos de un valor de hasta 200 dólares a los pacientes que se quejan con razón de cualquier servicio del hospital, ya sea la comida, la amabilidad, la rapidez de respuesta a una solicitud o la limpieza del hospital.

Swanson no se limita únicamente a las encuestas, que se envían por correo ordinario a los pacientes a la semana de haberlos dado de alta, sino también en diversas medidas internas. Estas medidas suelen partir de los escalafones inferiores, donde los empleados ven un problema y desarrollan métodos para hacer un seguimiento de su evolución. La tradicional filosofía del hospital respalda el concepto de que cada paciente es importante y debe ser respetado como persona. Todo paciente tiene derecho a una atención sanitaria exhaustiva, humanitaria y centrada en la familia, y proporcionada por un equipo con la formación adecuada y dirigido por un médico.

Algunas de las medidas a las que Swanson hace un cuidadoso seguimiento para lograr una mejora continua son las tasas de mortalidad, de infección, de readmisión, los costes por caso y la duración de la hospitalización. Las herramientas que utiliza a diario son diagramas de Pareto, gráficos de flujo y de proceso, además de benchmarking con otros hospitales, tanto de la región del sudeste como de todo Estados Unidos.

El resultado de todos estos esfuerzos ha sido una cultura de calidad manifestada por la elevada puntuación recibida por el hospital Arnold Palmer en satisfac-

ción de los pacientes y en una de las mayores tasas de supervivencia de bebés con enfermedades graves.

Preguntas para el debate*

1. ¿Por qué es importante para el hospital Arnold Palmer obtener la valoración que hacen los pacientes sobre la calidad de la atención sanitaria? ¿Tiene el paciente los conocimientos necesarios para valorar la atención sanitaria que recibe?
2. ¿Cómo crearía una cultura de calidad en una organización como el hospital Arnold Palmer?

3. ¿Qué técnicas practica el hospital Arnold Palmer en su búsqueda de la calidad y la mejora continua?
4. Dibuje un diagrama de espina de pez que ilustre las variables de la calidad de una paciente que acaba de dar a luz en el hospital Arnold Palmer (o en cualquier otro hospital).

* Puede que quiera revisar este caso de vídeo en su CD antes de responder a estas preguntas.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona State University).



Caso de estudio en vídeo

La la calidad en la empresa de Hoteles Ritz-Carlton

Ritz-Carlton. Sólo el nombre evoca ya imágenes de lujo y calidad. Como primera empresa hotelera ganadora del Premio Nacional Malcolm Baldrige a la Calidad, el Ritz considera la calidad como la razón de ser de la empresa. Esto significa un compromiso diario de satisfacer los deseos de su clientela y de asegurarse de que cada uno de sus hoteles está libre de cualquier fallo.

En el sector hotelero resulta difícil cuantificar la calidad. Los clientes del Ritz no compran precisamente un producto: lo que compran es una experiencia. Por ello, la creación de una combinación adecuada de elementos que contribuyan a que la experiencia sea inolvidable constituye el reto y el objetivo que persiguen todos sus empleados, desde el departamento de mantenimiento hasta la dirección.

Antes de presentarse al Premio Baldrige, la dirección de la empresa emprendió un riguroso ejercicio de autoevaluación de sus propias operaciones, destinado a medir y cuantificar la calidad. Se estudiaron diecinueve procesos, entre ellos el servicio de habitaciones, el sistema de reserva y registro de clientes, la entrega de mensajes y el servicio de desayuno. Este periodo de autoestudio incluyó la medición estadística de los flujos de trabajo en los procesos y los tiempos de ciclo en áreas que van desde la prestación del servicio de habitaciones y de la realización de reservas hasta el aparca-

miento del automóvil por el mozo y la eficiencia del servicio de limpieza. Los resultados obtenidos se utilizaron para crear puntos de referencia (benchmarks) de rendimiento con los que medir la actuación futura.

Con objetivos concretos y cuantificables, los directivos y los empleados del Ritz-Carlton se centran ahora en la mejora continua. El objetivo es lograr la satisfacción de los clientes al cien por cien: Si la experiencia de un huésped no satisface las expectativas, el Ritz-Carlton corre el riesgo de perder a ese cliente frente a la competencia.

Un método que la empresa ha empleado para dar más sentido a sus esfuerzos por la calidad es organizar a sus empleados en equipos de trabajo “autodirigidos”. Estos equipos determinan la programación del trabajo, que trabajo debe hacerse, y cómo resolver los problemas de calidad en sus propias áreas de trabajo. Para que puedan ver la relación de su área de trabajo específica con los objetivos globales de la empresa, se ofrece asimismo a los empleados la oportunidad de recibir formación complementaria sobre el sector hotelero. Ritz-Carlton considera que un empleado con mayores conocimientos y más información está en mejor disposición para tomar decisiones correctas en interés de la organización.

Preguntas para el debate*

1. ¿Cómo podría la cadena hotelera Ritz-Carlton controlar sus éxitos en la consecución de la calidad?

2. Muchas empresas afirman que su objetivo es proporcionar productos o servicios de calidad. “¿Qué acciones cabría esperar de una empresa que pretende que la calidad sea algo más que un simple eslogan o cliché?”
3. ¿Por qué motivo es posible que al hotel Ritz-Carlton le cueste menos hacer las cosas bien a la primera?
4. ¿Cómo podrían utilizarse los gráficos de control, los diagramas de Pareto y los de causa-efecto

para identificar los problemas de calidad en un hotel?

5. ¿Cuáles son algunas de las medidas no financieras de la satisfacción del cliente que se pueden utilizar en el Ritz-Carlton?

* Puede que quiera revisar este caso de vídeo en su CD antes de responder a estas preguntas.

Fuente: Adaptado de C. T. Horngren, S. M. Datar y G. Foster, *Cost Accounting*, 12.ª edición (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2006).

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Westover Electrical, Inc.:** Este fabricante de motores eléctricos tiene un largo historial de defectos en el proceso de cableado.
- **Quality Cleaners:** Esta pequeña empresa de limpieza necesita un sistema de gestión de la calidad.
- **Hotel del Casino Belair en Zimbabwe:** Un hotel para turistas en África que tiene que analizar las hojas de comentarios de sus clientes.

Harvard ha seleccionado estos casos del Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **GE: Traemos cosas buenas a esta vida (A) (#899-162):** Ilustra la complejidad de gestionar los cambios y el empuje que pueden proporcionar las iniciativas.
- **Wainwright Industries (A): Más allá del Baldrige (#396-219):** Hace el seguimiento del crecimiento de una empresa de suministros del automóvil y de su cultura sobre la calidad.
- **Romeo Engine Plant (#197-100):** Los empleados de esta fábrica de motores para automóviles deben resolver los problemas y garantizar la calidad, en vez de limitarse a ver cómo se fabrican las piezas.
- **Motorola-Penang (#494-135):** La directora de esta fábrica en Malasia se muestra escéptica sobre los esfuerzos de potenciación de los empleados en otras fábricas de Motorola.
- **Medida del deleite: la búsqueda de la calidad en el Servicio de Tarjeta Universal de AT&T (A) (#694-047):** Relaciona las medidas del rendimiento y las políticas de retribución con los preceptos de gestión de calidad.



BIBLIOGRAFÍA

- Beer, M., "Why Total Quality Management Programs Do Not Persist: The Role of Management Quality and Implications for Leading a TQM Transformation", *Decision Sciences* 34, n.º 4 (otoño 2003): pp. 623-642.
- Berry, L. L., A. Parasuraman y V. A. Zeithaml, "Improving Service Quality in America: Lessons Learned", *The Academy of Management Executive* 8, n.º 2 (mayo 1994): pp. 32-52.
- Brown, Mark G., *Baldrige Award Winning Quality*, 13.ª ed. University Park, IL: Productivity Press, 2004.
- Crosby, P. B., *Quality Is Still Free*. New York: McGraw-Hill, 1996.
- Echempati, Raghu y Christy White, "Case Study of Hinge Alignment Problems: A Six Sigma Quality Analysis", *Production and Inventory Management Journal* 41, n.º 2 (segundo trimestre 2000): pp. 1-8.
- Foster, S. Thomas, *Managing Quality*, 2.ª ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2004.
- Giflow, H. S. *et al.*, *Quality Management*, 3.ª ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
- Goetsch, David L. y Stanley B. Davis, *Understanding and Implementing ISO 9000 and Other ISO Standards*, 2.ª ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.
- Goetsch, David L. y Stanley B. Davis, *Quality Management*, 4.ª ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- Ireland, Samuel, "Quality and Nonprofit Organizations", *Quality Progress* (marzo 1999): pp. 96-99.
- Juran, Joseph M. y A. B. Godfrey, *Juran's Quality Handbook*. 5.ª ed. New York: McGraw-Hill, 1999.
- Pande, P. S., R. P. Neuman y R. R. Cavanagh, *What Is Design for Six Sigma?* New York: McGraw-Hill, 2005.
- Pil, F. K. y S. Rothenberg, "Environmental Performance as a Driver of Superior Quality", *Production and Operations Management* 12, n.º 3 (otoño 2003): pp. 404-415.
- Pralhad, C. K. y M. S. Krishnan, "The New Meaning of Quality in the Information Age", *Harvard Business Review* (septiembre-octubre, 1999): pp. 109-118.
- Stewart, D. M., "Piecing Together Service Quality: A Framework for Robust Service", *Production and Operations Management* (verano 2003): pp. 246-265.
- Summers, Donna, *Quality Management*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2005.
- Tonkin, L. P., "Supercharging Business Improvements: Motorola's Six Sigma Leadership Tools", *Target: Innovation at Work* 20, n.º 1 (first issue 2004): pp. 50-53.



RECURSOS EN INTERNET

American Society for Quality:

<http://www.asq.org/>

ISO Central Secretariat:

<http://www.iso.ch/>

Juran Institute:

<http://www.juran.com/>

Links to benchmarking sites:

<http://www.ebenchmarking.com>

National Institute of Standards and Technology:

<http://www.quality.nist.gov/>

Quality Assurance Institute:

<http://www.qaiusa.com>

Quality Digest:

<http://www.qualitydigest.com/>

Quality Progress:

<http://www.qualityprogress.asq.org/>

Vilfredo Pareto and other economists:

<http://cepa.newschool.edu/het/profiles.pareto.htm>

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

6

CONTENIDO DEL SUPLEMENTO

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (CEP)

Gráficos de control para variables
 El teorema central del límite
 Fijación de los límites del gráfico de medias (gráfico \bar{x})
 Fijación de límites del gráfico de rangos (gráfico R)
 Utilización de los gráficos de medias y los gráficos de rango
 Gráficos de control para los atributos
 Cuestiones directivas y gráficos de control

CAPACIDAD DEL PROCESO

Ratio de capacidad del proceso (C_p)
 Índice de capacidad del proceso (C_{pk})

MUESTREO DE ACEPTACIÓN

Curva de característica operativa
 Calidad media de salida

RESUMEN
 TÉRMINOS CLAVE
 UTILIZACIÓN DE SOFTWARE PARA EL CEP
 PROBLEMAS RESUELTOS
 EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO
 CUESTIONES PARA EL DEBATE
 EJERCICIO ACTIVE MODEL
 PROBLEMAS
 PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET
 CASOS DE ESTUDIO: BAYFIELD MUD COMPANY; PROGRAMACIÓN PUNTUAL DE ALABAMA AIRLINES
 CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES
 BIBLIOGRAFÍA
 RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya completado este capítulo, deberá ser capaz de:

Identificar o definir:

Causas naturales e imputables de variación
 El teorema central del límite
 Inspección de atributos y variables
 Control de procesos
 Gráficos \bar{x} y gráficos R / LCL y UCL*
 C_p y C_{pk}
 Muestreo de aceptación
 Curva de característica operativa (OC)
 AQL y LTPD
 AOQ
 Riesgo del productor y riesgo del consumidor

Describir o explicar:

El papel del control estadístico de calidad

Control estadístico de procesos (CEP)

Proceso utilizado para controlar estándares, efectuar mediciones y tomar las medidas correctoras adecuadas mientras se elabora un producto o se presta un servicio.

Gráfico de control

Representación gráfica de los datos de un proceso a lo largo del tiempo.

Variaciones naturales

Son variaciones que, hasta cierto punto, cabe esperar que afecten a cada proceso de producción; también denominadas causas comunes.

Variaciones imputables

Se trata de variaciones en un proceso de producción que pueden atribuirse a causas específicas.

En este suplemento nos referimos al control estadístico de procesos utilizado por Betz-Dearborn, IBM, GE y Motorola para conseguir estándares de calidad. También presentamos el muestreo de aceptación. El **control estadístico de procesos** es la aplicación de técnicas estadísticas al control de procesos. El *muestreo de aceptación* se utiliza para determinar si se acepta o rechaza el material evaluado mediante una muestra.

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (CEP)

El **control estadístico de procesos (CEP)** es una técnica estadística de uso muy extendido para asegurar que los procesos cumplen las normas. Todos los procesos están sujetos a ciertos grados de variabilidad. Walter Shewhart, de Bell Laboratories, estudiando los datos de los procesos en los años veinte, estableció la distinción entre las variaciones por causas naturales y por causas *imputables*, desarrollando una herramienta simple pero eficaz para separarlas: el **gráfico de control**.

Utilizamos el control estadístico de procesos para medir el funcionamiento de un proceso. Se dice que un proceso está funcionando bajo *control estadístico* cuando las únicas causas de variación son causas comunes (naturales). El proceso, en primer lugar, debe controlarse estadísticamente, detectando y eliminando las causas de variación especiales (imputables)¹. Después se puede predecir su funcionamiento y determinar su capacidad para satisfacer las expectativas de los consumidores. El *objetivo* de un sistema de control de procesos es *proporcionar una señal estadística cuando aparezcan causas de variación imputables*. Una señal de este tipo puede adelantar la toma de una medida adecuada para eliminar estas causas imputables.

Variaciones naturales Las variaciones naturales afectan a todos los procesos de producción, y siempre hay que contar con ellas. Las **variaciones naturales** son las diferentes fuentes de variación de un proceso que está bajo control estadístico. Se comportan como un sistema constante de causas aleatorias. Aunque sus valores individuales sean todos diferentes, como grupo forman una muestra que puede describirse a través de una distribución. Cuando estas distribuciones son normales, se caracterizan por dos parámetros. Estos parámetros son:

- La media, μ (la medida de la tendencia central; en este caso, el valor medio).
- La desviación estándar, σ (es decir, la medida de la dispersión).

Siempre que la distribución (medición de la producción) se mantenga dentro de los límites especificados, se dice que el proceso está “bajo control”, y se toleran pequeñas variaciones.

Variaciones imputables Las **variaciones imputables** de un proceso suelen deberse a causas específicas. Factores como el desgaste de la maquinaria, equipos mal ajustados, trabajadores fatigados o insuficientemente formados, así como nuevos lotes de materias primas, son fuentes potenciales de variaciones imputables.

¹ Es laborioso eliminar las causas imputables. Como observó W. Edwards Deming, gurú de la calidad: “Un estado de control estadístico no es el estado natural de un proceso de fabricación, sino, más bien, un logro alcanzado por la eliminación, una a una y mediante esfuerzos concretos, de causas especiales de una variación excesiva”. Véase W. Edwards Deming, “On Some Statistical Aids toward Economic Production”, *Interfaces* 5, n.º 4 (1975), 5.

Las variaciones naturales y las imputables plantean dos tareas distintas al director de operaciones. La primera es *asegurarse de que el proceso puede funcionar* bajo control, sólo con variaciones naturales. La segunda es, evidentemente, *identificar y eliminar las variaciones imputables* para que el proceso pueda seguir bajo control.

Muestras Debido a las variaciones naturales y a las imputables, los procesos de control estadístico utilizan medias de pequeñas muestras (a menudo de cuatro a ocho elementos) en lugar de datos sobre piezas particulares. Las piezas recogidas individualmente tienden a ser demasiado irregulares como para hacer visibles las tendencias con prontitud.

La Figura S6.1 nos proporciona una visión detallada de los principales pasos a seguir en la determinación de las variaciones del proceso. El eje horizontal puede ser el peso (como los gramos de cereal por caja), la longitud (los milímetros de un tornillo) o cualquier medida física. El eje vertical es la frecuencia. Las muestras de cinco cajas de cereal en la Figura S6.1 (a) se pesan, y (b) forman una distribución, que (c) puede variar. Las distribuciones constituidas en (b) y (c) quedarán integradas en un módulo predecible (d), sólo en el caso de que se den variaciones naturales. Si se manifiestan las causas imputables de variación, entonces podremos esperar, o bien que varíe la media, o bien que varíe la dispersión, como ocurre en el caso (e).

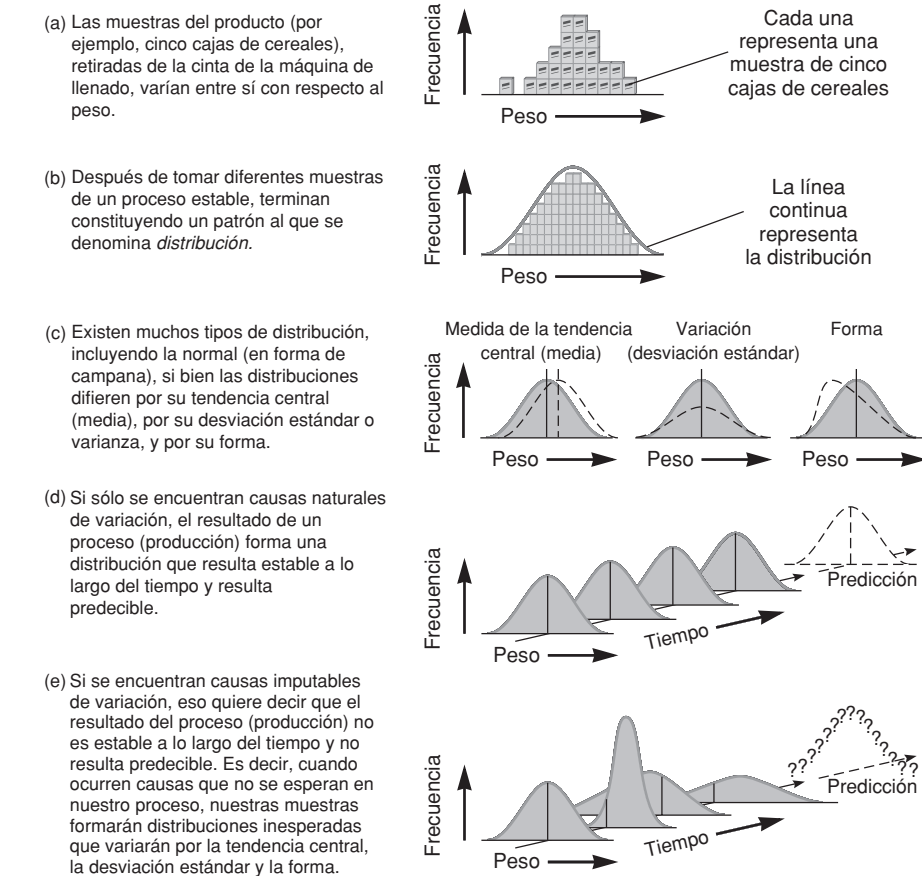
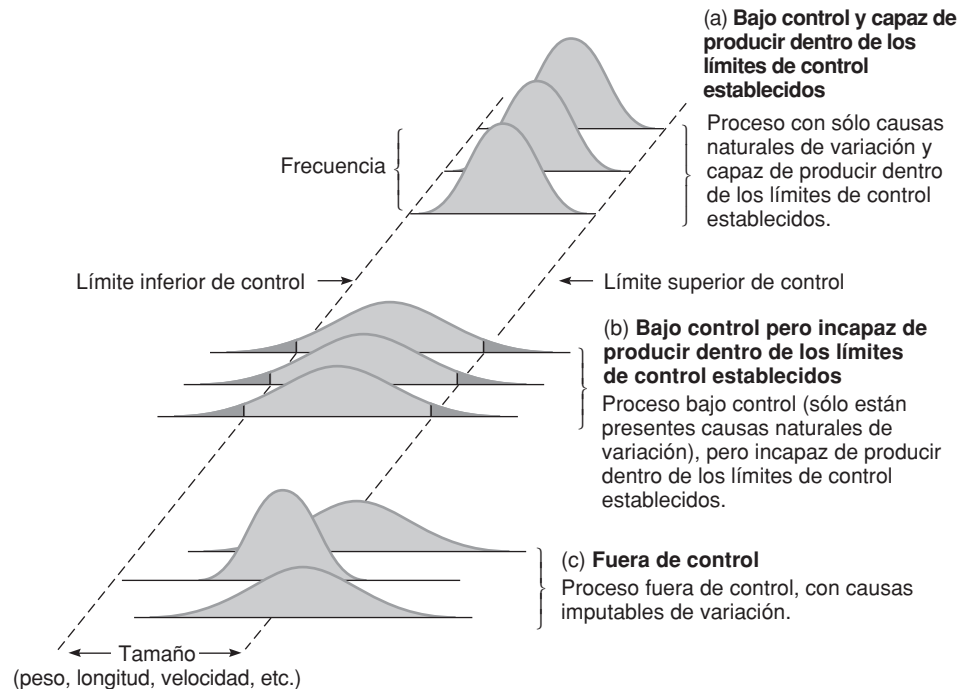


FIGURA S6.1 ■ Variaciones naturales e imputables

BetzDearborn, división de Hercules Incorporated, tiene su oficina central en Trevose, Pennsylvania, y es un proveedor general de sustancias químicas destinadas al tratamiento de aguas industriales, aguas residuales y sistemas de proceso. La empresa se sirve del control estadístico del proceso para hacer un seguimiento de los programas de tratamiento en una amplia gama de industrias de todo el mundo. El laboratorio de garantía de calidad de BetzDearborn utiliza también técnicas de muestreo estadístico para controlar los procesos de fabricación en todas las fábricas de producción de la empresa.

FIGURA S6.2 ■
Control del proceso:
tres tipos de
resultados
del proceso



Gráficos de control El proceso de construcción de los gráficos de control está basado en los conceptos de la Figura S6.2. La figura muestra tres distribuciones que son el resultado de tres tipos de procesos. Dibujamos los resultados de pequeñas muestras y, después, examinamos las características de los datos resultantes para ver si el proceso está dentro de los “límites de control”. El propósito de los gráficos de control es ayudarnos a distinguir entre variaciones naturales y variaciones por causas imputables. Como vemos en la Figura S6.2, el proceso puede estar: (a) bajo control, y *ser capaz de producir dentro de los límites establecidos*; (b) bajo control, *pero no ser capaz de producir dentro de los límites de control*, o (c) fuera de control. Ahora veremos cómo crear gráficos que ayuden al director de operaciones a mantener los procesos bajo control.

Gráfico \bar{x}

Se trata de un gráfico de control de calidad que indica cuándo se producen los cambios en la tendencia central de un proceso de producción.

Gráfico R

Es un gráfico de control que sigue el “rango” en una muestra, e indica la aparición de una ganancia o pérdida de uniformidad en la dispersión de un proceso de producción.

Gráficos de control para variables

Las variables son características que tienen dimensiones continuas, así como un número infinito de valores, como, por ejemplo, peso, velocidad, longitud o resistencia. Para supervisar un proceso de naturaleza continua se utilizan gráficos de control para la media \bar{x} y el rango R . El gráfico **gráfico \bar{x}** (\bar{x} barra) nos informa si los cambios han tenido lugar en la tendencia central (la media, en este caso) del proceso. Esto puede ser debido a factores que van del desgaste de herramientas a incrementos graduales de temperatura, la utilización de métodos diferentes en el segundo turno, o el uso de nuevos materiales más fuertes. Los valores del **gráfico R** indican incrementos o decrementos en uniformidad. Estos cambios pueden deberse a desgastes de cojinetes, pérdida de una parte de una herramienta, flujo imprevisible de lubricante en la máquina, o descuido por parte del operario de la máquina. Los dos tipos de gráficos van a la par cuando se controlan las variables, ya que sirven para medir los dos parámetros fundamentales: la tendencia central y la dispersión.

El teorema central del límite

El fundamento teórico de los gráficos \bar{x} está en el **teorema central del límite**. En términos generales, este teorema dice que, independientemente de la distribución de la población de todas las piezas o servicios, la distribución de las \bar{x} (cada una de las medias de una muestra de la población) tenderá a seguir una curva de distribución normal cuando aumente el número de muestras. Y, afortunadamente, incluso si la muestra (n) es bastante pequeña (digamos 4 o 5), la distribución de las medias seguirá aproximadamente una curva de distribución normal. El teorema también dice que (1) la media de la distribución de las \bar{x} (con notación $\bar{\bar{x}}$) será igual que la media de toda la población (con notación μ); y (2) la desviación estándar (o desviación típica) de la *distribución muestral*, $\sigma_{\bar{x}}$, será la *desviación estándar de la población*², σ , dividida por la raíz cuadrada del tamaño de la muestra (n). En otras palabras:

$$y \quad \bar{\bar{x}} = \mu \tag{S6.1}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{S6.2}$$

La Figura S6.3 muestra tres posibles distribuciones de población, cada una con su propia media, μ , y su propia desviación estándar, σ . Si se extraen una serie de muestras aleatorias ($\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$), cada una de tamaño n , de cualquier distribución de la población (que puede ser normal, beta, uniforme, etcétera), la distribución resultante de las \bar{x}_i será como la que se muestra en el gráfico.

Además, la distribución de la muestra, tal como se indica en la Figura S6.4, tendrá menos variabilidad que la distribución del proceso. Como la distribución de la muestra es normal, podemos señalar que:

- el 95,45% de las veces, las medias de las muestras se situarán entre $\pm 2\sigma_{\bar{x}}$ si el proceso sólo tiene variaciones naturales.
- el 99,73% de las veces, las medias de las muestras se situarán entre $\pm 3\sigma_{\bar{x}}$ si el proceso sólo tiene variaciones naturales.

Teorema central del límite

Fundamento teórico de los gráficos \bar{x} que señala que, con independencia de la distribución de la población de todas las piezas o servicios, la distribución de \bar{x} tenderá a seguir una normal a medida que aumente el número de muestras.

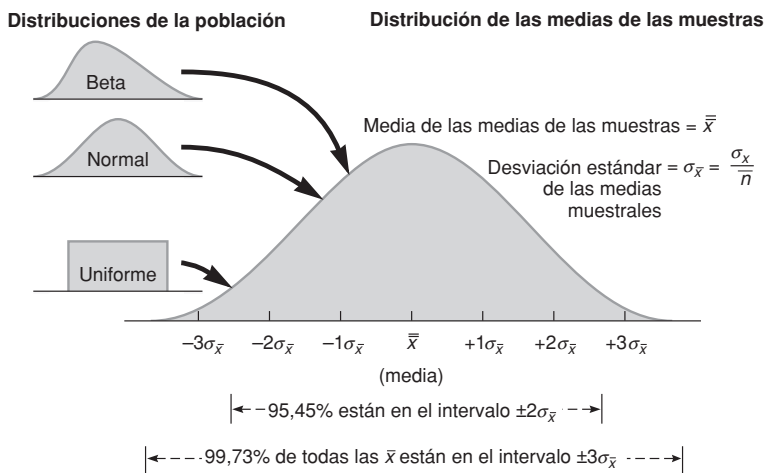


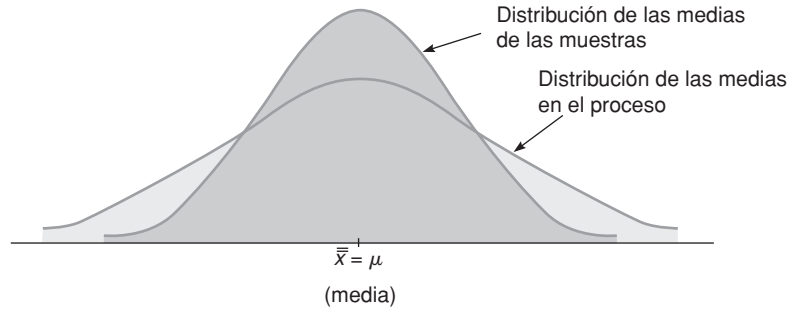
FIGURA S6.3 ■ La relación entre la distribución de la población y las distribuciones muestrales

Independientemente de la distribución de la población (beta, normal, uniforme), cada una con su propia media (μ) y desviación estándar (σ), la distribución de las medias de las muestras es una normal.

² Nota: La desviación estándar se calcula fácilmente: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$

FIGURA S6.4 ■ La distribución de las medias de las muestras es normal, y tiene menos variabilidad que la distribución del proceso

En esta figura, la distribución del proceso de la que se ha extraído la muestra era también normal, pero podría haber sido cualquier distribución.



Si un punto del gráfico de control se sitúa fuera de los límites de control $\pm 3\sigma_{\bar{x}}$, entonces estamos seguros al 99,73% de que el proceso ha cambiado. Ésta es la teoría en la que se basan los gráficos de control.

Fijación de los límites del gráfico de medias (gráfico \bar{x})

Si conocemos a través de datos históricos la desviación estándar de la población de un proceso, σ , podemos determinar los límites de control superior e inferior utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Límite de control superior (UCL)} = \bar{\bar{x}} + z\sigma_{\bar{x}} \quad (\text{S6.3})$$

$$\text{Límite de control inferior (LCL)} = \bar{\bar{x}} - z\sigma_{\bar{x}} \quad (\text{S6.4})$$

donde $\bar{\bar{x}}$ = media de las medias de las muestras, o un valor objetivo establecido para el proceso

z = número de desviaciones estándar normales (2 para 95,5% de confianza, 3 para 99,73%)

$\sigma_{\bar{x}}$ = desviación estándar de la media de las muestras = σ/\sqrt{n}

σ = desviación estándar de la población

n = tamaño de la muestra

El Ejemplo S1 indica cómo fijar límites de control para medias de muestras utilizando desviaciones estándar.

EJEMPLO S1

Fijación de límites de control utilizando muestras

Cada hora se toman muestras de las cajas de “Copos de avena” de un gran lote de producción. Para fijar límites de control que incluyan un 99,73% de las medias de las muestras, se seleccionan al azar y se pesan muestras de nueve cajas. Reproducimos, a continuación, las nueve cajas escogidas en la primera hora.

Copos de avena 17 onzas	Copos de avena 13 onzas	Copos de avena 16 onzas	Copos de avena 18 onzas	Copos de avena 17 onzas	Copos de avena 16 onzas	Copos de avena 15 onzas	Copos de avena 17 onzas	Copos de avena 16 onzas
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------



Archivo de datos de Excel OM Ch06SExS1.xls

$$\begin{aligned} \text{El peso medio en la primera muestra es} &= \frac{17 + 13 + 16 + 18 + 17 + 16 + 15 + 17 + 16}{9} \\ &= 16,1 \text{ onzas} \end{aligned}$$

Asimismo, se sabe que la desviación de la *población* estándar (σ) es de 1 onza. No mostramos las cajas que se ha tomado como muestra entre la segunda y la duodécima hora, pero reproducimos a continuación los resultados obtenidos:

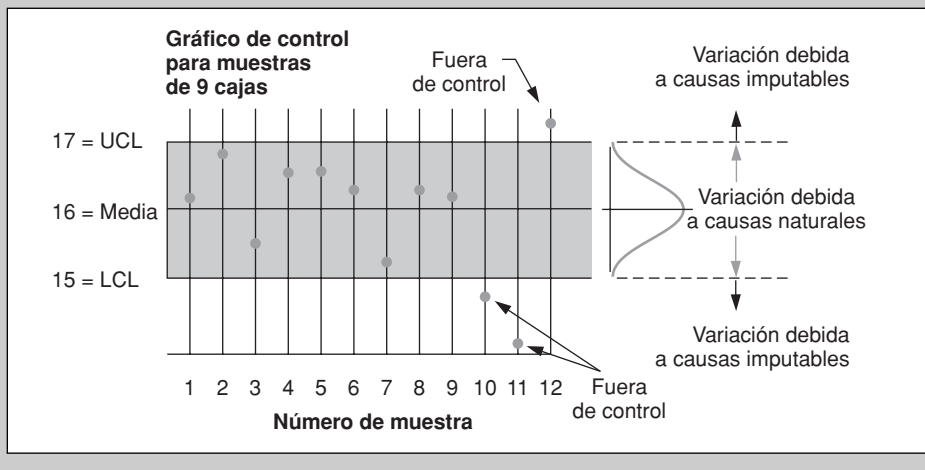
Peso de la muestra		Peso de la muestra		Peso de la muestra	
Hora	(media de 9 cajas)	Hora	(media de 9 cajas)	Hora	(media de 9 cajas)
1	16,1	5	16,5	9	16,3
2	16,8	6	16,4	10	14,8
3	15,5	7	15,2	11	14,2
4	16,5	8	16,4	12	17,3

La media de los valores medios de las 12 muestras se calcula para dar un resultado exacto de 16 onzas. Tenemos, pues, $\bar{\bar{x}} = 16$ onzas, $\sigma = 1$ onza, $n = 9$, y $z = 3$. Los límites de control son:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + z\sigma_{\bar{x}} = 16 + 3\left(\frac{1}{\sqrt{9}}\right) = 16 + 3\left(\frac{1}{3}\right) = 17 \text{ onzas}$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - z\sigma_{\bar{x}} = 16 - 3\left(\frac{1}{\sqrt{9}}\right) = 16 - 3\left(\frac{1}{3}\right) = 15 \text{ onzas}$$

Se representan las 12 muestras en el gráfico de control reproducido más abajo. Como los promedios de las medias de muestras recientes caen fuera de los límites de control superior e inferior de 17 y 15, podemos concluir que el proceso se está volviendo irregular y no está bajo control.



Cuando las desviaciones estándar del proceso, o bien no se encuentran disponibles, o bien resultan difíciles de calcular, generalmente calculamos los límites de control basándonos en los valores medios del rango más que en las desviaciones estándar. La Tabla S6.1 nos facilita los valores de conversión necesarios para hacerlo. Se define el rango como la diferencia entre el elemento más grande y el más pequeño de una muestra. Por ejemplo, la

El rango es la diferencia entre los elementos mayor y menor de una muestra.

caja más pesada de “Copos de avena” en la primera hora del Ejemplo S1 pesaba 18 onzas, y la más ligera 13, de manera que el rango de esa hora es de 5 onzas. Utilizamos la Tabla S6, y las ecuaciones

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \quad (S6.5)$$

y

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \quad (S6.6)$$

donde \bar{R} = promedio de intervalo de muestra

A_2 = valor encontrado en la Tabla S6.1

$\bar{\bar{x}}$ = media de las medias de las muestras

TABLA S6.1 ■
Factores para
calcular los límites
de los gráficos de
control (3 sigma)

Tamaño de la muestra, n	Factor de la media, A_2	Intervalo superior, D_4	Intervalo inferior, D_3
2	1,880	3,268	0
3	1,023	2,574	0
4	0,729	2,282	0
5	0,577	2,115	0
6	0,483	2,004	0
7	0,419	1,924	0,076
8	0,373	1,864	0,136
9	0,337	1,816	0,184
10	0,308	1,777	0,223
12	0,266	1,716	0,284

Fuente: Reproducido con la autorización de la American Society for Testing Materials. Copyright 1951. Tomado de Special Technical Publication 15-C, “Quality Control of Materials”, págs. 63 y 72.

El Ejemplo S2 muestra cómo fijar los límites de control para medias de muestras utilizando la Tabla S6.1 y el rango medio.

EJEMPLO S2



Archivo
de datos
Excel OM
Ch06SExS2.xls

Fijación de límites de la media utilizando valores tabulares

Super Cola embotella refrescos cuya etiqueta dice “peso neto: 16 onzas”. Tomando varias series de muestras, cada una de ellas de cinco botellas, se ha observado que el promedio global del proceso es de 16,01 onzas. El rango medio del proceso es de 0,25 onzas. Se quieren determinar los límites de control superior e inferior del proceso.

En la Tabla S6.1, para un tamaño muestral de 5, en la columna de factor de la media A_2 , encontramos el número 0,577. Por lo tanto, los límites superior e inferior del gráfico de control son:

$$\begin{aligned} UCL_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \\ &= 16,01 + (0,577)(0,25) \\ &= 16,01 + 0,144 \\ &= 16,154 \text{ onzas} \\ LCL_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \\ &= 16,01 - 0,144 \\ &= 15,866 \text{ onzas} \end{aligned}$$

Fijación de límites del gráfico de rangos (gráfico R)

En los Ejemplos S1 y S2 hemos determinado los límites superior e inferior para la media del proceso. Además de ocuparse de la media del proceso, los directores de operaciones están interesados también en la dispersión o variabilidad del proceso. Aun cuando la media del proceso está bajo control, la variabilidad puede no estarlo. Por ejemplo, por el propio funcionamiento de un equipo se afloja una pieza de éste que llena las cajas de copos de avena. Como resultado, la media de las muestras puede continuar siendo la misma, pero la variación entre ellas puede ser muy elevada. Por esta razón, los directores de operaciones utilizan los gráficos de rangos para controlar la variabilidad del proceso, así como los gráficos de medias para seguir los valores medios del proceso. La teoría en apoyo de los gráficos de rangos es la misma que la de los gráficos de medias. Se fijan límites para que contengan ± 3 desviaciones estándar de la distribución del rango medio \bar{R} . Podemos utilizar las siguientes ecuaciones para fijar los límites superior e inferior:

$$UCL_R = D_4 \bar{R} \quad (\text{S6.7})$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R} \quad (\text{S6.8})$$

donde UCL_R = límite de control superior para el intervalo
 LCL_R = límite de control inferior para el intervalo
 D_4 y D_3 = valores de la Tabla S6.1

El Ejemplo S3 muestra cómo fijar los límites de control utilizando la Tabla S6.1 y el rango medio.

Es importante darse cuenta de que cuando se determinan los valores de UCL_R y LCL_R utilizamos el rango medio, \bar{R} . Pero cuando dibujamos los puntos para crear el gráfico R , utilizamos los valores del rango *particular* de cada muestra.

Fijación de límites del rango utilizando los valores de la tabla

El rango medio de un proceso de carga de camiones es de 5,3 libras. Si el tamaño de la muestra es 5, determinense los límites de control superior e inferior del gráfico.

Si observamos la Tabla S6.1 para un tamaño de muestra de 5, comprobamos que $D_4 = 2,115$, y $D_3 = 0$. Los límites de control de rango son:

$$UCL_R = D_4 \bar{R} = (2,115)(5,3 \text{ libras}) = 11,2 \text{ libras}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R} = (0)(5,3 \text{ libras}) = 0$$

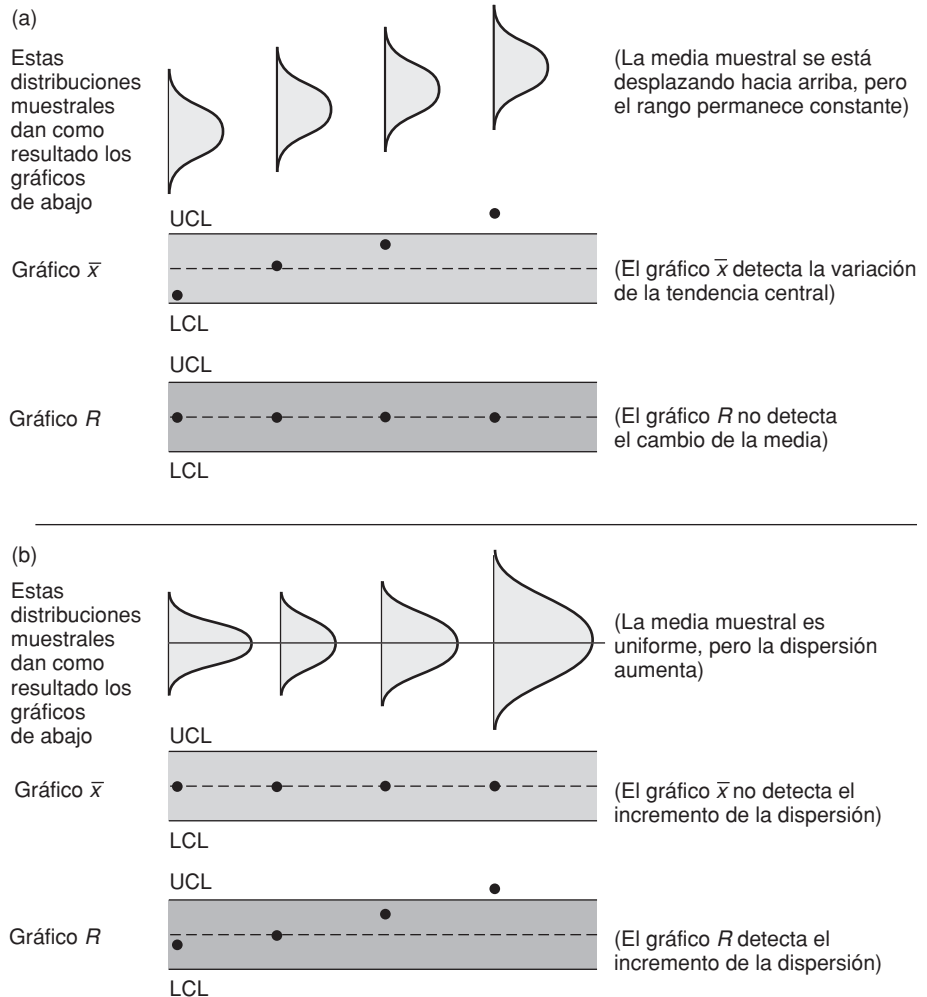
EJEMPLO S3

Utilización de los gráficos de medias y los gráficos de rango

Podemos definir la distribución normal con dos parámetros: la *media* y la *desviación estándar*. Los gráficos \bar{x} (media) y R siguen esos dos parámetros. El gráfico \bar{x} responde a las variaciones de la media del proceso, mientras que el gráfico R refleja las variaciones de la desviación estándar del proceso. Por consiguiente, utilizando ambos gráficos podemos seguir los cambios que se produzcan en la distribución del proceso.

Por ejemplo, las muestras y el gráfico \bar{x} resultante de la Figura S6.5(a) muestran el cambio de la media del proceso, pero como la dispersión es constante, no se detecta cambio alguno en el gráfico R . A la inversa, las muestras y el gráfico \bar{x} de la Figura S6.5(b) no detectan cambio alguno (por la inexistencia de ellos), pero el gráfico R sí señala el cambio en la dispersión. Ambos gráficos son necesarios para seguir el proceso con exactitud.

FIGURA S6.5 ■
Los gráficos de media y de rango se complementan mutuamente al mostrar la media y la dispersión de la distribución normal



Los dos parámetros son:
 Media → medida de la tendencia central.
 Rango → medida de la dispersión.

Pasos que se deben seguir cuando se utilizan gráficos de control Hay cinco pasos que se suelen seguir al utilizar los gráficos \bar{x} y R :



Vídeo S6.1

CEP en Harley-Davidson

1. Tomar de 20 a 25 muestras de $n = 4$ o $n = 5$, cada una de un proceso estable, y calcular la media y el rango de todas.
2. Calcular las medias globales ($\bar{\bar{x}}$ y $\bar{\bar{R}}$), fijar límites de control adecuados, generalmente del orden del 99,73%, y calcular los límites de control superior e inferior preliminares. Si el proceso no es estable en la actualidad, hay que utilizar la media deseada, μ , en vez de $\bar{\bar{x}}$ para calcular los límites.
3. Representar las medias muestrales y los rangos en sus respectivos gráficos de control, y determinar si caen fuera de los límites aceptables.
4. Investigar los puntos o trazados que indican que el proceso está fuera de control. Tratar de asignar las causas de la variación y, luego, reiniciar el proceso.
5. Recoger muestras adicionales y, en caso necesario, revalidar los límites de control utilizando los nuevos datos.

En este suplemento aparecen aplicaciones de gráficos de control, así como en el recuadro de *Dirección de producción en acción*, “El color del dinero es verde para DuPont y el medio ambiente”.

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

EL COLOR DEL DINERO ES VERDE PARA DUPONT Y EL MEDIO AMBIENTE

DuPont ha observado que el control estadístico de procesos (CEP) es un excelente método para resolver los problemas medioambientales. Para reducir drásticamente (en un 35%) los desechos de fabricación y los residuos peligrosos, DuPont recopiló información de sus sistemas de control de calidad y de sus bases de datos sobre la gestión de material.

Los diagramas de causa-efecto y los gráficos de Pareto indicaron dónde se encontraban los problemas importantes. A continuación la empresa empezó a reducir los materiales de desecho al perfeccionar sus estándares de CEP para la fabricación. Al poner en relación los sistemas de control de su fábrica, basados en métodos informativos, con las normas sobre la calidad del aire, DuPont consiguió reducir las emisiones existentes. Utilizando conjuntamente un sistema de evaluación de proveedores y los requisitos

de compra JAT, la empresa estableció controles sobre los materiales peligrosos que entraban.

En la actualidad DuPont consigue aprovechar alrededor de 7 millones de kilos de plástico al año, reciclándolos para fabricar nuevos productos en lugar de acumularlos en los vertederos. Gracias a su método electrónico de compra ha logrado reducir a su mínima expresión la cantidad de desechos de papel, y la introducción de nuevos diseños de empaquetado ha disminuido en casi un 40% la cantidad de materiales residuales generados durante el procesamiento de sus productos.

Al conjugar el CEP con las medidas ecológicas, DuPont ha conseguido mejoras notables en su calidad, muy superiores a las pautas reglamentarias. Las innovaciones introducidas por DuPont en la resolución de los problemas medioambientales han producido, al mismo tiempo, notables ahorros en los costes.

Fuentes: P. E. Bornes, *Business and Economic Review* (enero-marzo 1998), 21-24; *Environmental Quality Management* (verano de 1998), 97-110; y *Purchasing* (6 de noviembre de 1997), 114.

Gráficos de control para los atributos

Los gráficos de control de \bar{x} y R no son aplicables cuando estamos tomando muestras de *atributos*, que suelen clasificarse como *defectuosos* y *no defectuosos*. La medición de los defectuosos implica contarlos (por ejemplo, el número de bombillas que no funcionan en un lote determinado, o el número de letras o de datos mecanografiados equivocadamente), mientras que las variables suelen medirse en función de su longitud o de su peso. Dos son los tipos de gráficos del control de atributos: (1) los que miden el *porcentaje* de defectos en una muestra (denominados gráficos p), y (2) los que cuentan el *número* de defectos (llamados gráficos c).

Gráficos p El recurso a los **gráficos p** es la mejor manera de controlar los atributos. Aunque los atributos, sean buenos o malos, siguen la distribución binomial, se puede utilizar la distribución normal para calcular los límites del gráfico p cuando los tamaños de la muestra son grandes. El procedimiento se asemeja al del gráfico \bar{x} , que también se basa en el teorema central del límite.

Las fórmulas de los límites de control superior e inferior del gráfico p son las siguientes:

$$UCL_p = \bar{p} + z\sigma_{\bar{p}} \quad (\text{S6.9})$$

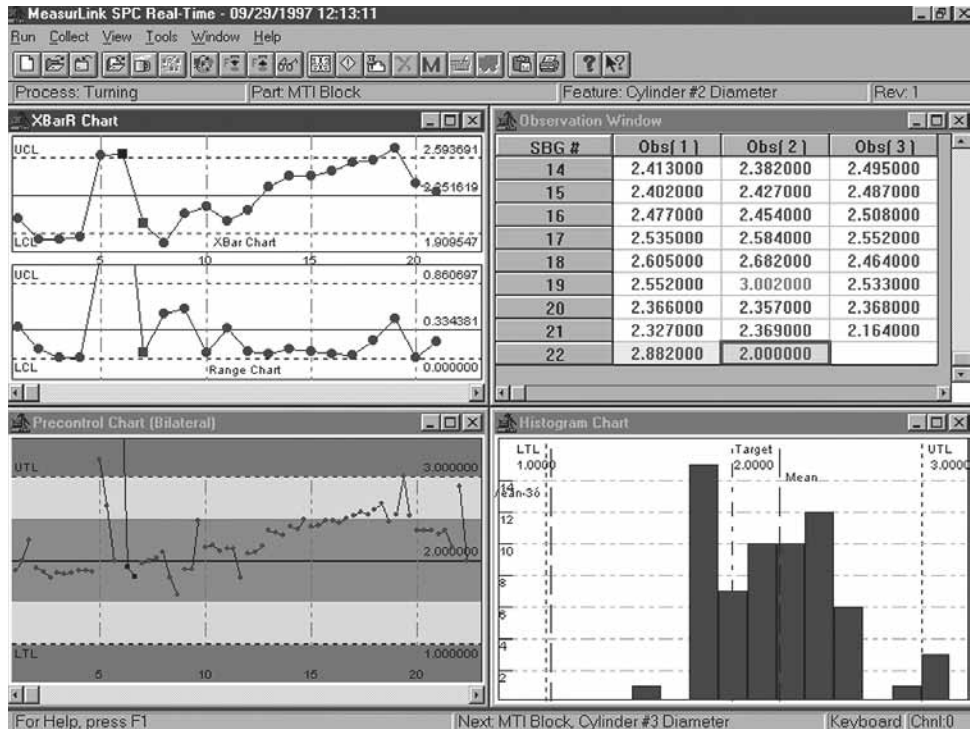
$$LCL_p = \bar{p} - z\sigma_{\bar{p}} \quad (\text{S6.10})$$

Gráficos p

Gráficos de control de calidad que se utilizan para controlar los atributos.

La empresa Mitutoyo Corporation usa gráficos de variables con un software CEP directamente conectado a los dispositivos de medición

Aunque los gráficos CEO pueden hacerse con programas informáticos, éste está preparado a mano. Este gráfico se actualiza cada hora y refleja una semana de turnos de trabajo



donde \bar{p} = fracción media atributos defectuosos en la muestra
 z = número de desviaciones estándar ($z = 2$ para límites del 95,5%;
 $z = 3$ para límites del 99,73%)
 $\sigma_{\hat{p}}$ = desviación estándar de la distribución de la muestra

$\sigma_{\hat{p}}$ se calcula por la fórmula:

$$\sigma_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (\text{S6.11})$$

donde n = tamaño de cada muestra.

El Ejemplo S4 muestra cómo se deben fijar los límites de control de esas desviaciones estándar en los gráficos p .

EJEMPLO S4

Definición de los límites de control para el porcentaje de defectuosos

Los grabadores de datos de ARCO introducen a diario miles de registros de pólizas de seguros. La tabla reproducida a continuación nos ofrece muestras del trabajo realizado por 20 grabadores. Se sometieron a una minuciosa revisión cien de los registros realizados por cada grabador, y se contaron los errores descubiertos. Acto seguido, se calculó el porcentaje de defectos en cada una de las muestras.

Se definen los límites de control con objeto de incluir el 99,73% de la variación aleatoria en el proceso de grabación cuando está bajo control.

Número de muestra	Número de errores	Fración de defectos	Número de muestra	Número de errores	Fración de defectos
1	6	0,06	11	6	0,06
2	5	0,05	12	1	0,01
3	0	0,00	13	8	0,08
4	1	0,01	14	7	0,07
5	4	0,04	15	5	0,05
6	2	0,02	16	4	0,04
7	5	0,05	17	11	0,11
8	3	0,03	18	3	0,03
9	3	0,03	19	0	0,00
10	2	0,02	20	4	0,04
				<u>80</u>	

$$\bar{p} = \frac{\text{Número total de errores}}{\text{Número total de registros analizados}} = \frac{80}{(100)(20)} = 0,04$$

$$\sigma_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{(0,04)(1 - 0,04)}{100}} = 0,02$$

(Nota: 100 es el tamaño de cada muestra = n)

$$UCL_p = \bar{p} + z\sigma_{\hat{p}} = 0,04 + 3(0,02) = 0,10$$

$$LCL_p = \bar{p} - z\sigma_{\hat{p}} = 0,04 - 3(0,02) = 0$$

(puesto que no podemos tener un porcentaje negativo de defectos)

Quando proyectamos los límites de control y el porcentaje de defectuosos vemos que sólo un administrativo (el 17) está fuera de control. La empresa debería examinar más de cerca el trabajo individual de este administrativo para ver si existe un problema más serio (véase la Figura S6.6).

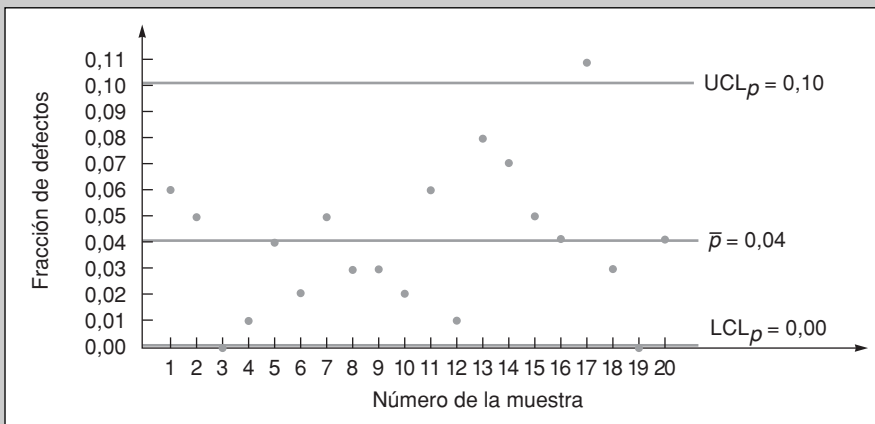


FIGURA S6.6 ■ Gráfico p para la introducción de datos del Ejemplo S4



Active Model S6.1

El Ejemplo S4 se ilustra con más detalle en el ejercicio Active Model S6.1 del CD-ROM y en uno de los ejercicios al final del capítulo.

El recuadro sobre *Dirección de producción en acción*, “El costoso experimento de Unisys Corp. en sanidad”, ofrece una aplicación real del Ejemplo S4.

Gráficos *c*

Se trata de unos gráficos de control de calidad utilizados para controlar el número de defectos por unidad de output.

Gráficos *c* En el Ejemplo S4 se ha contado el número de registros defectuosos introducidos. Un registro defectuoso era aquel que no estaba “completamente” bien porque contenía, al menos, un defecto. Evidentemente, un registro mal introducido puede contener más de un defecto. Utilizamos los **gráficos *c*** para controlar el número de defectos por unidad de output (por registro de póliza de seguros, en el ejemplo anterior).

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

EL COSTOSO EXPERIMENTO DE UNISYS CORP. EN LOS SERVICIOS DE ATENCIÓN SANITARIA

Las cosas se presentaban de color de rosa cuando Unisys Corp se expandió al negocio computerizado de prestación de servicios sanitarios. Acababa de arrebatar a Blue Cross/Blue Shield de Florida la firma de un contrato por 86 millones de dólares para hacerse cargo de los servicios relacionados con los seguros médicos de los empleados de ese Estado. Su misión consistía en ocuparse de las reclamaciones de 215.000 empleados de Florida, lo que, al parecer, constituía un área de crecimiento sencilla y lucrativa para una empresa de informática a la antigua como Unisys.

Pero, un año más tarde, no sólo se había roto el contrato, sino que Unisys fue penalizada con una multa de más de 500.000 dólares por no haberse ajustado a las normas de calidad establecidas. Señalamos, a continuación, dos de las medidas de calidad, ambas atributos (es decir, “defectuosos” o “no defectuosos”), en los que la empresa estaba fuera de control.

1. **Porcentaje de reclamaciones procesadas con errores.** Según una auditoría efectuada a lo lar-

go de tres meses por Coopers & Lybrand, Unisys cometió errores en un 8,5% de las reclamaciones procesadas. La norma tolerada por la industria es de un 3,5% de “defectos”.

2. **Porcentaje de reclamaciones procesadas en el plazo de 30 días.** En la medición de este atributo, un “defecto” consiste en un tiempo de procesamiento más largo que el tiempo asignado en el contrato. En la muestra de un mes, el 13% de las reclamaciones rebasaron el límite de 30 días, muy por encima del 5% permitido por el Estado de Florida.

El contrato de Florida se convirtió en un auténtico quebradero de cabeza para Unisys, que subestimó el volumen de reclamaciones sanitarias tramitadas en función de la actividad laboral. James Unruh, el director general, decidió cerrar el grifo de las futuras ambiciones en el ámbito de la asistencia sanitaria. Mientras tanto, Ron Poppel, del Estado de Florida, comentó: “Realmente necesitamos a alguien que esté en el mundo de los seguros”.

Fuentes: *Knight Ridder Tribune Business News* (7 de febrero de 2002); *Business Week* (16 de junio de 1997), 6.

Los gráficos de control de defectos son de gran ayuda para vigilar procesos en los que se puede incurrir en una gran cantidad de errores, aunque su número sea, en realidad, relativamente pequeño. Los defectos pueden ser, por ejemplo, errores en las palabras de un periódico, circuitos dañados en un microchip, manchas en una mesa, u olvido del pepinillo en una hamburguesa de un restaurante de comida rápida.

La distribución de probabilidad de Poisson³, cuya varianza es igual a su media, constituye la base de los gráficos *c*. Dado que *c* es el número medio de defectos por unidad, la fórmula de la desviación estándar es igual a \sqrt{c} . Para calcular los límites de control de \bar{c} con un 99,73% de fiabilidad, utilizamos la fórmula

³ Una distribución de probabilidad de Poisson es una distribución discreta utilizada cuando los elementos de interés (en este caso, defectos) no son frecuentes y/o se producen en el tiempo y en el espacio.

$$\text{Límites de control} = \bar{c} \pm 3 \sqrt{\bar{c}} \quad (\text{S6.12})$$

El Ejemplo S5 nos indica cómo fijar los límites de control para un gráfico \bar{c} .

Fijación de los límites de control para el número de defectuosos

Red Top Cab Company es una empresa de taxis que recibe bastantes quejas diarias sobre el comportamiento de sus conductores. En un periodo de nueve días (los días son unidades de medida) el propietario ha recibido el siguiente número de llamadas de pasajeros irritados: 3, 0, 8, 9, 6, 7, 4, 9 y 8, para un total de 54 quejas.

Para calcular los límites con una fiabilidad del 99,73% tomamos

$$\bar{c} = \frac{54}{9} = 6 \text{ quejas por día}$$

Por tanto,

$$\text{UCL}_c = \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}} = 6 + 3 \sqrt{6} = 6 + 3(2,45) = 13,35$$

$$\text{LCL}_c = \bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}} = 6 - 3 \sqrt{6} = 6 - 3(2,45) = 0 \leftarrow \text{(ya que no puede ser negativo)}$$

Cuando el propietario dibujó estos datos en un gráfico de control y colgó el gráfico de forma ostensible en el vestuario de los conductores, el número de llamadas recibidas disminuyó a un promedio de tres por día. ¿Puede explicar qué ocurrió?

EJEMPLO S5



Archivo de datos
Excel OM
Ch06SExS5.
xla

Cuestiones directivas y gráficos de control

Si el mundo fuera un sitio ideal, no habría necesidad de gráficos de control. La calidad sería uniforme y tan grande que los empleados no necesitarían perder ni tiempo ni dinero con el muestreo y el control de variables o atributos. Pero, como la mayoría de los procesos no ha alcanzado la perfección, los directores deben tomar tres decisiones trascendentales relativas a los gráficos de control.

En primer lugar, deben seleccionar los puntos de sus procesos que necesitan un CEP. Deben preguntarse qué partes del trabajo son fundamentales para tener éxito, o qué sectores del trabajo tienden a quedar fuera de control.

En segundo lugar, los directores necesitan decidir si los gráficos de variables (o sea, \bar{X} y R) o los gráficos de atributos (p y c) son los adecuados. Los gráficos de variables controlan los pesos o las dimensiones. Los gráficos de atributos realizan una valoración basada en la disyuntiva “sí/no” o “seguir/parar”, y suelen ser menos costosos. La Tabla S6.2 puede ayudarle a comprender cuándo puede utilizar cada uno de estos tipos de gráficos de control.

En tercer lugar, la empresa debe definir unas políticas de CEP claras y específicas para que los empleados las cumplan. Por ejemplo, ¿hay que detener el proceso de grabación de datos si aparece una tendencia en el porcentaje de registros defectuosos grabados?; o ¿debería pararse una cadena de montaje si la longitud media de cinco muestras sucesivas se encuentra por encima de la línea central? La Figura S6.7 ilustra algunos de los modelos que hay que vigilar a lo largo del tiempo que dura un proceso.

Disponemos de una herramienta denominada **prueba de serie**, que nos ayuda a identificar el tipo de anomalías en un proceso que se observa en la Figura S6.7. En general, una serie de 5 puntos por encima o por debajo del objetivo o de la línea central signifi-

Prueba de serie

Forma de examinar los puntos en un gráfico de control para comprobar si hay alguna variación no aleatoria.

TABLA S6.2 ■
Ayuda para decidir
qué tipo de gráfico
de control hay que
utilizar

Datos de variables

UTILIZACIÓN DE UN GRÁFICO \bar{x} Y UN GRÁFICO R

1. Las observaciones son *variables*, que suelen ser productos medidos en función de su tamaño o peso. Los ejemplos son la anchura o longitud de un cable que se está fabricando o el peso de una lata de sopa Campbell.
2. Se recopilan entre 20 y 25 muestras de $n = 4$, $n = 5$ o más, cada una de un proceso estable, y se calcula la media para un gráfico \bar{x} y el rango para un gráfico R .
3. Se hace un seguimiento de muestras de n observaciones cada una, como en el Ejemplo S1.

Datos de atributos

UTILIZACIÓN DE UN GRÁFICO p

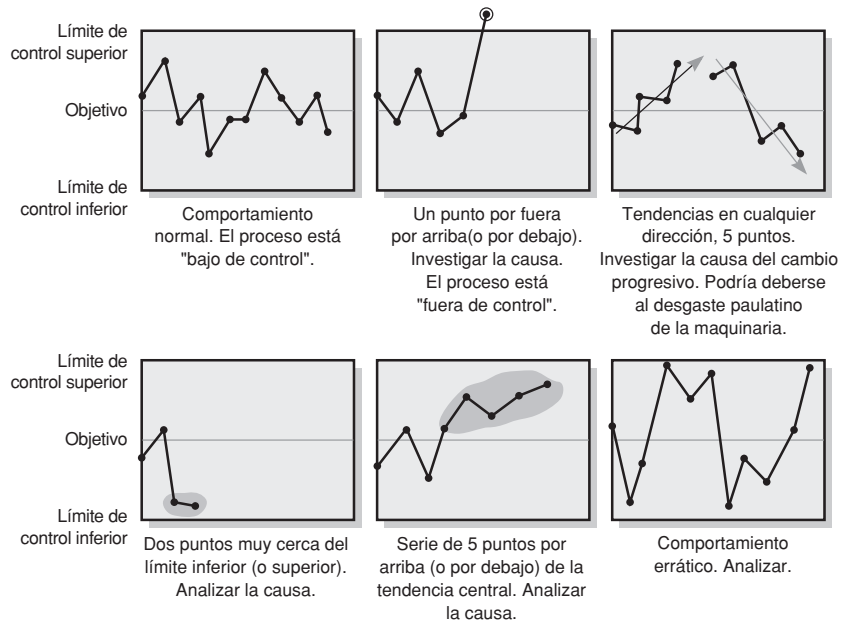
1. Las observaciones son *atributos* que se pueden clasificar como bueno o malo (o aprobado-suspense; funciona-estropeado), es decir, tienen dos estados.
2. Se utilizan defectos en porcentajes o proporciones o cocientes.
3. Hay varias muestras, con muchas observaciones cada una. Por ejemplo, 20 muestras de $n = 100$ observaciones en cada muestra, como en el Ejemplo S4.

UTILIZACIÓN DE UN GRÁFICO c

1. Las observaciones son *atributos* cuyos defectos por unidad de producto pueden contarse.
2. Se utiliza el número de unidades contadas, que es un número pequeño respecto a las posibles ocurrencias.
3. Los defectos pueden ser: número de fallos en una mesa; quejas en un día; crímenes en un año; asientos rotos en un estadio; erratas en este capítulo; o quejas como en el Ejemplo S5.

FIGURA S6.7 ■
Patrones que hay que
vigilar en los gráficos
de control

Fuente: Adaptado de Bertrand L. Hansen, *Quality Control: Theory and Applications* (1991), 65. Reproducido con autorización de Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.



fica que nos hallamos ante una variación imputable o no aleatoria. Cuando ocurre esto, si bien todos los puntos pueden caer dentro de los límites centrales, se enciende la señal de alarma. Esto quiere decir que el proceso no está estadísticamente bajo control. En libros que tratan sobre los métodos de calidad se describen distintas pruebas de serie⁴.

⁴ Véase Gerald Smith, *Statistical Process Control and Process Improvement*, 5.ª edición (Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2004).

CAPACIDAD DEL PROCESO

Un control estadístico de procesos implica que queremos mantener el proceso bajo control, y que la variación natural de dicho proceso debe ser lo suficientemente pequeña (estrecha) para traducirse en productos que cumplan con los estándares (la calidad) requeridos. Pero un proceso que está bajo control estadístico puede no generar bienes o servicios que satisfacen sus *especificaciones de diseño* (tolerancias). La capacidad de un proceso de satisfacer las especificaciones del diseño, definidas por el diseño de ingeniería o los requisitos del consumidor, se denomina **capacidad del proceso**. Incluso si ese proceso puede estar estadísticamente bajo control (estable), el resultado del proceso puede no ser conforme a las especificaciones.

Por ejemplo, pongamos por caso que el tiempo que un consumidor espera tener que esperar para que le cambien un neumático en Quik Lube es de 12 minutos con una tolerancia aceptable de más menos dos minutos. Esta tolerancia genera una especificación superior de 14 minutos y una especificación inferior de 10 minutos. El proceso de cambio de neumático debe ser capaz de operar dentro de estos límites; de lo contrario, no se satisfarán los requisitos de algunos consumidores. Como ejemplo en las manufacturas, las tolerancias de los rodamientos de Harley-Davidson son extremadamente reducidas, de sólo 0,0005 pulgadas.

Hay dos mediciones habituales para determinar cuantitativamente si un proceso es capaz: la ratio o cociente de capacidad del proceso (C_p) y el índice de capacidad del proceso (C_{pk}).

Ratio de capacidad del proceso (C_p)

Para que un proceso se considere capaz, sus valores deben estar entre la especificación superior y la inferior. Esto suele significar que la capacidad del proceso está en el intervalo de más menos 3 desviaciones estándar de la media del proceso. Puesto que este rango de valores es de 6 desviaciones estándar, la tolerancia de un proceso capaz, que es la diferencia entre la especificación superior y la inferior, debe ser mayor o igual que 6σ .

La ratio de capacidad del proceso, C_p , se calcula como

$$C_p = \frac{\text{Límite de especificación superior} - \text{Límite de especificación inferior}}{6\sigma} \quad (\text{S6.13})$$

El Ejemplo S6 muestra el cálculo del cociente C_p .

Ratio de capacidad del proceso (C_p)

En un proceso de gestión de reclamaciones de seguros de GE, $\bar{x} = 210$ minutos, y $\sigma = 0,516$ minutos.

La especificación del diseño para satisfacer las expectativas del consumidor es 210 ± 3 minutos. Así pues, el límite de especificación superior es 213 minutos y el inferior es 207 minutos.

$$C_p = \frac{\text{Límite de especificación superior} - \text{Límite de especificación inferior}}{6\sigma} = \frac{213 - 207}{6(0,516)} = 1,938$$

Capacidad del proceso

La capacidad de cumplir las especificaciones del diseño.

C_p
Un cociente (una ratio) para calcular si un proceso cumple las especificaciones del diseño.

EJEMPLO S6



Active Model
S6.2

El Ejemplo S6 se ilustra más en el ejercicio Active Model S6.2 del CD-ROM.

⁵ Véase *A Pocket Guide of Tools for Quality*, de GE, Methuen, MA (1994), 139-143.

Puesto que un cociente de 1,00 significa que el 99,73% de los resultados del proceso está dentro de los límites de especificación, este cociente sugiere que estamos ante un proceso muy capaz, con un incumplimiento inferior a 4 reclamaciones por millón.

Un proceso capaz tiene un cociente C_p de, al menos, 1,0. Si el C_p es inferior a 1,0, el proceso da lugar a productos o servicios fuera de su tolerancia permisible. Con un C_p de 1,0, se puede esperar que 2,7 elementos de cada 1.000 estén “fuera de las especificaciones”⁶. Cuanto mayor sea la ratio (o cociente) de la capacidad del proceso, mayor será la probabilidad de que el proceso se encuentre dentro de las especificaciones del diseño. Muchas empresas han elegido un cociente C_p de 1,33 como objetivo para reducir la variabilidad del proceso. Esto significa que se puede esperar que sólo haya 64 partes por millón fuera de las especificaciones.

Recuerde que en el Capítulo 6 hablamos del concepto de calidad *Seis Sigma*, promovido por GE y Motorola. Esta norma fija un C_p de 2,0, con sólo 3,4 elementos defectuosos por millón (muy próximo a cero defectos), en vez de 2,7 elementos por mil de los límites tres sigma.

Aunque C_p hace referencia a la diversidad (dispersión) del resultado del proceso respecto a su tolerancia, no se fija en lo bien que se centra la media del proceso en torno al valor objetivo.

Índice de capacidad del proceso (C_{pk})

El índice de capacidad del proceso, C_{pk} , mide la diferencia entre las dimensiones deseadas y las dimensiones reales de los bienes o servicios producidos.

La fórmula del C_{pk} es:

$$C_{pk} = \text{mínimo de} \left[\frac{\text{Límite de especificación superior} - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - \text{Límite de especificación inferior}}{3\sigma} \right] \quad (\text{S6.14})$$

donde \bar{X} = media del proceso

σ = desviación estándar de la población del proceso

Cuando el índice C_{pk} es igual a 1,0, la variación del proceso está centrada dentro de los límites superior e inferior de especificación, y el proceso es capaz de producir dentro de unas desviaciones estándar de ± 3 (menos de 2.700 unidades defectuosas por millón). Un C_{pk} de 2,0 significa que el proceso es capaz de producir menos de 3,4 unidades defectuosas por millón. La Figura S6.8 muestra el significado de varias medidas del C_{pk} , y el Ejemplo S7 muestra una aplicación del índice C_{pk} .

C_{pk}
Un cociente de variación natural (3σ) entre el centro del proceso y el límite de especificación más próximo.

EJEMPLO S1

Índice de la capacidad del proceso (C_{pk})

Es usted el director de mejoras del proceso, y ha desarrollado una nueva máquina para cortar plantillas destinadas a las mejores zapatillas de deporte fabricadas por la empresa, y está entusiasmado porque el objetivo de la empresa es no sobrepasar la cifra de 3,4 unidades defectuosas

⁶ Esto se debe a que un C_p de 1,00 tiene un 99,73% de los resultados dentro de las especificaciones. Así pues, $1,00 - 0,9973 = 0,0027$; con 1.000 elementos, hay $0,0027 \times 1.000 = 2,7$ defectuosos.

por millón, y la máquina de la que dispone ahora puede ser la innovación que necesita. Las planillas tienen un margen de $\pm 0,001$ de pulgada del grosor exigido de $0,250''$. Quiere saber si debería sustituir la máquina existente, que tiene un C_{pk} de $1,0$, por lo que decide calcular el C_{pk} de la nueva máquina y tomar una decisión a partir de este dato.

Límite superior de especificación = $0,251''$

Límite inferior de especificación = $0,249''$

Media del nuevo proceso = $\bar{X} = 0,250''$

Desviación estándar calculada del nuevo proceso = $\sigma = 0,0005''$

$$C_{pk} = \text{mínimo de} \left[\frac{\text{Límite de especificación superior} - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - \text{Límite de especificación inferior}}{3\sigma} \right]$$

$$C_{pk} = \text{mínimo de} \left[\frac{(0,251) - 0,250}{(3)0,0005}, \frac{0,250 - (0,249)}{(3)0,0005} \right]$$

Los dos cálculos dan: $\frac{0,001}{0,0015} = 0,67$

Como la nueva máquina tiene un C_{pk} de sólo $0,67$, *no* debería sustituir la máquina existente.

Si la media del proceso no está centrada en la media deseada (especificada), entonces se utiliza el numerador más pequeño en la Ecuación S6.14 (el mínimo de la diferencia entre el límite superior de especificación y la media o el límite inferior de especificación y la media). Esta aplicación de C_{pk} se ilustra en el Problema resuelto S6.4.

Cuando un proceso está centrado entre el límite de especificación superior y el límite de especificación inferior (como en el caso del Ejemplo S6), el cociente de capacidad del

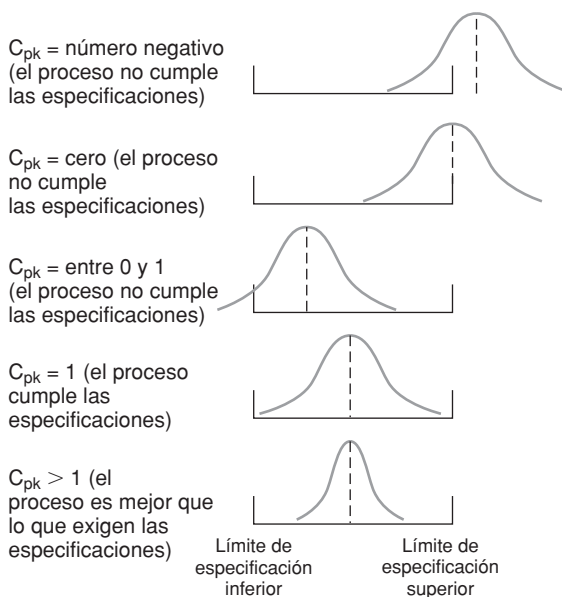


FIGURA S6.8 ■ Significados de las medidas C_{pk}

Un índice C_{pk} de $1,0$ indica que la variación del proceso está centrada dentro de los límites superior e inferior de control. Cuando el índice C_{pk} es mayor que 1 , el proceso se orienta más al objetivo, y tiene menos unidades defectuosas. Si el C_{pk} es inferior a $1,0$, el proceso no tendrá una producción dentro de la tolerancia especificada.

proceso será el mismo que el índice de capacidad del proceso. Sin embargo, el índice C_{pk} mide la capacidad *real* de un proceso, independientemente de que su media esté centrada, o no, entre los límites de especificación. Puesto que en el mundo real las distribuciones de los procesos suelen *no* estar centradas, la mayoría de las empresas utilizan el C_{pk} para expresar sus expectativas a los proveedores. Por ejemplo, Cummins Engine Company exigía inicialmente a los proveedores que utilizarasen un C_{pk} superior a 1,33, y después colaboró con los proveedores para aumentar esa capacidad hasta un C_{pk} superior a 1,67.

MUESTREO DE ACEPTACIÓN⁷

Muestreo de aceptación

Un método para medir muestras aleatorias de lotes de productos en función de unos estándares predeterminados.

El **muestreo de aceptación** es un tipo de prueba que implica tomar muestras aleatorias de lotes de productos acabados, medirlos y compararlos con estándares predeterminados. El muestreo es menos costoso que la inspección del cien por cien de la producción. La calidad de la muestra se utiliza para juzgar la de todos los elementos del lote. Aunque pueden inspeccionarse tanto atributos como variables con el muestreo de aceptación, en las empresas es más común la utilización de la inspección de atributos, como se ilustra en esta sección.

El muestreo de aceptación puede aplicarse cuando las materias primas llegan a la fábrica, o en la inspección final, pero normalmente se realiza en el control de lotes de productos comprados al exterior. Un lote rechazado por causa de un nivel inaceptable de defectos observados en la muestra puede (1) devolverse al proveedor o (2) inspeccionarse al cien por cien para encontrar todos los defectos, facturándose generalmente al proveedor el coste de la inspección total. No obstante, el muestreo de aceptación no debe sustituir los controles adecuados del proceso. De hecho, la tendencia actual es a establecer controles estadísticos de calidad al nivel del proveedor, de modo que se puede suprimir el muestreo de aceptación.

Curva de característica operativa

Curva de característica operativa

Un gráfico que describe en qué medida un plan de aceptación discrimina entre lotes buenos y malos.

La **curva de característica operativa (CO)** representa la capacidad de un plan de aceptación para discriminar entre lotes buenos y lotes malos. Cada curva está relacionada con un plan específico, es decir, con una combinación de n (tamaño de la muestra) y c (nivel de aceptación). Esta curva muestra la probabilidad de que el plan acepte lotes de diferentes niveles de calidad.

En el muestreo de aceptación suele haber dos partes implicadas: la que fabrica el producto y la que lo consume. Al especificar un plan de muestreo cada parte pretende evitar incurrir en errores costosos al aceptar o rechazar un lote. El productor es generalmente el responsable de reemplazar todas las unidades defectuosas en el lote rechazado o pagar el envío de un lote nuevo al cliente. Por consiguiente, el productor desea evitar el fallo que supone el rechazo de un lote bueno (**riesgo del productor**). Por otra parte, el cliente o consumidor desea prevenir la equivocación de aceptar un lote malo, porque los defectos encontrados en un lote que ya ha sido aceptado suelen ser responsabilidad del consumidor (**riesgo del consumidor**). La curva de característica operativa muestra las características de un plan de muestreo particular, incluyendo los riesgos de adoptar una decisión equivocada⁸.

Riesgo del productor

El error de que un buen lote del productor sea rechazado en un muestreo.

Riesgo del consumidor

El error de la llegada al consumidor de un lote malo pasado por alto en el muestreo.

⁷ Véase el Tutorial 2 del CD-ROM para un análisis ampliado del muestreo de aceptación.

⁸ Observe que el muestreo corre siempre el riesgo de llevar a conclusiones erróneas. Supongamos en este ejemplo que la población total sometida a control comprende un total de 1.000 chips, de los que en realidad sólo 30 (un 3%) son defectuosos. Esto significa que nosotros querríamos aceptar la remesa de chips, porque el índice de defectos permisible es del 4%. Sin embargo, si se extrajera una muestra aleatoria de $n = 50$ chips, podría ser que encontraríamos 0 defectos y aceptaríamos ese suministro (lo que estaría bien), o podríamos encontrar los 30 defectos en la muestra. Si ocurriera esto último, podríamos llegar a la conclusión errónea de que la población entera era defectuosa en un 60%, y de que habría que rechazarla por completo.

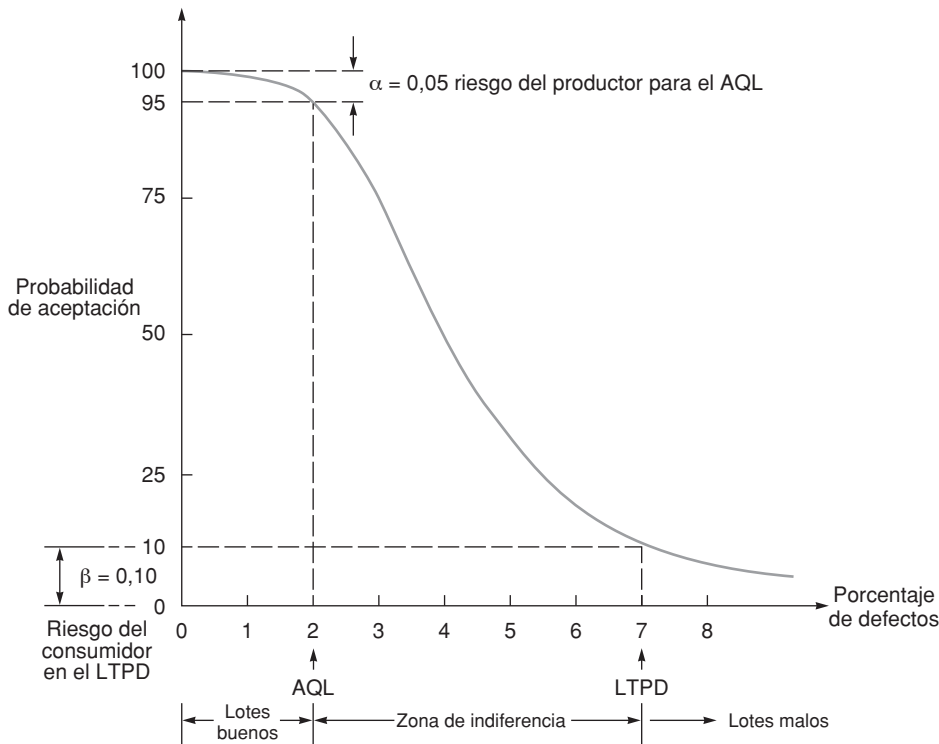


FIGURA S6.9 ■
Curva de
característica
operativa (CO) que
muestra los riesgos
del productor y
del consumidor

Un lote bueno en este plan de aceptación particular tiene un 2% o menos de unidades defectuosas. Un lote malo tiene un 7% o más de unidades defectuosas.

Se puede utilizar la Figura S6.9 para ilustrar con más detalle un plan de muestreo. En esta figura se representan cuatro conceptos.

El **nivel de calidad aceptable (AQL, acceptable quality level)** es el nivel de calidad más bajo que estamos dispuestos a aceptar. En otras palabras, deseamos aceptar lotes que tengan este nivel de calidad o uno mejor. Si un nivel aceptable de calidad equivale a 20 defectos en un lote de 1.000 elementos o piezas, entonces el AQL será 20/1.000, es decir, un 2% de piezas defectuosas.

El **porcentaje de tolerancia de defectuosos en un lote (LTPD, lot tolerance percent defective)** es el nivel de calidad de un lote que consideramos malo. Nosotros queremos rechazar lotes que están en este nivel de calidad o en uno inferior. Si se admite que un nivel inaceptable de calidad es un nivel de 70 piezas defectuosas en un lote de 1.000, quiere decirse que el LTPD es 70/1.000 = 7% defectuoso.

Para derivar un plan de muestreo, el productor y el consumidor deben definir no sólo los “lotes buenos” y los “lotes malos” a través del AQL y el LTPD, sino que deben especificar igualmente los niveles de riesgo.

El **riesgo del productor (α)** es la probabilidad de que se rechace un lote “bueno”. Es el riesgo de que una muestra aleatoria pueda dar una proporción mucho mayor de defectos que la existente para todos los elementos. Un lote con un nivel de calidad aceptable sigue teniendo una probabilidad de ser rechazado igual a α . Los planes de muestreo están con frecuencia concebidos para que el riesgo del productor sea $\alpha = 0,05$, o el 5%.

El **riesgo del consumidor (β)** es la probabilidad de que se acepte un lote “malo”. Es el riesgo de que en una muestra aleatoria se pueda dar una proporción de defectos inferior a

Nivel aceptable de calidad (AQL)

El nivel de calidad de un lote considerado bueno.

Porcentaje de tolerancia de defectuosos en un lote (LTPD, Lot Tolerance Percent Defective)

Nivel de calidad de un lote considerado malo.

Error tipo I

Estadísticamente hablando, la probabilidad de rechazar un lote bueno.

Error tipo II

Estadísticamente hablando, la probabilidad de aceptar un lote malo.

Calidad media de salida (AOQ)

Porcentaje defectuoso en un lote medio de productos inspeccionados mediante un muestreo de aceptación.

la existente en la población global de artículos. Un valor habitual en los planes de muestreo para el riesgo del consumidor es $\beta = 0,10$, o 10%.

La probabilidad de rechazar un buen lote recibe la denominación de **error del tipo I**. La probabilidad de aceptar un lote malo es un **error del tipo II**.

Los planes de muestreo y las curvas de característica operativa pueden elaborarse por computadora (como se observa en el software disponible con este texto), por tablas publicadas o mediante cálculos, utilizando distribuciones binomiales o de Poisson.

Calidad media de salida

En la mayoría de los planes de muestreo, cuando se rechaza un lote se inspecciona el lote entero y se sustituyen todos los elementos defectuosos. El uso de esta técnica de reemplazo mejora la calidad media de salida en cuanto al porcentaje de defectos. De hecho, dado (1) cualquier plan de muestreo que reemplace todos los elementos defectuosos encontrados, y (2) el verdadero porcentaje entrante de piezas defectuosas en el lote, resulta posible determinar la **calidad media de salida (AOQ, Average Outgoing Quality)** como porcentaje de elementos defectuosos. La ecuación de AOQ es

$$AOQ = \frac{(P_d)(P_a)(N - n)}{N} \quad (S6.15)$$

donde P_d = porcentaje real de unidades defectuosas del lote

P_a = probabilidad de aceptar el lote

N = número de elementos del lote

n = número de elementos de la muestra

El valor máximo de AOQ corresponde al porcentaje medio máximo de elementos defectuosos o a la menor calidad media del plan de muestreo. Se denomina *límite de la calidad media de salida (AOQL)*.

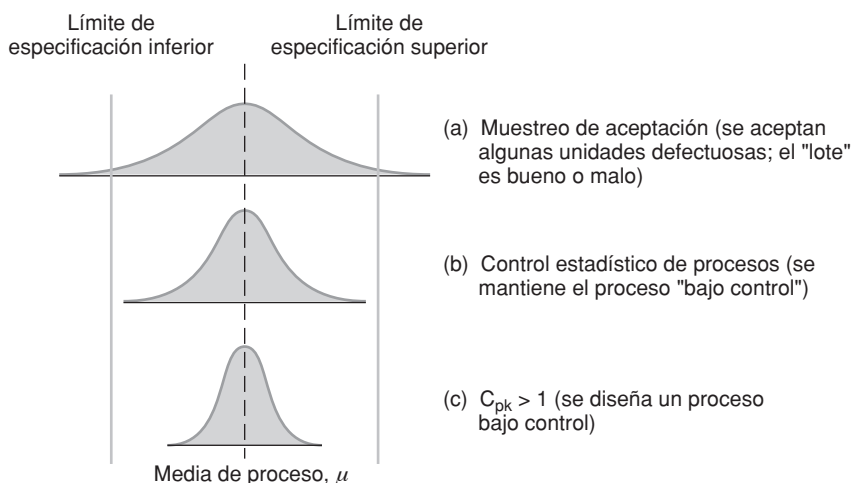


FIGURA S6.10 ■ La aplicación de las técnicas estadísticas del proceso contribuye a la identificación y a la reducción sistemática de la variabilidad del proceso

El muestreo de aceptación resulta útil para examinar los lotes entrantes. Cuando se sustituyen los elementos defectuosos por elementos buenos el muestreo de aceptación ayuda a mejorar la calidad de los lotes, al reducir el porcentaje saliente de elementos defectuosos.

En la Figura S6.10 se comparan el muestreo de aceptación, el CEP y el C_{pk} . Tal como se observa en la figura (a) el muestreo de aceptación acepta por definición algunas unidades malas, (b) los gráficos de control intentan mantener el proceso bajo control, pero (c) el índice C_{pk} hace hincapié en mejorar el proceso. En nuestra calidad de directores de operaciones, eso es lo que queremos hacer: mejorar el proceso.

El control estadístico de procesos constituye una herramienta estadística primordial para el control de la calidad. Los gráficos de control del CEP ayudan a los directores de operaciones a distinguir entre variaciones naturales y variaciones imputables. El gráfico \bar{x} y el gráfico R se utilizan en el muestreo de variables, y el gráfico p y el c en el muestreo de atributos. El índice C_{pk} es una forma de expresar la capacidad del proceso. Las curvas de característica operativa facilitan el muestreo de aceptación, y ofrecen al director herramientas para evaluar la calidad de un envío o de una serie de producción.

RESUMEN

Control estadístico de procesos (CEP)

Gráfico de control

Variaciones naturales

Variación imputables

Gráfico \bar{x}

Gráfico R

Teorema central del límite

Gráficos p

Gráficos c

Prueba de serie

Capacidad del proceso

C_p

C_{pk}

Muestreo de aceptación

Curva de característica operativa

Riesgo del productor

Riesgo del consumidor

Nivel de calidad aceptable (AQL)

Porcentaje de tolerancia de defectuosos en un lote (LTPD)

Error tipo I

Error tipo II

Calidad media de salida (AOQ)

TÉRMINOS
CLAVE

UTILIZACIÓN DE SOFTWARE PARA EL CEP

Se puede utilizar Excel, Excel OM y POM para Windows para elaborar gráficos de control para la mayoría de los problemas de este capítulo.



Creación de hojas de cálculo de Excel para calcular los límites de control para un gráfico c

Se utilizan con frecuencia las hojas de cálculo Excel, y de otro tipo, en la industria para mantener gráficos de control. El Programa S6.1 es un ejemplo de cómo se puede utilizar Excel para calcular los límites de control de un gráfico c . Los gráficos c se utilizan cuando se conoce el número de defectos por unidad de producto. Se utilizan los datos del Ejemplo S5. En este ejemplo se produjeron 54 quejas a lo largo de 9 días. Excel también incluye un proceso de realización de gráficos con el Asistente para hacer Gráficos.

PROGRAMA S6.1 ■
Una hoja de cálculo de Excel para crear un gráfico *c* para el Ejemplo S5

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Red Top Cab Company							
2								
3	Number of samples		9					
4								
5		Complaints		Results				
6	Day 1	3		Total Defects	54			
7	Day 2	0		Defect rate, λ	6			
8	Day 3	8		Standard deviation	2.45			
9	Day 4	9		z value	3			99.73%
10	Day 5	6						
11	Day 6	7		Upper Control Limit	13.348489			
12	Day 7	4		Center Line	6			
13	Day 8	9		Lower Control Limit	0			
14	Day 9	8						

Valor	Celda	Fórmula de Excel
Total defectos	E6	=SUM(B6:B14)
Tasa de defectos, λ	E7	=E6/B3
Desviación estándar	E8	=SQRT(E7)
Límite de control superior	E11	=E7+E9*E8
Línea central	E12	=E7
Límite de control inferior	E13	=IF(E7-E9*E8>0,E7-E9*E8,0)



Cómo utilizar Excel OM

El módulo de control de calidad de Excel OM permite desarrollar gráficos \bar{x} , *p* y *c*. El Programa S6.2 ilustra el método de la hoja de cálculo de Excel OM para calcular los límites de control \bar{x} de la empresa Oat Flakes del Ejemplo S1.

Oat Flakes No cambiar esta celda sin alterar el número de filas en la tabla de datos.

Quality Control *x bar chart*

Number of samples: 12
 Sample size: 9
 Population standard deviation: 1

Introduzca la desviación estándar de la población, y después los datos de cada muestra. Finalmente, puede cambiar el número de desviaciones estándar.

Introduzca el tamaño de cada una de las muestras horarias que ha tomado.

Introduzca la ponderación de la media para cada una de las 12 muestras.

Results

x-bar value: 16
 z value: 3
 Sigma x bar: 0.33333
 Upper control limit: 17
 Center line: 16
 Lower control limit: 15

= B22
 Introduzca el número deseado de desviaciones estándar.
 = B7/SQRT(B6)

Utilice el promedio global como línea central; sume y reste el número deseado de desviaciones estándar para crear los límites de control superiores e inferiores; p. ej.: LCL = F10 - F11 · F12.

Calcula \bar{x} barra (el promedio de peso global de todas las muestras) = PROMEDIO (B10:B21).

Hour 1: 16.1
 Hour 2: 16.8
 Hour 3: 15.5
 Hour 4: 16.5
 Hour 5: 16.5
 Hour 6: 16.4
 Hour 7: 15.2
 Hour 8: 16.4
 Hour 9: 16.3
 Hour 10: 14.8 Below LCL
 Hour 11: 14.2 Below LCL
 Hour 12: 17.3 Above UCL
 Average: 16

PROGRAMA S6.2 ■ Datos en Excel OM y algunas fórmulas para los cereales del Ejemplo S1



Utilización de POM para Windows

El módulo de control de calidad POM para Windows tiene la capacidad de calcular todos los gráficos de control de CEP que aparecen en este suplemento. También incluye los muestreos de aceptación y las curvas de características operativas. Véase el Apéndice IV en el volumen “Decisiones tácticas” para más detalles.



PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto S6.1

Un fabricante de piezas de máquinas de precisión produce vástagos redondos para su utilización en la construcción de prensas de perforación. El diámetro medio de un vástago es de 0,56 pulgadas. Las muestras de inspección contienen 6 vástagos cada una. El rango medio de esas muestras es de 0,006 pulgadas. Determinése el límite superior y el inferior del gráfico de control \bar{x} .

Solución

El factor medio A_2 de la Tabla S6.1 (donde el tamaño de la muestra es 6) es 0,483. Con este factor se pueden obtener los límites de control superior e inferior.

$$\begin{aligned}
 UCL_{\bar{x}} &= 0,56 + (0,483)(0,006) \\
 &= 0,56 + 0,0029 \\
 &= 0,5629'' \\
 LCL_{\bar{x}} &= 0,56 - 0,0029 \\
 &= 0,5571''
 \end{aligned}$$

Problema resuelto S6.2

Nocaf Drinks, Inc., es el productor de las botellas Nocaf de café descafeinado. Cada botella debería tener un peso neto de 4 onzas. La máquina que llena las botellas con café es nueva, y el director de operaciones quiere asegurarse de que está correctamente ajustada. Bonnie Crutcher, la directora de operaciones, toma una muestra de $n = 8$ botellas, y apunta la media y el rango de cada muestra en onzas. La tabla siguiente nos ofrece los datos de varias muestras. Observe que cada muestra tiene 8 botellas.

Solución

Vemos, en primer lugar, que $\bar{\bar{x}} = 4,03$ y $\bar{R} = 0,51$. Luego, utilizando la Tabla S6.1, vemos que:

$$\begin{aligned}
 UCL_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} = 4,03 + (0,373)(0,51) = 4,22 \\
 LCL_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} = 4,03 - (0,373)(0,51) = 3,84 \\
 UCL_R &= D_4\bar{R} = (1,864)(0,51) = 0,95 \\
 LCL_R &= D_3\bar{R} = (0,136)(0,51) = 0,07
 \end{aligned}$$

Parece que el rango y la media del proceso están bajo control.

Muestra	Rango de muestra	Promedio de la muestra	Muestra	Rango de muestra	Promedio de la muestra
A	0,41	4,00	E	0,56	4,17
B	0,55	4,16	F	0,62	3,93
C	0,44	3,99	G	0,54	3,98
D	0,48	4,00	H	0,44	4,01

¿Está la máquina bien ajustada y bajo control?

Problema resuelto S6.3

Altman Distributors, Inc. despacha pedidos por catálogo. Entre los últimos 100 pedidos enviados, el porcentaje de errores fue de 0,05. Determinéense los límites superior e inferior de este proceso para un margen de confianza del 99,73%.

Solución

$$\begin{aligned} UCL_p &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,05 + 3\sqrt{\frac{(0,05)(1-0,05)}{100}} \\ &= 0,05 + 3(0,0218) = 0,1154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCL_p &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,05 - 3(0,0218) \\ &= 0,05 - 0,0654 = 0 \text{ (porque el porcentaje de unidades defectuosas no puede ser negativo)} \end{aligned}$$

Problema resuelto S6.4

Ettlie Engineering tiene un nuevo sistema de inyección por catalizador para su línea de producción de encimeras. Su departamento de ingeniería de procesos ha llevado a cabo experimentos, y ha determinado que la media es de 8,01 gramos, con una desviación estándar de 0,03. Sus especificaciones son:

$$\mu = 8,0 \text{ y } \sigma = 0,04, \text{ lo que significa un límite superior de especificación de } 8,12 [= 8,0 + 3(0,04)]$$

$$\text{y un límite inferior de especificación de } 7,88 [= 8,0 - 3(0,04)].$$

¿Cuál es el rendimiento C_{pk} del sistema de inyección? Utilizando la fórmula:

$$C_{pk} = \text{mínimo de } \left[\frac{\text{Límite superior de especificación} - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - \text{Límite inferior de especificación}}{3\sigma} \right]$$

donde \bar{X} = media del proceso

σ = desviación estándar de la población del proceso

$$\begin{aligned} C_{pk} &= \text{mínimo de } \left[\frac{8,12 - 8,01}{(3)(0,03)}, \frac{8,01 - 7,88}{(3)(0,03)} \right] \\ &= \left[\frac{0,11}{0,09} = 1,22, \frac{0,13}{0,09} = 1,44 \right] \end{aligned}$$

El mínimo es 1,22, de manera que el C_{pk} de 1,22 se encuentra dentro de las especificaciones, y posee un índice de error implícito de menos de 2.700 unidades defectuosas por millón.

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestra página web o utilice el CD-ROM del estudiante para obtener ayuda sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa
- Problemas para resolver con Internet
- Casos en Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en PowerPoint
- Problemas prácticos
- Videoclips
- Ejercicios Active Model
- Software Excel OM
- Archivos de datos para Excel OM
- POM para Windows



CUESTIONES PARA EL DEBATE

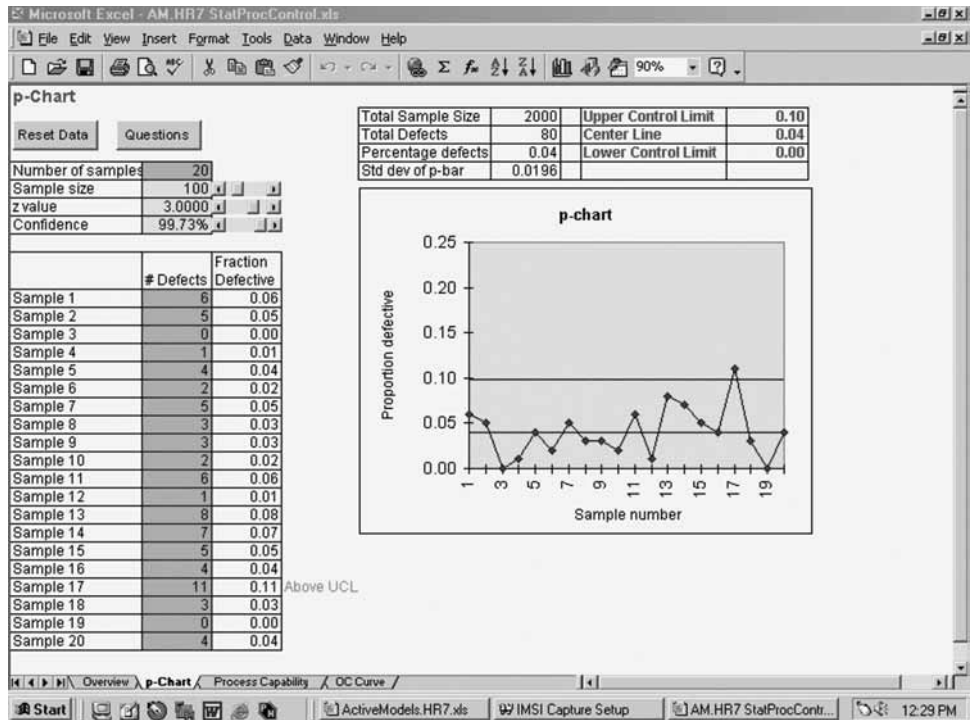
1. Defina los dos tipos de variación de Shewhart. ¿Qué otro nombre reciben?
2. Defina “bajo control estadístico”.
3. Explique brevemente para qué sirven los gráficos \bar{x} y R .
4. ¿Qué puede hacer que un proceso esté fuera de control?
5. Defina cinco pasos utilizados en el desarrollo y utilización de los gráficos \bar{x} y R .
6. Dé una lista de causas posibles de variaciones imputables.
7. Explique cómo puede encontrar más fácilmente muestras “fuera de los límites” una persona que utilice gráficos de control 2 sigma en vez de 3 sigma. ¿Cuáles son algunas posibles consecuencias?
8. ¿Cuándo se utiliza la media deseada, μ , para determinar la línea central de un gráfico de control en vez de $\bar{\bar{x}}$?
9. ¿Se puede decir que un proceso está “fuera de control” porque es demasiado bueno? Explique su respuesta.
10. En un gráfico de control, ¿cuál sería el efecto sobre los límites de control si se varía el tamaño de la muestra de una muestra a la siguiente?
11. Defina C_{pk} y explique qué significa un C_{pk} de 1,0. ¿Qué es un cociente C_p ?
12. ¿Qué implica una serie de 5 puntos por encima o por debajo de una línea central en un gráfico de control?
13. ¿Cuál es el nivel de calidad aceptable (AQL) y el porcentaje de tolerancia de defectuosos en un lote (LTPD)? ¿Cómo se utilizan?
14. ¿Qué es una prueba de serie y cuándo se utiliza?
15. Analice las cuestiones directivas relativas a la utilización de los gráficos de control.
16. ¿Qué es una curva CO?
17. ¿Para qué sirve el muestreo de aceptación?
18. ¿Qué dos riesgos existen cuando se utiliza el muestreo de aceptación?
19. ¿Es un proceso capaz un proceso perfecto? Es decir, ¿genera un proceso capaz sólo productos que satisfacen las especificaciones? Explique su respuesta.



EJERCICIO ACTIVE MODEL

Este ejercicio Active Model está en su CD. Le permite evaluar importantes elementos de los gráficos c .

ACTIVE MODEL S6.1 ■ Gráfico p para Arco Insurance Co., del Ejemplo S4



Preguntas

1. ¿Ha estado el proceso bajo control?
2. Suponga que utilizamos un gráfico p al 95 por ciento. ¿Cuáles son los límites de control superior e inferior? ¿Está menos bajo control el proceso?
3. Suponga que el tamaño de la muestra utilizada fue realmente de 120 en vez de 100 como se suponía. ¿Cómo afectaría este cambio al gráfico?
4. ¿Qué pasa con el gráfico cuando reducimos el valor z ?
5. ¿Qué pasa con el gráfico cuando reducimos el porcentaje?



PROBLEMAS*

- P_x S6.1. Se fabrican cajas de Copos orgánicos que contienen 14 onzas, con una desviación estándar de 0,1 onzas. Dibuje un gráfico \bar{x} 3 sigma para una muestra de 36 cajas.
- P_x S6.2. La media global en un proceso que estamos intentando supervisar es de 50 unidades. La desviación estándar del proceso es 1,72. Calcule los límites de control superior e inferior para un gráfico de medias, si decide utilizar un tamaño de muestra de 5. Fije $z = 3$.

* Nota: P significa que se puede resolver el problema con el programa POM para Windows; x significa que se puede resolver el problema con Excel OM, y P_x significa que se puede resolver el problema con POM para Windows y/o Excel OM.

- **P** **S6.3.** Se han tomado 35 muestras de un tamaño 7 de una máquina de rellenado de bolsas de fertilizantes. Los resultados fueron: media total = 57,75 libras; rango medio = 1,78 libras.
 - a) Calcule los límites de control superior e inferior del gráfico \bar{x} con $\sigma = 3$.
 - b) Calcule los límites de control superior e inferior del gráfico R con $\sigma = 3$.
- **P** **S6.4.** Food Storage Technologies produce unidades frigoríficas para los productores de alimentos y los establecimientos de venta de comida al por menor. La temperatura media global que mantienen esas unidades es de 46° Fahrenheit. El rango medio es de 2° Fahrenheit. Se toman muestras de 6 para supervisar el proceso de producción. Calcule los límites de control superior e inferior, tanto del gráfico de medias como del gráfico de rangos, en esas unidades frigoríficas.
- **P** **S6.5.** Cordelia Barrera está intentando supervisar un proceso de rellenado que tiene una media total de 705 cc. El rango medio es de 6 cc. Si utiliza un tamaño muestral de 10, ¿cuáles son los límites de control superior e inferior de la media y el rango?
- **P** **S6.6.** El muestreo de 4 piezas de alambre cortado a precisión (para su utilización en el montaje de computadoras) cada hora, durante las últimas veinticuatro, se ha traducido en los siguientes resultados:

Hora	\bar{x}	R	Hora	\bar{x}	R
1	3,25''	0,71''	13	3,11''	0,85''
2	3,10	1,18	14	2,83	1,31
3	3,22	1,43	15	3,12	1,06
4	3,39	1,26	16	2,84	0,50
5	3,07	1,17	17	2,86	1,43
6	2,86	0,32	18	2,74	1,29
7	3,05	0,53	19	3,41	1,61
8	2,65	1,13	20	2,89	1,09
9	3,02	0,71	21	2,65	1,08
10	2,85	1,33	22	3,28	0,46
11	2,83	1,17	23	2,94	1,58
12	2,97	0,40	24	2,64	0,97

Elabore los gráficos de control adecuados y determine si hay alguna causa de preocupación con respecto al proceso de corte. Represente la información gráficamente y busque patrones.

- **P** **S6.7.** Se fabrican pistones de automóvil (155 mm) en un proceso de fundición, y el diámetro es un factor crítico que hay que controlar. A partir de muestras de 10 pistones producidos cada día, la media y el rango de este diámetro han sido:

Día	Media	Rango
1	156,9	4,2
2	153,2	4,6
3	153,6	4,1
4	155,5	5,0
5	156,6	4,5

Dibuje un gráfico \bar{x} 3 sigma y un gráfico R 3 sigma para esta dimensión.

- ✎ **S6.8.** En la etiqueta de las cajas de cereales NutraFlakes se puede leer “peso neto 10 onzas”. Cada hora se pesan muestras aleatorias de un tamaño de $n = 4$ cajas, para verificar el control del proceso. Al cabo de cinco horas de observación, se obtuvieron los siguientes datos:

Tiempo	Pesos			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4
9 A.M.	9,8	10,4	9,9	10,3
10 A.M.	10,1	10,2	9,9	9,8
11 A.M.	9,9	10,5	10,3	10,1
Mediodía	9,7	9,8	10,3	10,2
1 P.M.	9,7	10,1	9,9	9,9

- a) Utilizando estos datos, calcule los límites de los gráficos \bar{x} y R (utilice la Tabla 56.1).
 b) ¿Está el proceso bajo control?
 c) ¿Qué otros pasos debería seguir el departamento de control de calidad en este momento?
- ✎ **S6.9.** Whole Grains LLC utiliza el control estadístico de procesos para garantizar que su pan de molde de bajo contenido en colesterol, con cereales orgánicos, y bueno para el cuidado de la salud, tiene el peso adecuado de 6 onzas. A partir de un proceso bajo control y estable anterior, se han definido los siguientes límites de los gráficos \bar{x} y R : $UCL_{\bar{x}} = 6,56$, $LCL_{\bar{x}} = 5,84$, $UCL_R = 1,141$, $LCL_R = 0$. Durante los últimos días se han tomado cinco muestras aleatorias de cuatro panes cada uno y se han obtenido los siguientes datos:

Muestra	Peso neto			
	Pan 1	Pan 2	Pan 3	Pan 4
1	6,3	6,0	5,9	5,9
2	6,0	6,0	6,3	5,9
3	6,3	4,8	5,6	5,2
4	6,2	6,0	6,2	5,9
5	6,5	6,6	6,5	6,9

¿Está este proceso bajo control?

- ✎ **S6.10.** Un proceso que se considera que está bajo control mide un ingrediente líquido en onzas. Más abajo reproducimos las 10 últimas muestras tomadas (cada una de un tamaño $n = 5$). La desviación estándar de la población es 1,36.

Muestras									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	9	13	10	12	10	10	13	8	10
9	9	9	10	10	10	11	10	8	12
10	11	10	11	9	8	10	8	12	9
9	11	10	10	11	12	8	10	12	8
12	10	9	10	10	9	9	8	9	12

- a) ¿Cuál es la desviación estándar del proceso? ¿Cuál es $\sigma_{\bar{x}}$?
 b) Si $z = 3$, ¿cuáles son los límites de control para el gráfico de medias?
 c) ¿Cuáles son los límites de control del gráfico de rangos?
 d) ¿Está bajo control este proceso?

- ⌚ **S6.11.** Doce muestras, cada una con cinco elementos, fueron tomadas de un proceso que fabrica rodillos de acero que deberían tener una longitud de 10 pulgadas. Se midió la longitud de cada rodillo de las muestras. Los resultados se tabularon y se calcularon las medias y rangos. He aquí los resultados:

Muestra	Media muestral (pulgadas)	Rango (pulgadas)
1	10,002	0,011
2	10,002	0,014
3	9,991	0,007
4	10,006	0,022
5	9,997	0,013
6	9,999	0,012
7	10,001	0,008
8	10,005	0,013
9	9,995	0,004
10	10,001	0,011
11	10,001	0,014
12	10,006	0,009

Calcule los límites de control superior e inferior y las medias totales para los gráficos \bar{x} y R . Dibuje el gráfico y los valores de las medias y rangos. ¿Indican estos datos que el proceso está bajo control? ¿Por qué o por qué no?

- ⌚ **S6.12.** Durante los 12 últimos meses, Janis Miller ha estado preocupada por la máquina número cinco de West Factory. Para asegurarse de que la máquina funciona correctamente se toman muestras, y se calcula el rango y la media de cada muestra. Cada muestra consiste en 10 piezas producidas por la máquina. Recientemente se tomaron 12 muestras, y se calculó el rango y la media de cada una. El rango medio y la media muestral fueron de 1,1 y de 46 para la primera muestra, 1,31 y 45 para la segunda, 0,91 y 46 para la tercera, y 1,1 y 47 para la cuarta. Después de la cuarta muestra, las medias de las muestras aumentaron. Para la quinta muestra, el rango fue de 1,21 y la media de 48; para la número 6, el rango y la media fueron 0,82 y 47; para la número 7, 0,86 y 50; y para la octava muestra, fueron 1,11 y 49. Después de la octava muestra, la media continuó subiendo, sin ser nunca inferior a 50. En la muestra número 9, el rango y la media fueron 1,12 y 51; en la número 10, fueron 0,99 y 52; en la número 11, 0,86 y 50, y en la número 12, fueron 1,2 y 52.

Durante la instalación, el proveedor fijó una media de 47 para el proceso, con un rango medio de 1,0. Miller está segura de que algo está mal en la máquina número cinco. ¿Está usted de acuerdo? (*Sugerencia:* utilice las especificaciones del fabricante para fijar los límites de control. Los gráficos de serie pueden resultar útiles).

- ⌚ **S6.13.** La tasa de errores de introducción de datos de reclamaciones de seguros ha sido, históricamente, de aproximadamente 1,5%. ¿Cuáles son los límites de control superior e inferior si quiere utilizar un tamaño muestral de 100 y límites 3 sigma?
- ⌚ **S6.14.** Está intentando elaborar un sistema de control de calidad para algunas piezas compradas a Chales Sox Manufacturing Co. Esas piezas pueden estar bien o ser defectuosas. Ha decidido tomar una muestra de 100 unidades. Elabore una tabla de los límites de control inferior y superior adecuados para varios valores del porcentaje de piezas defectuosas en la

muestra que se ha tomado. Los valores de p en esta tabla deberían ir de 0,02 a 0,10 en incrementos de 0,02. Calcule los límites de control superior e inferior para un nivel de confianza del 99,73%.

$n = 100$		
p	UCL	LCL
0,02		
0,04		
0,06		
0,08		
0,10		

- **P S6.15.** Los resultados del análisis de muestras de ADN tomadas durante los diez últimos días figuran en la siguiente tabla. El tamaño de la muestra es 100.

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Defectuosos	7	6	6	9	5	6	0	8	9	1

- a) Elabore un gráfico p 3 sigma utilizando esta información.
 b) Si el número de defectuosos durante los tres siguientes días es 12, 5 y 14, ¿está el proceso bajo control?
- **P S6.16.** En el pasado, el índice de defectos en su producto ha sido del 1,5%. ¿Cuáles son los límites superior e inferior del gráfico de control si desea utilizar un tamaño de muestra de 500, siendo $z = 3$?
- **P S6.17.** Con referencia al Problema S6.16, si el índice de defectos fuera del 3,5% en vez del 1,5%, ¿cuáles serían los límites de control ($z = 3$)?
- **P S6.18.** Volviendo a los Problemas S6.16 y S6.17, a la dirección le gustaría reducir el tamaño de la muestra a 100 unidades. Si el índice de defectos en el pasado ha sido del 3,5%, ¿qué ocurriría con los límites de control ($z = 3$)? ¿Debería tomarse esta medida? Explique su respuesta.
- **P S6.19.** El Hospital Central de Detroit está intentando mejorar su imagen ofreciendo una experiencia positiva a sus pacientes y a los familiares de éstos. Parte del programa de “imagen” consiste en ofrecer comidas apetitosas y sabrosas que sean, además, sanas. Con cada comida se entrega un cuestionario que pregunta al paciente, entre otras cosas, si le ha gustado o no la comida. Los resultados de la encuesta a una muestra de 100 pacientes durante los siete últimos días ofrecen los siguientes datos:

Día	N.º de pacientes insatisfechos	Tamaño de la muestra
1	24	100
2	22	100
3	8	100
4	15	100
5	10	100
6	26	100
7	17	100

Dibuje un gráfico p que muestre el porcentaje de pacientes insatisfechos con la comida. Calcule los límites de control para incluir el 99,73% de la variación aleatoria de la satisfacción con la comida. Comente sus resultados.

- **P** **S6.20.** Chicago Supply Company fabrica clips y otros materiales de oficina. Aunque no son caros, los clips han generado para la empresa un alto margen de rentabilidad. Se toman muestras de 200. Más abajo se ofrecen los resultados de las diez últimas muestras. Determine los límites de control superior e inferior en el gráfico de control y represente los datos gráficamente. ¿Está el proceso bajo control?

Muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Defectos	7	6	6	9	5	6	0	8	9	1

- **P** **S6.21.** La tienda Ittig Brothers, de Peter Ittig, es la tienda de ropa independiente más grande de Amherst. Se devuelven, de media, seis artículos al día. Utilizando $z = 3$, ¿habría que emprender acciones si se devolvieran nueve artículos en un día?

- **P** **S6.22.** Se examina una muestra aleatoria de 100 mesas de comedor de Modern Art que acaban de salir de la línea de montaje. Tras una inspección cuidadosa, se descubren un total de 2.000 imperfecciones. ¿Cuáles son los límites de control superior e inferior, con un nivel de confianza del 99,73%, en el número de imperfecciones? Si una mesa tuviera 42 imperfecciones, ¿debería adoptarse alguna medida en particular?

- **P** **S6.23.** La Junta Escolar está intentando evaluar un nuevo programa de matemáticas introducido en primaria en cinco colegios del condado. Una muestra de los resultados de los alumnos en pruebas normalizadas de matemáticas en cada colegio ha dado lugar a los siguientes datos:

Colegio	N.º de errores en la prueba
A	52
B	27
C	35
D	44
E	55

Dibuje un gráfico c de los errores en la prueba, y fije límites de control que incluyan el 99,73% de la variación aleatoria de los resultados en la prueba. ¿Qué le indica este gráfico? ¿Ha sido eficaz el nuevo programa de matemáticas?

- **P** **S6.24.** A diario se supervisan al azar las preguntas por teléfono de 100 “consumidores” de la Agencia Tributaria. Se registran los incidentes de información incorrecta u otras “faltas” (como falta de educación con los consumidores). Los datos de la semana pasada son los siguientes:

Día	N.º de faltas
1	5
2	10
3	23
4	20
4	15

Dibuje un gráfico c de 3 desviaciones estándar de las faltas. ¿Qué le indica este gráfico de control sobre los operarios telefónicos de la Agencia Tributaria?

- :P S6.25.** El departamento de cuentas a cobrar de Rick Wing Manufacturing ha estado teniendo problemas para conseguir que los consumidores paguen el importe total de sus facturas. Muchos consumidores se quejan de que las facturas no son correctas y que no reflejan los materiales que llegaron a sus muelles de recepción. El departamento ha decidido poner en marcha un programa de CEP en su proceso de facturación. Para crear gráficos de control se han tomado 10 muestras de 50 facturas a lo largo de un mes y se han contrastado las partidas de las facturas con el albarán de envío del departamento de envíos de la empresa para calcular el número de facturas incorrectas. Los resultados fueron:

N.º de muestra	N.º de facturas incorrectas	N.º de muestra	N.º de facturas incorrectas
1	6	6	5
2	5	7	3
3	11	8	4
4	4	9	7
5	0	10	2

- a) Calcule el valor de p barra, el porcentaje medio de defectos. Calcule después los límites de control del gráfico p utilizando un nivel de confianza del 99,73% (tres desviaciones estándar). ¿Está bajo control este proceso? En caso negativo, ¿qué muestras estaban fuera de control?
- b) ¿Cómo puede utilizar las herramientas de calidad analizadas en el Capítulo 6 para determinar la fuente de los defectos de facturación y dónde puede iniciar sus esfuerzos de mejora para eliminar las causas?
- * P S6.26.** La diferencia entre la especificación superior e inferior de un proceso es de 0,6 pulgadas. La desviación estándar es de 0,1 pulgadas. ¿Qué valor tiene el cociente de capacidad del proceso, C_p ? Interprete esta cifra.
- : P S6.27.** El proceso de producción de chips de Meena Chavan Corp. produce chips DRAM con una vida media de 1.800 horas y $\sigma = 100$ horas. Los límites de especificación superior e inferior tolerados son 2.400 horas y 1.600 horas, respectivamente. ¿Es capaz este proceso de fabricar chips DRAM según las especificaciones?
- : P S6.28.** Blackburn, Inc., fabricante de equipos de Nashville, le ha entregado una muestra de una válvula de interrupción para mejorar su proceso de fabricación. Su departamento de ingeniería del proceso ha realizado experimentos, y ha observado que la válvula tiene una media (μ) de 8,00 y una desviación estándar (σ) de 0,04. Su rendimiento deseado es $\mu = 8,0$ y $\sigma = 0,045$. ¿Cuál es el C_{pk} de la válvula de Blackburn?
- : P S6.29.** Las especificaciones de una regla de plástico para proyectos de autopistas de hormigón exigen un grosor de $3,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. Se estima que la desviación estándar del proceso es de 0,02 mm. ¿Cuáles son los límites de especificación superior e inferior para este producto? Se sabe que el proceso opera con un grosor medio de 3,0 mm. ¿Cuál es el C_{pk} de este proceso? ¿Qué hay del porcentaje de todas las unidades de esta regla que cumplirán las especificaciones?
- : P S6.30.** El director de una fábrica de procesado de alimentos desea una especificación de calidad con una media de 16 onzas, un límite superior de especificación de 16,5, y un límite inferior de especificación de 15,5. El proceso tiene una desviación estándar de 1 onza. Calcule el C_{pk} del proceso.

- ⋮ **P** **S6.31.** Un proceso de rellenado de botellas de leche para bebés tienen un objetivo de 3 onzas \pm 0,150 onzas. Se ha obtenido una muestra de 200 botellas. El resultado demostró que la cantidad media en las botellas era de 3,042 onzas. La desviación estándar era de 0,034 onzas. Calcule el valor de C_{pk} . Aproximadamente, ¿qué proporción de las botellas cumplía las especificaciones?

- ⋮ **S6.32.** Como supervisor a cargo de envíos y recepciones, tiene que calcular la *calidad media de salida* en una fábrica donde los lotes de entrada a su cadena de montaje tienen una tasa media conocida de defectos del 3%. Su plan es tomar una muestra de 80 unidades de cada 1.000 elementos del lote. El número de defectos de la muestra no puede ser mayor que 3. Este plan le da una probabilidad de aceptación de cada lote del 0,79 (79%). ¿Cuál es la calidad media de salida?

- ⋮ **S6.33.** Un plan de muestreo de aceptación tiene lotes de 500 piezas y un tamaño muestral de 60. El número de defectos en la muestra no puede ser mayor que 2. Este plan, basado en una curva CO, tiene una probabilidad del 0,567 de aceptar lotes cuando los lotes de entrada tienen una tasa de elementos defectuosos del 4%, que es la media histórica de este proceso. ¿Cuál es la calidad media de salida?

- ⋮ **P** **S6.34.** West Battery Corp. ha recibido recientemente quejas de detallistas de que sus baterías de 9 voltios no duran tanto como los modelos de otras marcas. James West, jefe del programa de GCT de la fábrica de West de Austin, no cree que haya problema alguno, porque sus baterías han estado teniendo una vida media de 50 horas, aproximadamente un 10% más larga que la de los modelos de la competencia. Para elevar su duración por encima de este nivel, se necesitaría una nueva tecnología que West no tiene. No obstante, sí está lo suficientemente preocupado para disponer controles horarios de las líneas de montaje, y decide tomar 5 muestras de baterías de 9 voltios en cada una de las 25 horas siguientes, con objeto de fijar los estándares para los límites del gráfico de control (véase la tabla siguiente):

Datos de West Battery. Duración de las baterías (en horas)							
Hora	Muestra					\bar{X}	R
	1	2	3	4	5		
1	51	50	49	50	50	50,0	2
2	45	47	70	46	36	48,8	34
3	50	35	48	39	47	43,8	15
4	55	70	50	30	51	51,2	40
5	49	38	64	36	47	46,8	28
6	59	62	40	54	64	55,8	24
7	36	33	49	48	56	44,4	23
8	50	67	53	43	40	50,6	27
9	44	52	46	47	44	46,6	8
10	70	45	50	47	41	50,6	29
11	57	54	62	45	36	50,8	26
12	56	54	47	42	62	52,2	20
13	40	70	58	45	44	51,4	30
14	52	58	40	52	46	49,6	18
15	57	42	52	58	59	53,6	17
16	62	49	42	33	55	48,2	29

Hora	Muestra					\bar{X}	R
	1	2	3	4	5		
17	40	39	49	59	48	47,0	20
18	64	50	42	57	50	52,6	22
19	58	53	52	48	50	52,2	10
20	60	50	41	41	50	48,4	19
21	52	47	48	58	40	49,0	18
22	55	40	56	49	45	49,0	16
23	47	48	50	50	48	48,6	3
24	50	50	49	51	51	50,2	2
25	51	50	51	51	62	53,0	12

Con los límites fijados, West registra ahora 5 horas más de información, que se reflejan en la siguiente tabla:

Hora	Muestra				
	1	2	3	4	5
26	48	52	39	57	61
27	45	53	48	46	66
28	63	49	50	45	53
29	57	70	45	52	61
30	45	38	46	54	52

- Calcule los límites de control superior e inferior de \bar{x} y R (utilizando solamente las 25 primeras horas).
- ¿Está el proceso de fabricación bajo control?
- Dé su opinión sobre los tiempos de duración observados.



PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

Visite nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para estos problemas adicionales: S6.35 a S6.51.

■ *Caso de estudio* ■

Bayfield Mud Company

En noviembre de 2005 John Wells, un representante del servicio de atención al cliente de Bayfield Mud Company, fue reclamado en el almacén de Wet-Land Drilling, Inc. para inspeccionar tres furgones de lodos de perforación que Bayfield había enviado a la empresa de Houston. (Las oficinas centrales de Bayfield y su mayor fábrica se encuentran en Orange, Texas, justo al oeste de la frontera que separa Louisiana de Texas).

Wet-Land había presentado una reclamación, porque unos sacos de 50 libras de lodos de perforación que acababa de recibir de Bayfield pesaban menos de lo debido, aproximadamente un 5% menos.

Este peso inferior fue detectado inicialmente por uno de los empleados del almacén de recepción de mercancías de Wet-Land, al observar que los registros de las básculas indicaban que los pesos eran notablemente inferiores en los tres furgones a los de unos cargamentos idénticos que se habían recibido el 25 de octubre de

2005. Se requirió al departamento de expediciones de Bayfield que determinara si se habían utilizado palés más ligeros durante los envíos (lo que podría explicar el menor peso neto). Bayfield explicó, sin embargo, que no se había realizado ningún cambio en los sistemas de cargas ni en los palés. Así las cosas, los ingenieros de Wet-Land escogieron al azar 50 sacos, y descubrieron que el peso neto medio era de 47,51 libras. Comprobaron, por envíos anteriores, que el proceso producía un peso neto medio de 50 libras exactamente, con una desviación estándar aceptable de 1,2 libras. En consecuencia, llegaron a la conclusión de que la muestra registraba una merma de peso considerable (el lector puede, si quiere, verificar este extremo). Se pusieron en contacto con Bayfield, que envió a Wells para que comprobara la veracidad de la reclamación. Al llegar, Wells verificó el problema y descontó inmediatamente a Wet-Land un 5% del importe de la venta.

La dirección de Wet-Land no estuvo, sin embargo, totalmente de acuerdo con la solución. Los gráficos que utilizaban los ingenieros responsables de las perforaciones en las plataformas se habían elaborado sobre la base de unas bolsas de 50 libras de lodos de perforación. Un peso inferior en los sacos podría traducirse en un control químico deficiente durante las operaciones de perforación, lo que afectaría negativamente a la eficiencia (se utilizan agentes para el tratamiento de los lodos para controlar el pH y otras propiedades químicas del cono durante las operaciones de perforación). Este defecto podría dar lugar a graves consecuencias económicas, a causa del coste extremadamente elevado de las operaciones de perforación de los pozos de petróleo y de gas natural. Así pues, la entrega de esos envíos a las plataformas de perforación debería acompañarse de instrucciones especiales de uso. Además, los envíos con peso inferior tendrían que dejarse a un lado dentro del almacén de Wet-Land, ocasionando gastos adicionales de gestión de inventarios y desperdiciando el espacio utilizable. Wells fue informado de que Wet-Land buscaría a otro proveedor si, en el futuro, volvía a recibir bolsas cuyo peso se desviara considerablemente de las 50 libras.

El departamento de control de calidad de Bayfield sospechó que las bolsas más ligeras podrían haber sido consecuencia del “aumento de problemas” de la fábrica de Orange. Debido a la anterior crisis energética, las actividades de exploraciones petrolíferas y de gas natural habían aumentado notablemente. A su vez, la intensificación de esas actividades produjo una mayor demanda de productos por parte de ciertos sectores industriales, como los lodos de perforación. En consecuencia, Bayfield tuvo que aumentar sus turnos de trabajo, pasando de uno (desde las 6,00 hasta las 14,00), a dos (el segundo desde las 14,00 hasta las 22,00) a mediados de 1997, y finalmente a tres turnos (24 horas diarias) en el otoño de 2005.

La plantilla suplementaria que cubría el turno de noche estaba compuesta en su totalidad por nuevos empleados. Los capataces de más experiencia fueron temporalmente destinados a la supervisión de ese turno nocturno, concediéndose la máxima importancia a un aumento de la producción de bolsas suficiente para satisfacer una demanda que crecía sin cesar. Se sospechaba que sólo ocasionalmente se recordaba la necesidad de comprobar dos veces el llenado de sacos. (Este doble control se lleva a cabo pesando sistemáticamente el saco en una báscula para determinar si el dispositivo de llenado está vertiendo el peso adecuado. Si se produce una desviación significativa respecto a 50 libras, se procede a los reajustes necesarios en el mecanismo de llenado).

Para confirmar esta idea, el personal de control de calidad tomó una muestra aleatoria de los productos, preparando el gráfico que aparece a continuación. Se tomaron seis sacos de muestra, que se pesaron cada hora.

Preguntas para el debate

1. ¿Cómo analiza usted el problema del peso de las bolsas?
2. ¿Qué procedimientos recomendaría para mantener un control de calidad adecuado?

Fuente: Catedrático Jerry Kinard, Western Carolina University.

Hora	Peso medio (libras)	Rango		Hora	Peso medio (libras)	Rango	
		Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo
6:00 A.M.	49,6	48,7	50,7	6:00	46,8	41,0	51,2
7:00	50,2	49,1	51,2	7:00	50,0	46,2	51,7

Hora	Peso medio (libras)	Rango		Hora	Peso medio (libras)	Rango	
		Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo
8:00	50,6	49,6	51,4	8:00	47,4	44,0	48,7
9:00	50,8	50,2	51,8	9:00	47,0	44,2	48,9
10:00	49,9	49,2	52,3	10:00	47,2	46,6	50,2
11:00	50,3	48,6	51,7	11:00	48,6	47,0	50,0
12 mediodía	48,6	46,2	50,4	12 medianoche	49,8	48,2	50,4
1:00 P.M.	49,0	46,4	50,0	1:00 A.M.	49,6	48,4	51,7
2:00	49,0	46,0	50,6	2:00	50,0	49,0	52,2
3:00	49,8	48,2	50,8	3:00	50,0	49,2	50,0
4:00	50,3	49,2	52,7	4:00	47,2	46,3	50,5
5:00	51,4	50,0	55,3	5:00	47,0	44,1	49,7
6:00	51,6	49,2	54,7	6:00	48,4	45,0	49,0
7:00	51,8	50,0	55,6	7:00	48,8	44,8	49,7
8:00	51,0	48,6	53,2	8:00	49,6	48,0	51,8
9:00	50,5	49,4	52,4	9:00	50,0	48,1	52,7
10:00	49,2	46,1	50,7	10:00	51,0	48,1	55,2
11:00	49,0	46,3	50,8	11:00	50,4	49,5	54,1
12 medianoche	48,4	45,4	50,2	12 mediodía	50,0	48,7	50,9
1:00 A.M.	47,6	44,3	49,7	1:00 P.M.	48,9	47,6	51,2
2:00	47,4	44,1	49,6	2:00	49,8	48,4	51,0
3:00	48,2	45,2	49,0	3:00	49,8	48,8	50,8
4:00	48,0	45,5	49,1	4:00	50,0	49,1	50,6
5:00	48,4	47,1	49,6	5:00	47,8	45,2	51,2
6:00	48,6	47,4	52,0	6:00	46,4	44,0	49,7
7:00	50,0	49,2	52,2	7:00	46,4	44,4	50,0
8:00	49,8	49,0	52,4	8:00	47,2	46,6	48,9
9:00	50,3	49,4	51,7	9:00	48,4	47,2	49,5
10:00	50,2	49,6	51,8	10:00	49,2	48,1	50,7
11:00	50,0	49,0	52,3	11:00	48,4	47,0	50,8
12 mediodía	50,0	48,8	52,4	12 medianoche	47,2	46,4	49,2
1:00 P.M.	50,1	49,4	53,6	1:00 A.M.	47,4	46,8	49,0
2:00	49,7	48,6	51,0	2:00	48,8	47,2	51,4
3:00	48,4	47,2	51,7	3:00	49,6	49,0	50,6
4:00	47,2	45,3	50,9	4:00	51,0	50,5	51,5
5:00	46,8	44,1	49,0	5:00	50,5	50,0	51,9

■ *Caso de estudio* ■

Programación puntual de Alabama Airlines

Alabama Airlines inició sus actividades en diciembre de 2001 como servicio de transporte de pasajeros con

sede y único centro de distribución en Birmingham. Producto de la desregulación del sector aéreo, Alabama Air se ha unido al creciente número de empresas aéreas de corto recorrido de vuelos directos, entre ellas a Lone Star, Comair, Atlantic Southeast y Skywest.

Alabama Air fue creada y dirigida por dos antiguos pilotos, David Douglas (que había estado en la ahora desaparecida Midway Airlines) y Michael Hanna (que antes estuvo con Continental). Compró una flota de 12 aviones y las puertas de embarque liberadas por Delta Airlines en 2001 cuando recortó sus vuelos debido a los atentados terroristas del 11 de septiembre.

Una de las principales prioridades competitivas de la empresa es la puntualidad de las llegadas. La empresa aérea define “puntualidad” como cualquier llegada en el intervalo de 20 minutos respecto al tiempo previsto.

Mike Hanna decidió que iba a controlar personalmente el rendimiento de la empresa. Todas las semanas durante las 30 últimas ha comprobado una muestra aleatoria de 100 llegadas de vuelos para ver la puntualidad de las llegadas. En la siguiente tabla se muestra el número de vuelos que no cumplieron la definición de puntualidad de la empresa aérea.

Muestra (semana)	Vuelos retrasados	Muestra (semana)	Vuelos retrasados
1	2	8	9
2	4	9	11
3	10	10	0
4	4	11	3
5	1	12	4
6	1	13	2
7	13	14	2

Muestra (semana)	Vuelos retrasados	Muestra (semana)	Vuelos retrasados
15	8	23	4
16	2	24	3
17	3	25	2
18	7	26	2
19	3	27	0
20	2	28	1
21	3	29	3
22	7	30	4

Preguntas para el debate

- Utilizando un nivel de confianza del 95%, represente el porcentaje total de vuelos retrasados (p), y los límites de control superior e inferior en un gráfico de control.
- Suponga que los límites de control superior e inferior en la industria del transporte de pasajeros por avión para los vuelos retrasados es de 0,1 y 0,04, respectivamente. Dibuje estos límites sobre su gráfico de control.
- Dibuje el porcentaje de vuelos retrasados en cada muestra. ¿Están todas las muestras dentro de los límites de control de la empresa aérea? Cuando una muestra queda fuera de los límites de control, ¿qué habría que hacer?
- ¿Qué puede afirmar el directivo sobre la calidad de servicio?

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestra página personal www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- Green River Chemical Company:** Implica a una empresa que necesita crear un gráfico de control para controlar el contenido en sulfatos debido a las quejas de los consumidores.

Harvard ha seleccionado estos casos de la Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- Deutsche Allgemeineversicherung (#696-084):** Una empresa de seguros alemana intenta adoptar los gráficos p a los diversos servicios que desempeña.
- Control de procesos en Polaroid (#696-047):** Esta fábrica de producción de películas ha pasado de una inspección de calidad tradicional a trabajar utilizando gráficos de CEP.



BIBLIOGRAFÍA

- Goetsch, David L., y Stanley B. Davis, *Quality Management*, 4.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- Griffith, Gary K., *The Quality Technician's Handbook*, 4.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- Gyrna, Frank, Jr., *Quality Planning and Analysis*. New York: McGraw-Hill, 2001.
- Smith, Gerald, *Statistical Process Control and Process Improvement*. 5.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2004.
- Summers, Donna, *Quality*, 3.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- Vaughan, Timothy S., "Defect Rate Estimation for 'Six Sigma' Processes", *Production and Inventory Management Journal* (cuarto trimestre 1998): pp. 5-9.
- Wheeler, Donald J., "Why Three Sigma Limits?", *Quality Digest* (agosto 1996): pp. 63-64.



RECURSOS EN INTERNET

- Sociedad Americana para la Calidad:
<http://www.asq.org>
- Asociación Americana de Estadística:
<http://www.amstat.org/>
- Associated Quality Consultants:
<http://www.quality.org/>
- Carnegie Mellon University: mantenida por el Departamento de Estadística, con enlaces excelentes a los resúmenes de la Asociación Americana de Estadística y varios algoritmos estadísticos:
<http://lib.stat.cmu.edu/>
- Página con ejemplos de *poka-yokes*, tutoriales y enlaces:
<http://www.cox.smu.edu/jgrout/pokayoke.html>
- Princeton University: múltiples enlaces a varios sitios interesantes:
<http://www.princeton.edu/~cap/contrib.html>
- División de Diseño Estadístico del Departamento de Comercio:
<http://www.itl.nist.gov/div898/>
- Servicio Estadístico de la Duke University:
<http://www.isds.duke.edu/>
- Diseño de calidad total:
<http://www.tqe.com/>
- Universidad de Florida: múltiples enlaces a varios sitios de estadística, mantenida por el Departamento de Estadística:
<http://www.stat.edu/ulib/statistics/html>

ESTRATEGIA DEL PROCESO

7

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: DELL COMPUTER

CUATRO ESTRATEGIAS DE PROCESOS

Enfoque a proceso
Enfoque repetitivo
Enfoque a producto
Enfoque de personalización en masa
Comparación de las diferentes
estrategias de proceso

ANÁLISIS Y DISEÑO DE PROCESOS

Diagramas de flujo
Mapas en función del tiempo
Mapa de flujo de valor
Gráficos de proceso
Diagrama de servicio

DISEÑO DE PROCESOS DE SERVICIO

Interacción con el cliente y diseño del
proceso
Más oportunidades para mejorar los
procesos en servicios

SELECCIÓN DE EQUIPOS Y TECNOLOGÍA

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

Maquinaria de control numérico
Sistema de identificación
automática
Control de procesos
Sistemas de visión
Robots

Sistemas automatizados de
almacenamiento y recuperación
Vehículos autoguiados
Sistema de fabricación flexible
Fabricación integrada por
computadora

TECNOLOGÍA EN LOS SERVICIOS

REDISEÑO (REINGENIERÍA) DE PROCESOS

PROCESOS ÉTICOS Y ECOLÓGICOS

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMA RESUELTO

EJERCICIOS EN INTERNET Y CD-ROM DEL
ALUMNO

PREGUNTAS PARA DEBATIR

DILEMA ÉTICO

EJERCICIO ACTIVE MODEL

PROBLEMAS

CASO DE ESTUDIO: ROCHESTER
MANUFACTURING CORPORATION

CASOS DE ESTUDIO EN VÍDEO: ANÁLISIS DE
PROCESOS EN EL HOSPITAL ARNOLD
PALMER; ESTRATEGIA DE PROCESO EN
WHEELED COACH

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

*Cuando haya
acabado este capítulo,
debe ser capaz de:*

Identificar o definir:

Enfoque a proceso
Enfoque repetitivo
Enfoque a producto
Reingeniería de
procesos
Consideraciones sobre
procesos en servicios
Consideraciones sobre
el medio ambiente

Describir o explicar:

Análisis de procesos
Diseño de servicios
Tecnología de
producción
Rediseño de procesos
Procesos éticos y
ecológicos



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: DELL COMPUTER

La personalización en masa proporciona una ventaja competitiva en Dell Computer

Las computadoras Dell se venden por Internet, y luego se construyen y envían directamente al cliente concreto. No se mantienen en stock. La personalización en masa permite que los modelos cambien continuamente cuando surgen nuevas tecnologías.

Michael Dell construyó su primera computadora en 1983, ocho años después de que se inventara el PC. Siendo estudiante en la Universidad de Texas, construía computadoras en su habitación de la residencia de estudiantes.

En Dell se preparan kits de componentes para cada cliente. Las partes se suministran a medida que se van necesitando, y el producto final lo monta personal altamente cualificado que ensambla completamente la computadora.

Aunque más del 90% del negocio de las computadoras de Dell es contra pedido de cliente, el tiempo de producción para cada máquina es inferior a 8 horas.

Dell Computer partió de una sencilla premisa: “¿Cómo podemos mejorar el proceso de comprar de una computadora?” La respuesta que dio su fundador, el multimillonario Michael Dell, fue vender más barato que el resto de los proveedores mediante la venta directa al cliente final: así se eliminaba una cadena de distribución cuyos márgenes de ganancia suponían un alto porcentaje del precio de las computadoras personales. El ingenioso proceso de Dell ha hecho de la empresa un modelo a seguir en la industria de las computadoras, y ha permitido a Dell apropiarse del primer puesto en ventas del sector.

No fue una sorpresa cuando la empresa de 20.000 millones de dólares de Michael Dell alcanzó el número uno del ranking. Dell tenía sólo ocho años cuando respondió a un anuncio de una revista que prometía una vía rápida para obtener un diploma de bachillerato. Cuando fundó Dell Computer, a la edad de diecinueve años, en su dormitorio de la residencia de la Universidad de Texas, soñaba con competir con IBM. En 1999, Dell superó a IBM en la venta de computadoras personales.

Ahora Dell utiliza Internet. Ninguna empresa americana, comparativamente hablando, ha conseguido aplicar con tanto éxito Internet como herramienta diaria de trabajo para incrementar su productividad. Dell ha integrado la red dentro de cada aspecto de su negocio (diseño, producción, ventas y servicios). A pesar de su larga y diversa cadena global de suministros, Dell trabaja con solo seis días de inventario, una fracción del de sus competidores.

Dell también ha establecido estándares para una entrega rápida y para la personalización en masa de sus productos. Dell construye computadoras rápidamente, a bajo coste y sólo cuando se solicitan. Este proceso ha evitado uno de los mayores problemas en el vertiginoso mercado de la computadora personal: los PC obsoletos. Además, Dell ha ido más lejos en la reducción de existencias. Por ejemplo, solicita la entrega de componentes minutos antes de que se necesitan. En su nueva fábrica en Austin, Texas, puede construir un PC Dell, con software instalado, comprobado y embalado en ocho horas, por debajo de las diez anteriores.

¿Cómo logra Dell la personalización en masa? Una estrategia consiste en que, en lugar de invertir recursos en el desarrollo de componentes de la computadora (como muchos competidores), concentra la mayor parte de su investigación y desarrollo (I+D) en el diseño de software para hacer rápida y sencilla la instalación y la configuración de sus PC. La velocidad de Dell impresionó a muchas multinacionales que ya lo tenían como proveedor. Después de que Dell produjera y enviara 3.700 PC en 11 días a los centros de reservas de Delta, los ejecutivos de Delta volaron a Austin y organizaron una fiesta para los trabajadores de la fábrica.

En el Capítulo 5 examinamos la necesidad de seleccionar, definir, y diseñar bienes y servicios. Ahora nos toca hablar de su producción. Una importante decisión para el director de operaciones es encontrar la mejor manera de producir. Veamos modos de ayudar a los directivos a diseñar procesos para alcanzar este objetivo.

Una **estrategia de proceso** (o de transformación) es un enfoque de organización para transformar recursos en bienes y servicios. *El objetivo de una estrategia de proceso* es encontrar una forma de producir bienes y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y las especificaciones del producto dentro de las restricciones de coste y de gestión existentes. El proceso seleccionado tendrá un efecto a largo plazo en la eficiencia y flexibilidad de la producción, así como en el coste y la calidad de los bienes producidos. Por tanto, gran parte de la estrategia de una empresa se determina en el momento de esta decisión sobre el proceso.

CUATRO ESTRATEGIAS DE PROCESOS

Prácticamente todos los bienes o servicios se fabrican utilizando alguna variante de una de estas cuatro estrategias de procesos: (1) enfoque a proceso, (2) enfoque repetitivo, (3) enfoque a producto y (4) personalización en masa. En la Figura 7.1 se muestra la relación de estas cuatro estrategias con respecto a la cantidad y la variedad de productos. Aunque la figura muestra sólo cuatro estrategias, un director de operaciones innovador puede llevar a cabo procesos en cualquier coordenada de la matriz, para satisfacer los requisitos de cantidad y variedad necesarios.

Vamos a fijarnos en cada una de estas estrategias mediante un ejemplo y un diagrama de flujo. Examinaremos cuatro casos: *Standard Register* (empresa enfocada a proceso), *Harley-Davidson* (fabricante repetitivo), *Nucor Steel* (fabricación enfocada a producto) y *Dell* (personalización en masa).

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE DIRECCIÓN DE OPERACIONES
Diseño de bienes y servicios
Gestión de la calidad
Estrategia de procesos
Estrategias de localización
Estrategias de organización
Recursos humanos
Gestión de la cadena de suministros
Gestión del inventario
Programación
Mantenimiento

Estrategia de proceso
Un enfoque de organización para transformar recursos en bienes y servicios.

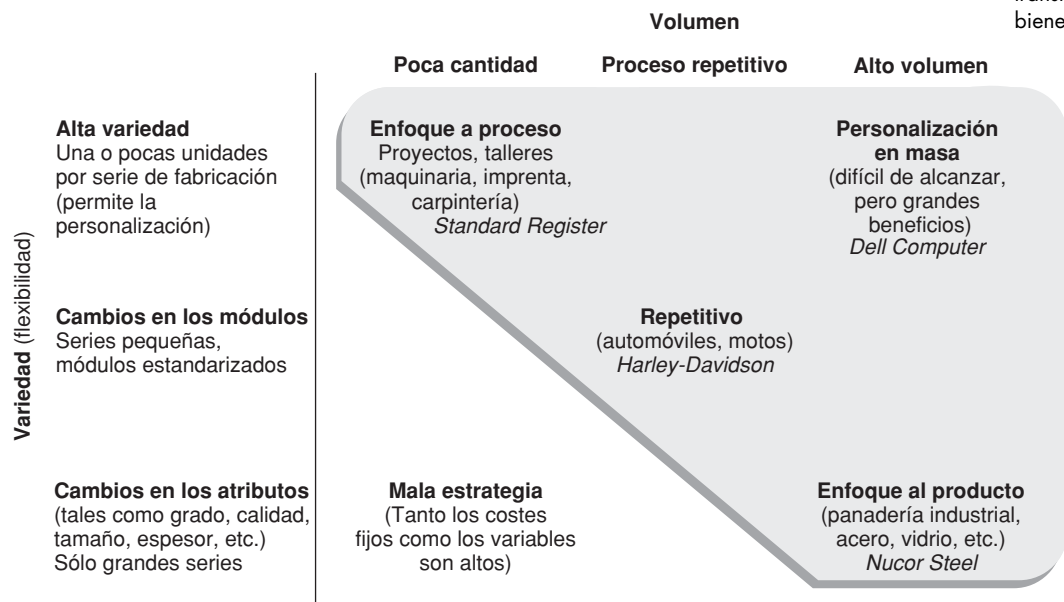


FIGURA 7.1 ■ El proceso seleccionado debe corresponderse con la cantidad y la variedad de productos a hacer

Enfoque a proceso

El 75% de toda la producción global está dedicada a producir *un bajo volumen de una alta variedad* de productos en lugares llamados “talleres”. Estas instalaciones se organizan en torno a actividades o procesos específicos. En una fábrica, estos procesos podrían ser departamentos o secciones dedicados a soldadura, molienda y pintura. En una oficina, los procesos podrían ser pagos, ventas y nóminas. En un restaurante, podrían ser bar, parrilla y panadería-repostería. Estas instalaciones están **enfocadas a proceso** en cuanto a equipamiento, layout y supervisión. Proporcionan un alto grado de flexibilidad de producto, pues los productos se mueven de forma intermitente entre los procesos. Cada proceso se diseña para desarrollar una amplia variedad de actividades y hacer frente a frecuentes cambios. En consecuencia, también se denominan *procesos intermitentes*.

Estas instalaciones tienen altos costes variables, con una utilización extremadamente baja (llegando hasta un 5%). Éste es el caso de muchos restaurantes, hospitales y talleres mecánicos. Sin embargo, en la actualidad, algunas instalaciones tienen un rendimiento un poco mejor gracias al uso de equipos innovadores, a menudo con controles electrónicos. Con el desarrollo de los equipos de control numérico (máquinas controladas mediante software), es posible programar las herramientas de las máquinas, el movimiento de las piezas y el cambio de herramientas, e incluso automatizar la colocación de las piezas en la máquina y el movimiento de los materiales entre máquinas.

El Ejemplo 1 muestra cómo Standard Register, una empresa con sede en Dayton, Ohio, que factura miles de millones de dólares y que se dedica a procesar e imprimir documentos, produce impresos/formularios de papel para empresas.

Enfoque a proceso

Instalación de producción organizada en torno a los procesos, para facilitar la producción de cantidades pequeñas con mucha variedad.

EJEMPLO 1 Un proceso de taller

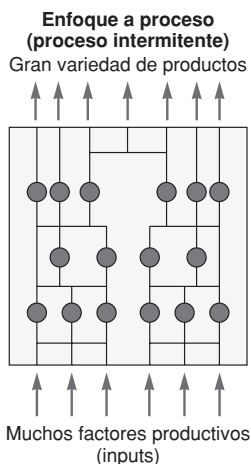
Taller enfocado a proceso en Standard Register

Si ha recibido recientemente una pizza en su casa, es muy probable que Standard Register haya imprimido el pedido y la etiqueta de entrega de la caja. Probablemente vea esta semana, sin saberlo, alguno de los formularios de Standard. La empresa produce miles de productos diferentes: uno típico es un formulario multihoja (3 o 4 capas). También fabrica los impresos utilizados por los estudiantes en las solicitudes de matrícula en las facultades, los formularios de admisión hospitalaria de los pacientes, cheques bancarios, pedidos a tiendas y solicitudes de trabajo. La división de formularios de la empresa cuenta con 11 fábricas en Estados Unidos.

La Figura 7.2 es un diagrama de flujo del proceso de producción completo, desde la propuesta de pedido hasta el envío del producto, en la fábrica de Standard en Kirksville, Missouri. Este taller agrupa en departamentos al personal y a las máquinas que realizan actividades específicas, tales como impresión, corte o pegado. Los pedidos completos se procesan en lotes, que se trasladan de departamento a departamento.

El proceso comienza con un agente comercial, que ayuda al cliente a diseñar el formulario. Una vez establecido el tipo de formulario, el pedido se transmite electrónicamente al Departamento de Soporte de Ventas en la planta de fabricación. Un coordinador de pedidos determina qué materiales serán necesarios en la producción (tinta, papel, etiquetas, etcétera), calcula el *tiempo* de producción necesario y programa el trabajo en una máquina concreta.

El Departamento de Preimpresión utiliza el diseño asistido por computadora (CAD) para convertir el diseño del producto en planchas de impresión para las prensas y “grabar” la imagen en una plancha de impresión de aluminio. Los operadores del Departamento de Impresión instalan las planchas y las tintas en sus prensas e imprimen los formularios. Después de salir de las prensas, la mayoría de los productos son compaginados en una máquina que puede colocar hasta 14 hojas juntas, normalmente con papel carbón entre ellas. Algunos productos pasan procesos adicionales (por ejemplo, encolado, encuadernado, grapado o etiquetado). Cuando los formularios



están finalizados, la mayoría de ellos se envuelven en polietileno antes de colocarlos en cajas de cartón para su envío. Cuando se realiza el envío del pedido, se manda un aviso de “orden de trabajo” finalizada a contabilidad y una factura al cliente.

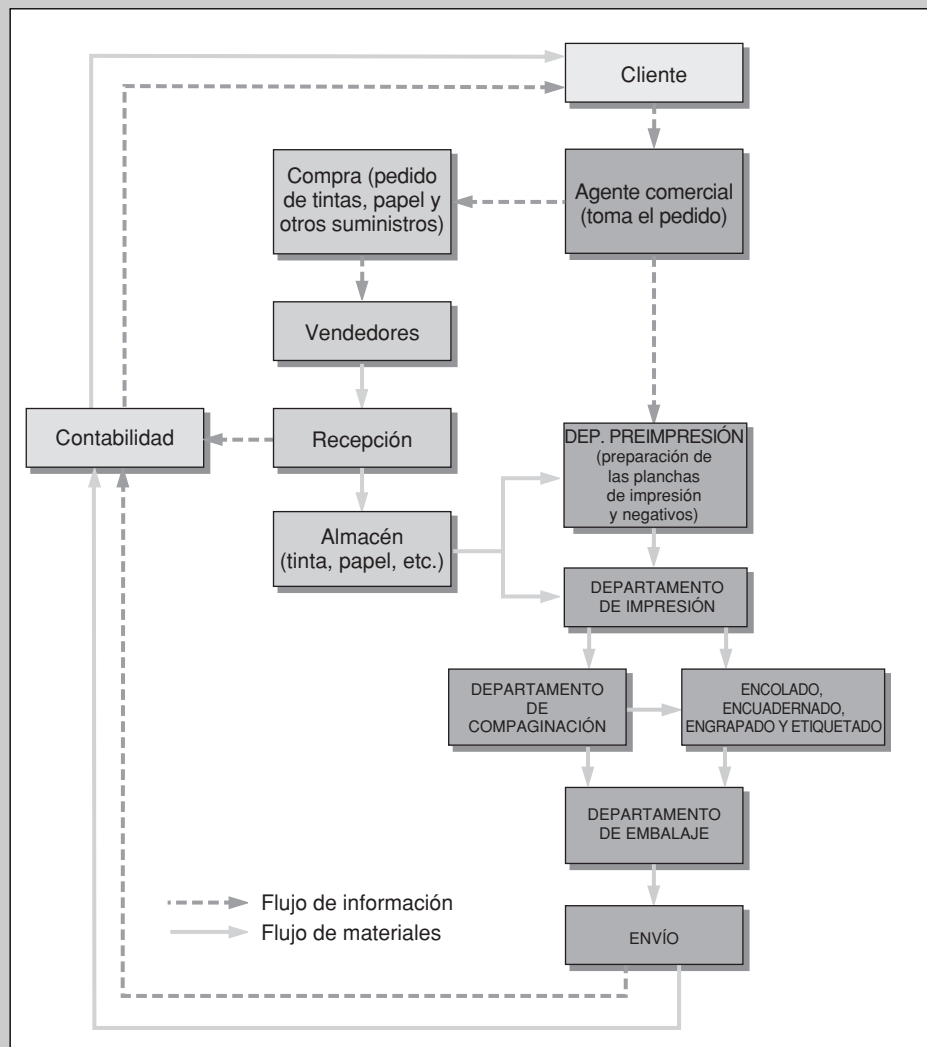


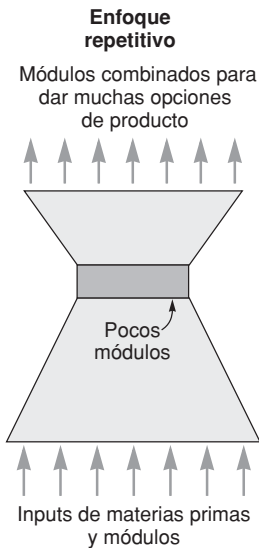
FIGURA 7.2 ■ Diagrama de flujo del proceso de producción en la planta de Standard Register en Kirksville, Missouri

Fuente: Adaptado con permiso de J. S. Martinich, *Production and Operation Management* (Nueva York. John Wiley, 1997), pp. 79-87.

Enfoque repetitivo

Un proceso repetitivo se encuentra entre un enfoque a producto y un enfoque a proceso, como se puede ver en la Figura 7.1. El proceso repetitivo utiliza módulos. Los módulos son conjuntos o componentes preparados previamente, normalmente en procesos continuos.

EJEMPLO 2
Un enfoque
repetitivo



Vídeo 7.1

Producción en masa del automóvil Saturn

Fabricación repetitiva en Harley Davidson

Harley Davidson ensambla módulos. La mayoría de los fabricantes con procesos repetitivos producen a través de líneas de montaje, que permiten que el producto final pueda tener diversos acabados dependiendo de la combinación de módulos utilizada. Éste es el caso de Harley, donde los módulos son los componentes y opciones de las motos.

Los motores de Harley se producen en Milwaukee, y se envían según un sistema “justo a tiempo” a la planta que la empresa tiene en York, Pennsylvania. En York, Harley agrupa los conjuntos (partes) que requieren procesos similares en familias (véase el diagrama de flujos de la Figura 7.3). El resultado son *células de trabajo*. Las células de trabajo realizan, en un único emplazamiento, todas las operaciones necesarias para la producción de módulos específicos. Estas células de trabajo alimentan la cadena de montaje.

Harley Davidson monta dos tipos de motores en tres cilindradas diferentes para 20 tipos de modelos de motos de ciudad, disponibles en 13 colores y con dos opciones de ruedas, sumando en total 95 combinaciones. Harley también produce cuatro motos de policía y dos motocicletas Shriner, y ofrece muchas opciones personalizadas de pintura. Esta estrategia requiere que se monten no menos de 20.000 piezas diferentes en módulos que después se montan en las motocicletas.

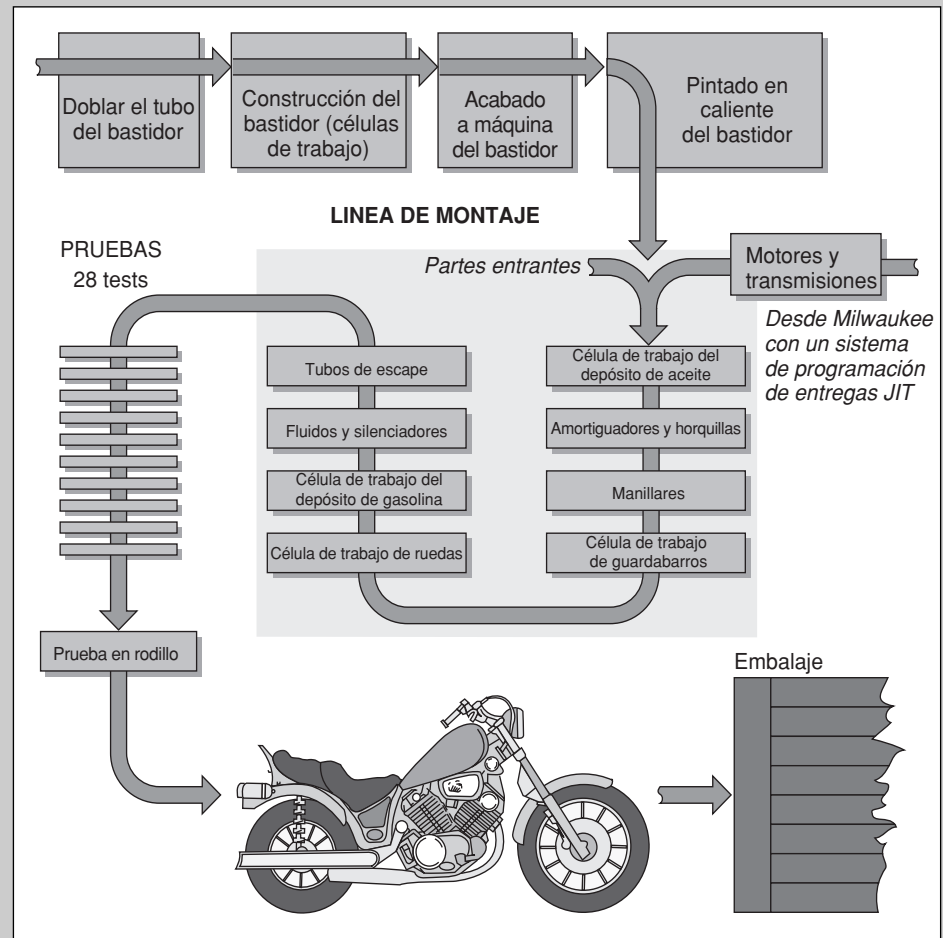


FIGURA 7.3 ■ Diagrama de flujo del proceso de producción en la planta de montaje de Harley Davidson en York, Pennsylvania

Un claro ejemplo de **proceso repetitivo** es la clásica línea de montaje. Ampliamente utilizada en el montaje de prácticamente todos los automóviles y electrodomésticos, su estructura es más grande y, por tanto, tiene menos flexibilidad que una instalación enfocada a proceso.

Las empresas de comida rápida son un ejemplo de proceso repetitivo que utiliza **módulos**. Este tipo de producción permite una mayor personalización que un proceso continuo; los módulos (por ejemplo: carne, queso, salsas, tomates o cebollas) se combinan para conseguir un producto casi a medida del cliente: una hamburguesa de queso, por ejemplo. De esta forma, la empresa obtiene tanto las ventajas económicas del modelo continuo (que se utiliza para preparar muchos de los módulos), como la ventaja de personalización que da el modelo de poca cantidad y gran variedad de productos.

El Ejemplo 2 muestra la línea de montaje de Harley Davidson. Harley es un fabricante repetitivo situado en el centro de la Figura 7.1.

Enfoque a producto

Los procesos **enfocados a producto** son procesos diseñados para producir gran cantidad de una poca variedad de productos. Las instalaciones se organizan en torno al *producto*. Se llaman también *procesos continuos*, ya que tienen series de producción ininterrumpidas y muy largas. Productos como vidrio, papel, hojalata, bombillas, cerveza o tornillos se fabrican mediante un proceso continuo. Algunos productos, como las bombillas, son discretos: es decir, de unidades distintas y separadas; otros, como las bobinas de papel, son continuos. Incluso otros, como las hernias tratadas en el Hospital Shouldice, son servicios. Sólo gracias a la normalización y al control de calidad eficaz las empresas han podido organizar instalaciones enfocadas al producto. Una empresa que produce bombillas o panecillos para “perritos calientes” día tras día puede organizarse alrededor del producto. Una organización así tiene una capacidad inherente para definir normas y mantener una calidad dada, a diferencia de una empresa que produzca cada día productos diferentes, como una imprenta o un hospital general.

Una instalación enfocada a producto produce alto volumen y poca variedad. La naturaleza especializada de las instalaciones hace que los costes fijos sean elevados, y los variables bajos como recompensa a una alta utilización de aquéllas. El caso de Nucor, presentado a continuación, es un ejemplo de este tipo de enfoque.

Proceso repetitivo

Un proceso de producción orientado hacia el producto, que utiliza módulos.

Módulos

Partes o componentes de un producto que se preparan previamente, a menudo en un proceso continuo.

Enfoque a producto

Una instalación organizada en torno al producto; un proceso orientado al producto, con gran cantidad y poca variedad.

Producción enfocada al producto en Nucor Steel

El acero se fabrica en una instalación orientada al producto. La Figura 7.4 muestra el flujo enfocado al producto de Nucor.

En este diagrama de flujos se observa cómo se introduce la chatarra de acero fría en un horno de arco eléctrico que la funde en 20 segundos (A). Después se vierte el acero fundido, la colada, del horno a una “cuchara” precalentada (B). La colada es transportada por una grúa elevada hacia una máquina moldeadora (C). Se abre la cuchara de la colada y deja salir el acero fundido hacia la moldeadora (D). El acero moldeado sale del moldeador en forma de bloques de 2” × 52” (E). El bloque sale del horno de galería (F) a la temperatura específica necesaria para pasar al rodillo de laminación. Se puede producir una lámina de mayor calidad si la temperatura del bloque es uniforme. El acero entra en el laminador (G). El agua enfría el acero laminado antes de ser bobinado. (H). La lámina de acero se bobina en rollos de aproximadamente 25 toneladas cada

EJEMPLO 3 Enfoque a producto

uno (I). Finalmente, varias operaciones de acabado pueden modificar las características de las láminas de acero en función de las necesidades del cliente.

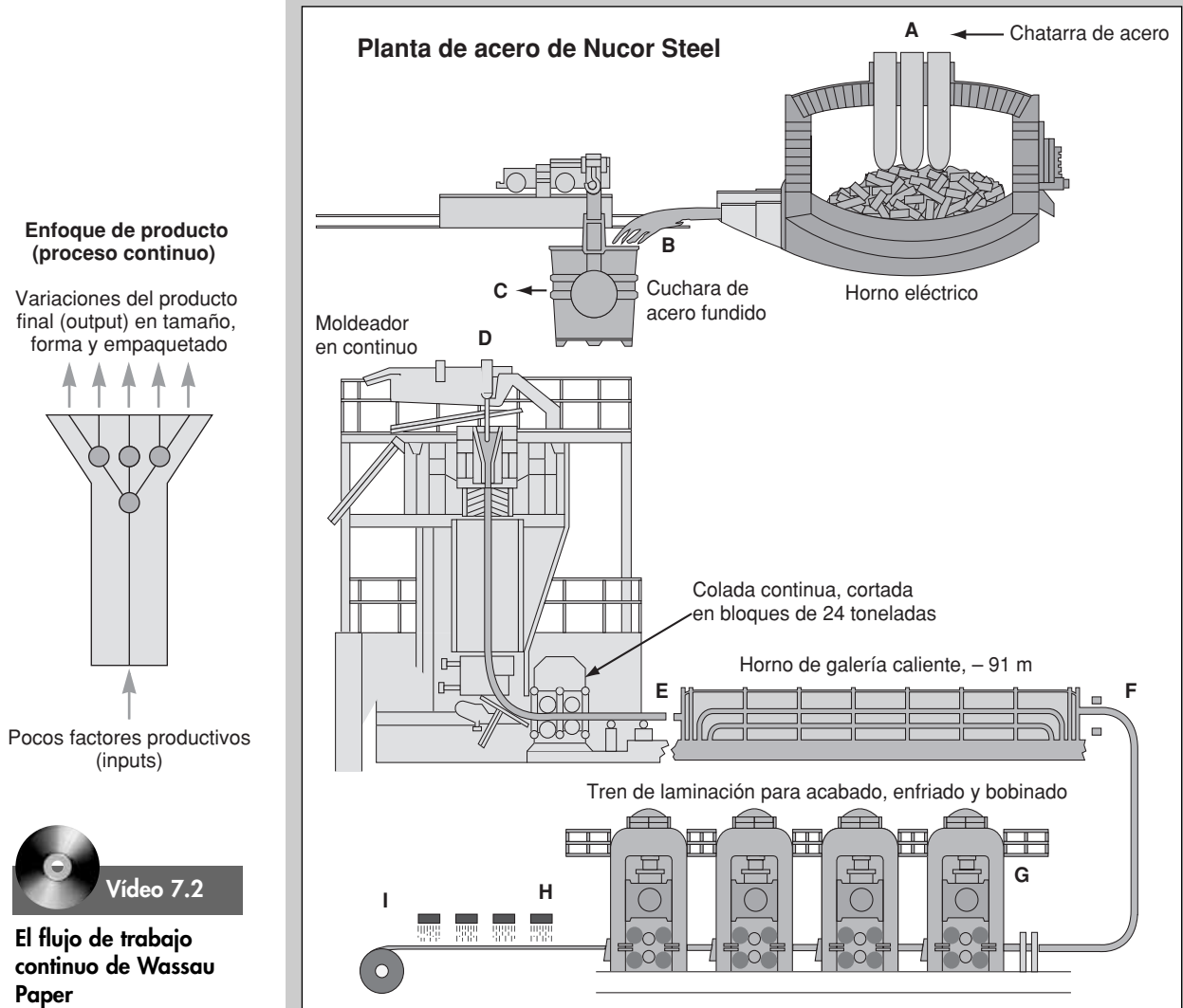


FIGURA 7.4 ■ Diagrama de flujo del proceso de fabricación de acero en la planta de Nucor en Crawfordsville, Indiana

Nucor trabaja veinticuatro horas al día, seis días a la semana, y el séptimo día se dedica al mantenimiento programado.

Enfoque de personalización en masa

Nuestro cada vez más rico y sofisticado mundo demanda bienes y servicios individualizados. La Tabla 7.1 muestra la rica variedad de bienes y servicios que deben proveer los directores de operaciones. La enorme explosión de variedad se ha producido en los auto-

TABLA 7.1 ■ La personalización en masa proporciona más opciones que nunca^a

Artículo	Número de opciones	
	Principios de los 70	Principios del siglo XXI
Modelos de vehículos	140	260
Estilos de vehículos	18	1,212
Tipos de bicicleta	8	19
Programas de software	0	300.000
Sitios web	0	46.412.165 ^c
Estrenos de películas	267	458
Títulos de libros nuevos	40.530	77.446
Canales de televisión en Houston	5	185
Cereales para el desayuno	160	340
Artículos en supermercados	14.000 ^b	150.000 ^d

^a Variedad disponible en América; mundialmente la variedad aumenta incluso más.

^b 1989

^c 2005 Zooknic Intelligence Service (15 de enero de 2005).

^d Artículos ofrecidos por la cadena de supermercados H. E. Butts (H-E-B).

Fuente: Varias; sin embargo, la mayoría de los datos provienen del Banco de la Reserva Federal de Dallas.

móviles, las películas, los cereales para el desayuno, y miles de otras áreas. A pesar de esta proliferación de productos, la calidad ha mejorado y los costes se han reducido. Por consiguiente, esta riqueza de productos está disponible para más gente que nunca antes. Los directores de operaciones han producido esta gama de bienes y servicios gracias a lo que se conoce como personalización en masa. Pero la personalización no implica solamente variedad; se trata de producir de modo eficiente exactamente *lo que* el cliente quiere y *cuando* lo quiere.

La **personalización en masa** supone una producción rápida y de bajo coste de bienes y servicios que satisfacen cada vez más los deseos del cliente concreto. La personalización en masa nos provee de la variedad de productos proporcionada tradicionalmente por la fabricación de poca cantidad o bajo volumen (enfoque a proceso), al coste de la producción estandarizada de grandes cantidades o alto volumen (enfoque a producto). Sin embargo, tal como se muestra en la sección superior derecha de la Figura 7.1, es producir para conseguir una personalización en masa todo un reto que requiere tener unas capacidades operativas excepcionales. La relación entre ventas, producción y logística es mucho más estrecha¹. Los directores de operaciones deben hacer un uso imaginativo y altamente eficaz de los recursos para diseñar procesos ágiles que produzcan de forma rápida y económica productos personalizados.

Dell Computer, cuyo caso de estudio se ve en la sección *Perfil de una empresa global* que abre este capítulo, ha demostrado que la personalización en masa puede reportar beneficios sustanciales. General Motors, una empresa más tradicional, fabrica seis modelos diferentes en sus líneas de montaje de Fairfax, Kansas. GM ajusta electrónicamente los robots de soldadura y otros equipos a medida que los diferentes modelos avanzan por la línea de montaje. Es más, la división Cadillac de GM fabrica ahora automóviles por encargo del cliente, con un plazo de diez días. Para no ser menos, Toyota ha anunciado también recientemente que entregará automóviles por encargo en cinco días. De manera similar, los

Personalización en masa
Producción rápida y de bajo coste, que satisface los cambios constantes en los deseos de clientes específicos.

¹ Paul Zipkin, "The Limits of Mass Customization", *MIT Sloan Management Review* (primavera de 2001), p. 81.

controles electrónicos permiten a los diseñadores en la industria textil reestructurar rápidamente sus líneas de producción y responder a los cambios.

La industria de los servicios también se mueve hacia la personalización en masa. Por ejemplo, no hace muchos años todos los consumidores tenían el mismo servicio telefónico. Hoy en día, no sólo hay un montón de opciones en el servicio telefónico, que van desde la identificación de la persona que llama hasta el buzón de voz, sino que los teléfonos actuales apenas son teléfonos, sirven para mucho más. También pueden ser cámaras, computadoras, consolas para juegos o navegadores de Internet. Las empresas de seguros han agregado y adaptado nuevos productos, con plazos de desarrollo muy cortos, para satisfacer las necesidades específicas de cada uno de sus clientes. Y emusic, de California, tiene un inventario de música digital en Internet que permite al cliente seleccionar una docena de canciones de su elección y hacerse un CD a medida que se envía a su casa². De manera similar, el aumento de libros y películas nuevas cada año presiona a los directores de operaciones que tienen que desarrollar los procesos que proporcionen esa variedad creciente de bienes y servicios.

Uno de los ingredientes esenciales de la personalización en masa es la dependencia del diseño modular. En todos los ejemplos citados, así como en los del recuadro sobre *Dirección de producción en acción*, “La personalización en masa en Borders Books y Smooth FM Radio”, el diseño modular es la clave. Sin embargo, tal como muestra la Figura 7.5, se requiere también una muy eficaz programación y una rápida producción. Estos tres puntos (módulos imaginativos, programación eficaz y rápida ejecución) influyen en las diez decisiones de dirección de producción, y, por tanto, exigen una excelente dirección de operaciones. Por ejemplo, cuando la personalización en masa está bien hecha, las organiza-

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

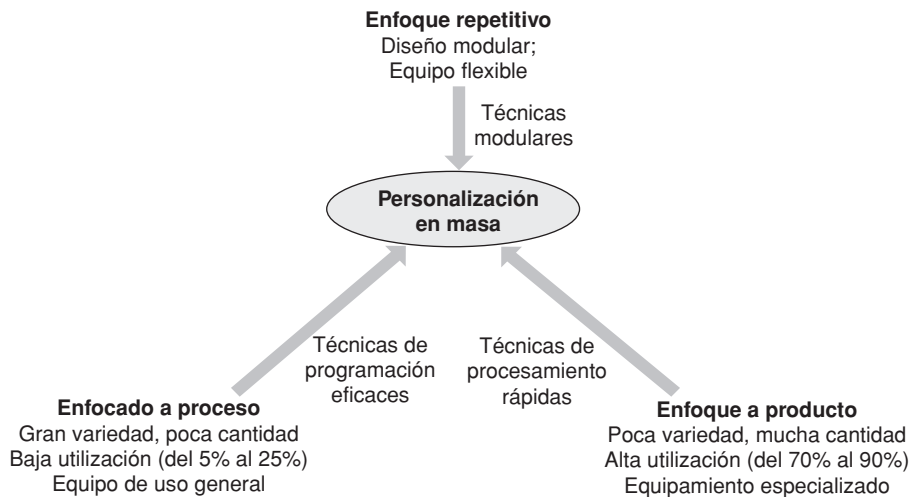
LA PERSONALIZACIÓN EN MASA EN BORDERS BOOK Y SMOOTH FM RADIO

¿Quiere usted un libro difícil de conseguir, en edición en rústica de alta calidad en 15 minutos? Borders puede ocuparse de usted, incluso si quiere un libro que no tengan en la tienda. En primer lugar, un empleado de Borders consulta la base digital de datos de títulos para los que tiene licencia de la editorial. Si el título está disponible, descarga un fichero digital del libro en dos impresoras de un servidor central en Atlanta. Una impresora hace la tapa del libro y la otra las páginas. A continuación el empleado une las dos partes en una máquina encuadernadora. Otra máquina corta el libro a medida. Su libro está preparado. Usted dispone ya del libro que quiere, y Borders ha realizado una venta. Vendiendo libros de esta forma se evitan a la vez los costes de almacenamiento y los costes de transporte de aprovisionamiento, así como los costes de devolución de libros que no se venden.

Smooth FM proporciona emisiones de radio “a medida” para Houston, Boston, Milwaukee, Albany y Jacksonville, desde su emisora en la periferia de Manhattan. Así es como trabaja: durante los bloques de 40 minutos de música de Smooth FM, un locutor, en Manhattan, se ocupa de grabar bloques de 30 segundos sobre el tiempo y el tráfico local, anuncios, promociones y 5 segundos de identificación de las estaciones de radio. A continuación se transmite el material grabado a las estaciones afiliadas. Cuando el bloque de música se acaba, el locutor de Manhattan aprieta un botón que indica a las computadoras de todas las filiales que, simultáneamente, emitan los segmentos “locales” pregrabados. Se puede añadir cualquier noticia o anuncio nacional desde Manhattan. El resultado es la economía de la producción en masa y un producto a medida para el mercado local. La gente de la radio lo llama “personalización local”.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (1 de junio de 1999), B1, B4; y *Forbes* (4 de diciembre de 1995), pp 49-50.

² www.emusic.com



Video 7.3

Estrategia de proceso para las ambulancias de Wheeled Coach

FIGURA 7.5 ■ Los directores de operaciones utilizan modularización imaginativa, programación eficaz y producción rápida para alcanzar la personalización en masa

ciones eliminan las conjeturas implícitas en los pronósticos de ventas, y entonces producen contra pedido. La **producción contra pedido** implica producir para los pedidos de los consumidores, en vez de para las previsiones de demanda. Esto hace disminuir los inventarios, pero aumenta la presión en la programación y en el rendimiento de la cadena de suministros. Producción contra pedido y personalización en masa son conceptos exigentes, pero las buenas organizaciones son líderes en este campo.

Fabricación contra pedido

Se fabrica en función de los pedidos de los clientes, y no en función de previsiones de la demanda.

Comparación de las diferentes estrategias de proceso

En la Tabla 7.2 y en la Figura 7.5 se muestran las características de los cuatro procesos. Existen ventajas a lo largo del continuo que forman los procesos, y las empresas pueden encontrar ventajas estratégicas en cualquiera de ellos. Cada uno de los procesos, cuando se ajusta correctamente al volumen y a la variedad, puede dar lugar a una ventaja de costes reducidos. Por ejemplo, los costes unitarios serán inferiores en el caso de procesos continuos si existe un elevado volumen de producción (y alta utilización). Sin embargo, no siempre utilizamos el proceso continuo (es decir, equipos e instalaciones especializadas) porque es demasiado caro cuando el volumen es reducido o se necesita flexibilidad. Un bien o servicio exclusivo, muy diferenciado, y de bajo volumen de producción, es más económico cuando se produce bajo un enfoque a proceso; ésta es la forma en que se organizan los restaurantes de lujo y los hospitales de atención general. De la misma manera que los cuatro enfoques, cuando se seleccionan apropiadamente y se gestionan correctamente pueden dar lugar a costes reducidos, también pueden proporcionar rapidez de respuesta al mercado y producir productos diferenciados.

La Figura 7.5 indica que la utilización de equipos en una instalación enfocada a proceso se encuentra a menudo en el intervalo del 5 al 25%. Cuando la utilización sobrepasa el 15% puede ser ventajoso moverse hacia un proceso repetitivo o enfocado a producto, o incluso a la personalización en masa. Normalmente, una mejora en la utilización produce una ventaja en el coste, siempre y cuando se mantenga la flexibilidad necesaria.

Las casas prefabricadas representan el 32% de todas las casas nuevas vendidas actualmente en Estado Unidos. Esta industria ha logrado aumentar las ventas y disminuir los costes, transformando su modo de producción desde un enfoque a proceso a un enfoque repetitivo.

TABLA 7.2 ■ Comparación de las características de los cuatro tipos de procesos

Enfoque a proceso (bajo volumen, alta variedad) (Ejemplo: Standard Register)	Proceso repetitivo (modular) (Ejemplo: Harley Davidson)	Enfoque a producto (alto volumen, baja variedad) (Ejemplo: Nucor Steel)	Personalización en masa (alto volumen, alta variedad) (Ejemplo: Dell Computer)
1. Se producen pequeñas cantidades y gran variedad de productos.	1. Se producen grandes tandas, normalmente de un producto estandarizado con opciones, a partir de módulos.	1. Se produce una gran cantidad y poca variedad de productos.	1. Se produce gran cantidad y gran variedad de productos.
2. El equipo utilizado es de propósito general.	2. Equipo especializado ayuda en la utilización de una cadena de montaje.	2. El equipo utilizado es especializado.	2. Cambios/preparaciones rápidas en equipos flexibles.
3. Los operarios están altamente cualificados.	3. Los empleados están relativamente bien formados.	3. Los operarios están muy poco formados.	3. Operarios flexibles están formados para adaptarse a la necesaria personalización.
4. Hay muchas instrucciones de trabajo, porque cada trabajo es diferente.	4. Las operaciones repetitivas reducen la formación y los cambios en las instrucciones de trabajo.	4. Las órdenes e instrucciones de trabajo son pocas, debido a que están estandarizadas.	4. Las órdenes personalizadas requieren muchas instrucciones de trabajo.
5. Los inventarios de materias primas son relativamente altos para el valor del producto.	5. Se utilizan técnicas de “justo a tiempo” en el aprovisionamiento.	5. Los inventarios de materias primas son relativamente bajos para el valor del producto.	5. Los inventarios de materias primas son relativamente bajos para el valor del producto.
6. El trabajo en curso es alto en comparación con el output.	6. Se utilizan técnicas de “justo a tiempo” en la gestión de inventario.	6. El inventario de trabajo en curso es bajo comparado con el output.	6. El inventario de trabajo en curso es pequeño gracias al JIT, <i>kanban</i> y la fabricación ajustada (<i>lean production</i>).
7. Las unidades se mueven lentamente a través de la planta.	7. El movimiento se mide en horas y días.	7. Es normal un movimiento rápido de las unidades a través de la instalación.	7. Los artículos se mueven rápidamente a través de la instalación.
8. Los artículos finales normalmente se hacen contra pedido y no se almacenan.	8. Los artículos finales se producen según frecuentes previsiones.	8. Los artículos acabados se realizan a partir de una previsión y se almacenan.	8. Los artículos acabados se realizan habitualmente contra pedido.
9. Programar los pedidos es complejo, y exige conseguir un equilibrio entre disponibilidad de inventario, capacidad y servicio al cliente.	9. La programación está basada en producir distintos modelos a partir de varios módulos para los que se hacen previsiones.	9. La programación es relativamente simple, y consiste en establecer una tasa de producción suficiente para satisfacer las previsiones de ventas.	9. Se requiere una sofisticada programación para satisfacer las órdenes personalizadas de los clientes.
10. Los costes fijos tienden a ser bajos y los variables altos.	10. Los costes fijos dependen de la flexibilidad de la instalación.	10. Los costes fijos tienden a ser altos y los variables bajos.	10. Los costes fijos tienden a ser altos, pero los costes variables deben ser bajos.
11. El coste se estima antes de hacer el trabajo, pero sólo se conoce después del trabajo.	11. Los costes normalmente son conocidos, debido a la amplia experiencia previa.	11. Puesto que los costes fijos son altos, los costes dependen mucho de la utilización de la capacidad.	11. Los altos costes fijos y los cambiantes costes variables hacen del conseguir costes competitivos un desafío.

McDonald's dio un giro completo, iniciando una industria completamente nueva, cuando cambió desde su enfoque a proceso a un enfoque repetitivo. Esta empresa está intentando añadir ahora más variedad yendo hacia la personalización en masa (véase la sección de Perfil de una empresa global que abre el Capítulo 9).

Mucho de lo que se produce en el mundo se produce todavía en lotes muy pequeños (a menudo tan pequeños como la unidad). Esto ocurre en despachos de abogados, servicios médicos, dentistas o restaurantes. La máquina de rayos X de la consulta de un dentista o la mayor parte de los equipos de un restaurante de lujo tienen una baja utilización. Los hospitales también pueden situarse en este grupo de baja utilización, lo que explicaría sus altos costes. ¿A qué se debe esta baja utilización? En parte, porque se desea tener un exceso de capacidad para hacer frente a los picos de carga. Los directores de hospitales, así como los de otras instalaciones de servicios, y sus pacientes y clientes cuentan con que los equipos estén disponibles cuando se necesiten. Otra razón de la baja utilización es una mala programación (aunque se han hecho grandes esfuerzos para prever la demanda en el sector servicios) y el desequilibrio resultante en el uso de las instalaciones.

Gráficos comparativos de punto de equilibrio La comparación de los procesos puede ampliarse buscando el punto en el que cambia el coste total de los procesos. Por ejemplo, la Figura 7.6 muestra tres procesos alternativos comparados en un único gráfico. Este grá-

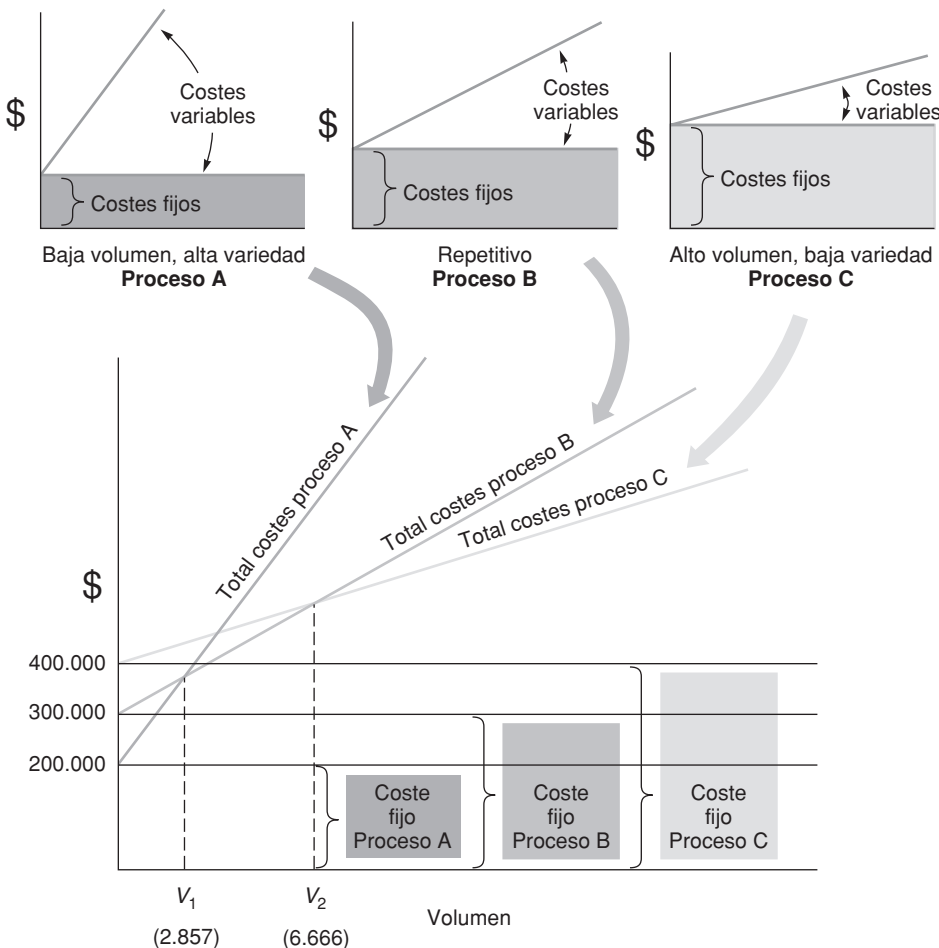


FIGURA 7.6 ■
Gráfico comparativo de punto de equilibrio

Gráfico comparativo de punto de equilibrio

Un gráfico de costes en función de posibles volúmenes de producción para más de un proceso

EJEMPLO 4 Gráfico comparativo de punto de equilibrio



Active Model 7.1

El Ejemplo 4 se ilustra más extensamente en el ejercicio Active Model 7.1 del CD-ROM y en uno de los ejercicios al final del capítulo.

El gráfico se denomina en ocasiones **gráfico comparativo de punto de equilibrio o punto muerto**. El proceso A es el que tiene el coste más bajo para volúmenes de producción inferiores a V_1 , el proceso B tiene el coste más bajo para volúmenes entre V_1 y V_2 , y el proceso C tiene el coste más bajo para volúmenes superiores a V_2 .

El Ejemplo 4 muestra cómo se determina el volumen exacto en el que un proceso se hace más caro que otro.

Kleber Enterprises está evaluando tres software de contabilidad (A, B y C) para apoyar los cambios en sus procesos de contabilidad interna. Los procesos resultantes tendrán estructuras de costes análogas a las que se muestran en la Figura 7.6. Los costes del software para estos procesos son:

	Coste fijo total	Coste por cada informe contable
Software A	200.000\$	60\$
Software B	300.000\$	25\$
Software C	400.000\$	10\$

El programa A ofrece un proceso que es más económico hasta un volumen V_1 , pero ¿hasta qué número exacto de informes (volumen)? Para calcular el volumen V_1 igualamos el coste del programa A al del programa B. V_1 es el volumen desconocido.

$$\begin{aligned} 200.000 + (60) V_1 &= 300.000 + (25) V_1 \\ 35 V_1 &= 100.000 \\ V_1 &= 2.857 \end{aligned}$$

Esto significa que el programa A es más económico de 0 informes a 2.857 informes (V_1).

Análogamente, para calcular el punto de equilibrio para V_2 , igualamos el coste del programa B al coste del programa C.

$$\begin{aligned} 300.000 + (25) V_2 &= 400.000 + (10) V_2 \\ 15 V_2 &= 100.000 \\ V_2 &= 6.666 \end{aligned}$$

Esto significa que el programa B es más económico si el número de informes está entre 2.857 (V_1) y 6.666 (V_2), y que el programa C es más económico si el número de informes es superior a 6.666 (V_2).

Como se puede ver, el software elegido depende mucho del volumen de informes a hacer previsto.

Procesos enfocados En una incesante búsqueda de la eficiencia, las sociedades industrializadas continúan moviéndose hacia la especialización. El enfoque que conlleva la especialización contribuye a la eficiencia. Los directivos que se centran en un limitado número de actividades, productos y tecnologías hacen las cosas mejor. A medida que aumenta el número de productos en una instalación, los costes generales aumentan aún más deprisa. Análogamente, a medida que aumenta la variedad de productos, clientes y tecnologías, aumenta la complejidad. Los recursos necesarios para gestionar la complejidad

dad aumentan de forma desproporcionada. Las empresas excepcionales tienen como característica un enfoque en profundizar en la línea de productos, y no en su amplitud, destacando como ejemplos de ámbito mundial Intel, Motorola, L.M. Ericsson, Nokia y Bosch. La especialización, la simplificación, la concentración y el *enfoque* generan eficiencia. También generan éxito financiero y comercial. El enfoque puede estar en:

- Los *clientes* (como en el caso de Winterhalter Gastronom, una empresa alemana centrada en lavavajillas para hoteles y restaurantes, y para la cual los vasos y platos imaculados son esenciales).
- Las *familias de productos* con atributos parecidos (como la fábrica de Nucor Steel en Crawford, Ohio, que sólo procesa láminas de acero de alta calidad, y Gallagher, una empresa neozelandesa, que tiene el 45% del mercado mundial de vallas electrificadas).
- El *servicio* (como en el caso del hospital Arnold Palmer en Orlando, con un enfoque a los niños y las mujeres; o el caso del hospital Shouldice, en Canadá, enfocado a la operación de hernias).
- La *tecnología* (como en el caso de Texas Instruments, con un enfoque a sólo determinados tipos especializados de semiconductores; y Microsoft, que, a pesar de la gran variedad de oportunidades, sigue centrada en el software).

La clave para el director de operaciones es avanzar continuamente hacia la especialización, enfocándose a los productos, la tecnología, los clientes, los procesos y los talentos necesarios para sobresalir en esa especialidad.

Cambio de procesos El cambio del sistema de producción, pasando de un modelo de proceso a otro, es difícil y caro. En algunos casos el cambio puede significar volver a empezar. Analice lo que se necesita para realizar un simple cambio: que McDonald's añada la flexibilidad necesaria para servir una hamburguesa asada a la parrilla de carbón. Lo que parece ser más bien sencillo requerirá cambios en muchas de nuestras diez decisiones de dirección de operaciones. Por ejemplo, pueden ser necesarios cambios en: (1) la compra (una calidad diferente de carne, tal vez con más contenido en grasa, y suministros tales como carbón); (2) las normas sobre calidad (cuánto tiempo y a qué temperatura se debe hacer la carne); (3) el equipo (parrilla para carbón); (4) el layout (espacio para el nuevo proceso y para los nuevos extractores de humos), y (5) la formación. Así pues, la elección de dónde operar en el continuo de las estrategias de proceso determinará la estrategia de transformación para un largo periodo de tiempo. Esta crítica decisión se debe tomar bien a la primera.

ANÁLISIS Y DISEÑO DE PROCESOS

Cuando se analizan y diseñan procesos para transformar recursos en bienes y servicios, nos planteamos el siguiente tipo de preguntas:

- ¿Se diseña el proceso para alcanzar ventajas competitivas en términos de diferenciación, rapidez de respuesta o bajo coste?
- ¿Elimina el proceso los pasos que no añaden valor?
- ¿Maximiza el proceso el valor ofrecido al cliente desde el punto de vista de éste?
- ¿Conseguirá pedidos el proceso?

Diferentes herramientas nos ayudarán a comprender las complejidades del diseño y rediseño de procesos. Son formas sencillas de dar sentido a lo que pasa o debe pasar en un pro-

La personalización en masa mejora el servicio al cliente y proporciona ventaja competitiva. El proceso de producción de bicicletas personalizadas de National Bicycle comienza definiendo las necesidades del cliente. El cliente se monta en un cuadro especial de bicicleta en una tienda de bicicletas con objeto de que se le tomen las medidas. Estas medidas del cliente se envían a la fábrica, donde un software de CAD diseña un plano en aproximadamente 3 minutos. Al mismo tiempo, se prepara una etiqueta de código de barras que identificará a los componentes de la bicicleta a medida que avanza en el proceso de producción. El tiempo (desde el comienzo hasta el final) es solamente de 3 horas.

Las organizaciones ágiles son rápidas y flexibles en su respuesta al cambio de los requerimientos del cliente.

Cada etapa de su proceso tiene que añadir valor.

ceso. Veamos cinco de estas herramientas: diagrama de flujo, mapas en función del tiempo, mapas de flujo de valor, gráficos de proceso y diagramas de servicio (*blueprint*).

Diagramas de flujo

Diagrama de flujo

Un diagrama utilizado para analizar el movimiento de personas o material.

La primera herramienta es el **diagrama de flujo**, que es un esquema o dibujo del movimiento del material, el producto o las personas. Por ejemplo, las Figuras 7.2, 7.3 y 7.4 muestran el proceso de Standard Register, Harley-Davidson y Nucor Steel respectivamente. Tales diagramas pueden ayudar a la comprensión, análisis y comunicación de un proceso.

Mapas en función del tiempo

Una segunda herramienta para el análisis y diseño del proceso es un diagrama de flujo, pero con el tiempo añadido en el eje horizontal. Estos gráficos se denominan en ocasiones mapas en función del tiempo o mapas de proceso. En los **mapas en función del tiempo** los vértices indican las actividades y las flechas indican la dirección del flujo, con el tiempo en el eje horizontal. Este tipo de análisis permite al usuario identificar y eliminar desperdicios o pérdidas tales como, por ejemplo, etapas de más, duplicaciones y demoras. La Figura 7.7(a, b) muestra el uso del mapa de proceso antes y después de la mejora del proceso en American National Can Company. En este ejemplo, una importante reducción en el tiempo de espera y la mejora del proceso en su secuencia de realización contribuyó a un ahorro de 46 días.

Mapa en función del tiempo (o mapa del proceso)

Un diagrama de flujo, pero con el tiempo añadido en el eje horizontal.

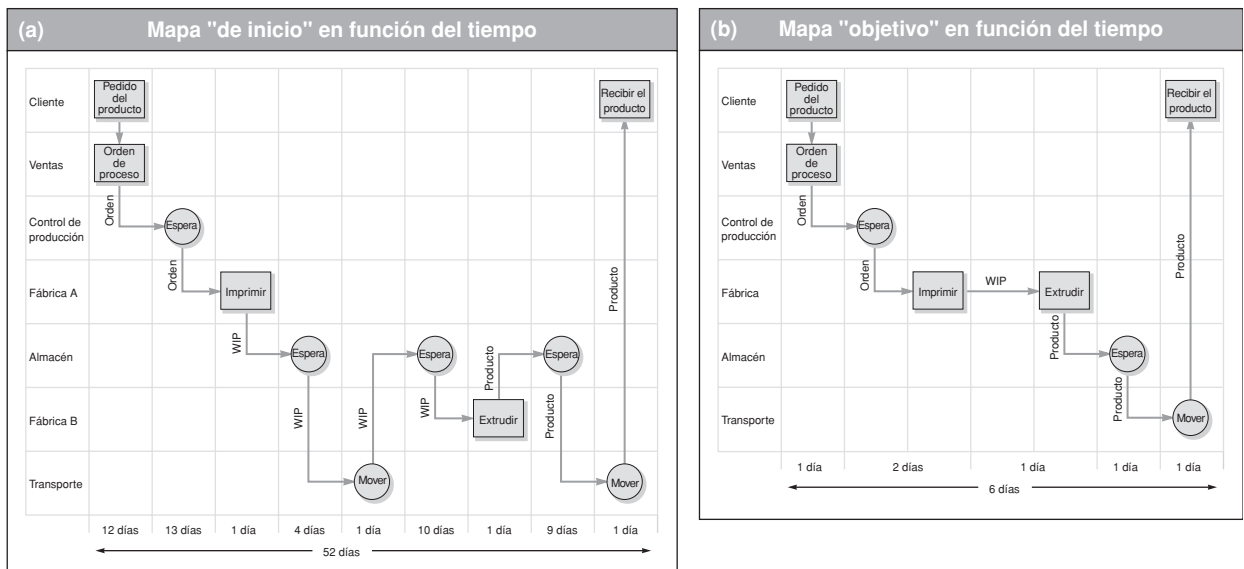


FIGURA 7.7 ■ Mapas en función del tiempo (mapas de proceso) para un producto que requiere operaciones de imprimir y extrudir en la American National Can Company

Esta técnica muestra claramente cómo el tiempo de espera y el orden de procesamiento contribuyeron considerablemente al ahorro de 46 días en esta operación.

Fuente: Seleccionado de "Faster, Better and Cheaper" de Elaine J. Labach en *Target*, n.º 5 (invierno de 1991), p. 43, con permiso de la Association for Manufacturing Excellence, 380 West Palatine Road, Wheeling, IL. 60030-5863, 847/520-3282. www.ame.org.

Mapa de flujo de valor

Una variación del mapa en función del tiempo es el **mapa de flujo de valor**; sin embargo, el mapa de flujo de valor adopta una visión más amplia examinando donde se está añadiendo valor (y dónde no) en el proceso completo de producción, incluida la cadena de suministros. Al igual que en el caso de los mapas en función del tiempo, la idea consiste en partir del cliente y comprender el proceso de producción, pero el mapa de flujo de valor amplía el análisis hacia atrás hasta llegar los proveedores³. Esta técnica tiene en cuenta, no sólo el proceso, sino también las decisiones directivas y los sistemas de información que respaldan el proceso.

Gráficos de proceso

La cuarta herramienta es el *gráfico de proceso*. Los **gráficos de proceso** utilizan símbolos, tiempo y distancias para proporcionar una forma objetiva y estructurada de analizar y registrar las actividades que constituyen un proceso⁴. Nos permiten centrarnos en las actividades que añaden valor. Por ejemplo, el gráfico de proceso mostrado en la Figura 7.8 presenta el método actual de preparar hamburguesas en un restaurante de comida rápida,

Mapas del flujo de valor
Ayudan a los directivos a comprender cómo añadir valor en el flujo de materiales e información a través del proceso de producción.

Gráficos de proceso
Gráficos que utilizan símbolos para analizar el movimiento de personas o de material.

Método actual <input checked="" type="checkbox"/>		GRÁFICO DE PROCESO		Método propuesto <input type="checkbox"/>	
TEMA SOBRE EL QUE SE REALIZA EL GRÁFICO _____			FECHA <u>1/1/00</u>		
<u>Proceso de preparación de una hamburguesa</u>			REALIZADO POR <u>KH</u>		
DEPARTAMENTO _____			GRÁFICO N.º <u>1</u>		
			HOJA N.º <u>1</u> DE <u>1</u>		
DIST. EN PIES	TIEMPO EN MIN.	SÍMBOLOS DEL GRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO		
	—	○ → □ ▢ ▽	<i>Carne picada en almacén</i>		
1,5	0,05	○ → □ ▢ ▽	<i>Traslado a la parrilla</i>		
	2,50	⊗ → □ ▢ ▽	<i>Parrilla</i>		
	0,05	○ → □ ▢ ▽	<i>Inspección visual</i>		
1,0	0,05	○ → □ ▢ ▽	<i>Traslado a estante</i>		
	0,15	○ → □ ▢ ▽	<i>Almacenamiento temporal</i>		
0,5	0,10	○ → □ ▢ ▽	<i>Obtención de bollo, lechuga, etc.</i>		
	0,20	⊗ → □ ▢ ▽	<i>Preparación pedido</i>		
0,5	0,05	○ → □ ▢ ▽	<i>Colocación en estante final</i>		
		○ → □ ▢ ▽			
3,5	3,15	2 4 1 - 2	TOTALES		
Valor añadido por el tiempo = Tiempo de operación/Tiempo total = (2,50+0,20)/3,15 = 85,7%					

○ = Operación; → = Transporte; □ = Inspección; ▢ = Entrega; ▽ = Almacenamiento.

FIGURA 7.8 ■ Gráfico del proceso de preparación de una hamburguesa en un restaurante de comida rápida

³ Véase Mike Rother y John Shook, *Learning to See*, Lean Enterprise Institute, INC., Brookline, MA, 1999.

⁴ En el Capítulo 10 se muestra un ejemplo adicional de un gráfico de proceso: "Recursos humanos y diseño del trabajo".

y una línea de valor añadido para ayudarnos a distinguir entre actividades de valor añadido y actividades que representan pérdidas o desperdicios de recursos. La identificación de todas las operaciones con valor añadido (frente a otras como inspección, almacenamiento, retraso y transporte, que no añaden valor), nos permite determinar el porcentaje de valor añadido sobre el total de las actividades⁵. Podemos ver, a partir del cálculo del final de la Figura 7.8, que el valor añadido en este caso es del 85,7%. El trabajo del director de operaciones es reducir el desperdicio y aumentar el porcentaje de valor añadido. Las actividades que no tienen valor añadido suponen un desperdicio; son recursos perdidos para siempre para la empresa y para la sociedad.

Diagrama de servicio

Diagrama de servicio

Una técnica de análisis de procesos que sirve para centrarse en el cliente y en la interacción del proveedor del servicio con el cliente.

Los productos con un alto contenido de servicio pueden justificar el uso de una quinta técnica de representación de procesos. El **diagrama de servicio** es una técnica de análisis de procesos que se centra en el cliente y en la interacción del proveedor del servicio con el cliente⁶. Por ejemplo, las actividades del nivel uno de la Figura 7.9 están bajo el control del cliente. En el segundo nivel están las actividades del proveedor del servicio que interaccionan con el cliente. En el tercer nivel se sitúan aquellas actividades que se han desarrollado lejos del cliente, y no justo delante de él. Cada nivel plantea diferentes aspectos de gestión. Por ejemplo, el nivel más alto puede plantear la necesidad de educar al cliente o modificar sus expectativas, mientras que el segundo nivel puede requerir un enfoque en la selección de personal y en la formación. Finalmente, el tercer nivel se presta a las innovaciones de procesos más típicas. El diagrama de servicio mostrado en la Figura 7.9 también señala posibles puntos de fallo, y cómo se pueden aplicar técnicas *poka-yoke* para mejorar la calidad⁷. Las consecuencias negativas de estos puntos de fallo se pueden reducir significativamente si se identifican en la etapa de diseño, cuando se pueden incluir modificaciones o medidas *poka-yoke* adecuadas.

Cada una de estas cinco herramientas de análisis de procesos tiene sus puntos fuertes y discrepancias. Los diagramas de flujo son un manera rápida de ver la imagen global del proceso e intentar entender la totalidad del sistema. Los mapas en función del tiempo añaden rigor, así como el elemento tiempo, al análisis macro. Los mapas de flujo de valor van más allá de la propia organización pues tienen en cuenta también a clientes y proveedores. Los gráficos de proceso están diseñados para proporcionar una visión mucho más detallada, y suman elementos como tiempo de valor añadido, retraso, distancia, almacenamiento, etcétera. El diagrama de servicio, por otro lado, está diseñado para ayudar a centrarnos en la parte del proceso con interacción del cliente. Como la interacción con el cliente es, a menudo, una variable importante en el diseño del proceso, vamos a examinar ahora algunos aspectos adicionales del diseño de procesos de servicio.

⁵ El desperdicio incluye la *inspección* (si la tarea se realiza correctamente es innecesario hacer una inspección); el *transporte* (el movimiento de materiales dentro de un proceso puede ser un mal necesario, pero no añade valor); *demoras/retrasos* (un activo desocupado y ocupando espacio es un desperdicio); *almacenamiento* (salvo que forme parte de un proceso de “transformación”, como, por ejemplo, el envejecimiento del vino en barricas, el almacenamiento es un desperdicio).

⁶ Se le atribuye a G. L. Shostack la invención de la denominación *diagrama de servicio* (*service blueprint*). Véase G. L. Shostack, “Designing Services That Deliver”, *Harvard Business Review* 62, n.º 1 (enero-febrero de 1984), pp. 133-139.

⁷ Para cuestiones relacionadas con la filosofía *poka-yoke* en los servicios, véase el trabajo de R. B. Chase y D. M. Stewart, “Make Your Service Fail-Safe”, *Sloan Management Review* (primavera de 1994), pp. 34-44.

F Medidas Poka-Yoke para abordar posibles puntos de fallo

Poka-Yoke: Timbre en el túnel de entrada para el caso de que pasara inadvertida la llegada de un cliente.

Poka-Yoke: Si el cliente se queda en la zona de trabajo, ofrecerle un café y revistas en la sala de espera.

Poka-Yoke: Dialogar con el cliente para identificar sus expectativas y asegurarse de que acepta el servicio.

Poka-Yoke: Revisar la lista de control de tareas para su conformidad.

Poka-Yoke: El personal del servicio revisa la exactitud de la factura.

Poka-Yoke: El cliente aprueba la factura.

Poka-Yoke: El cliente inspecciona el automóvil.

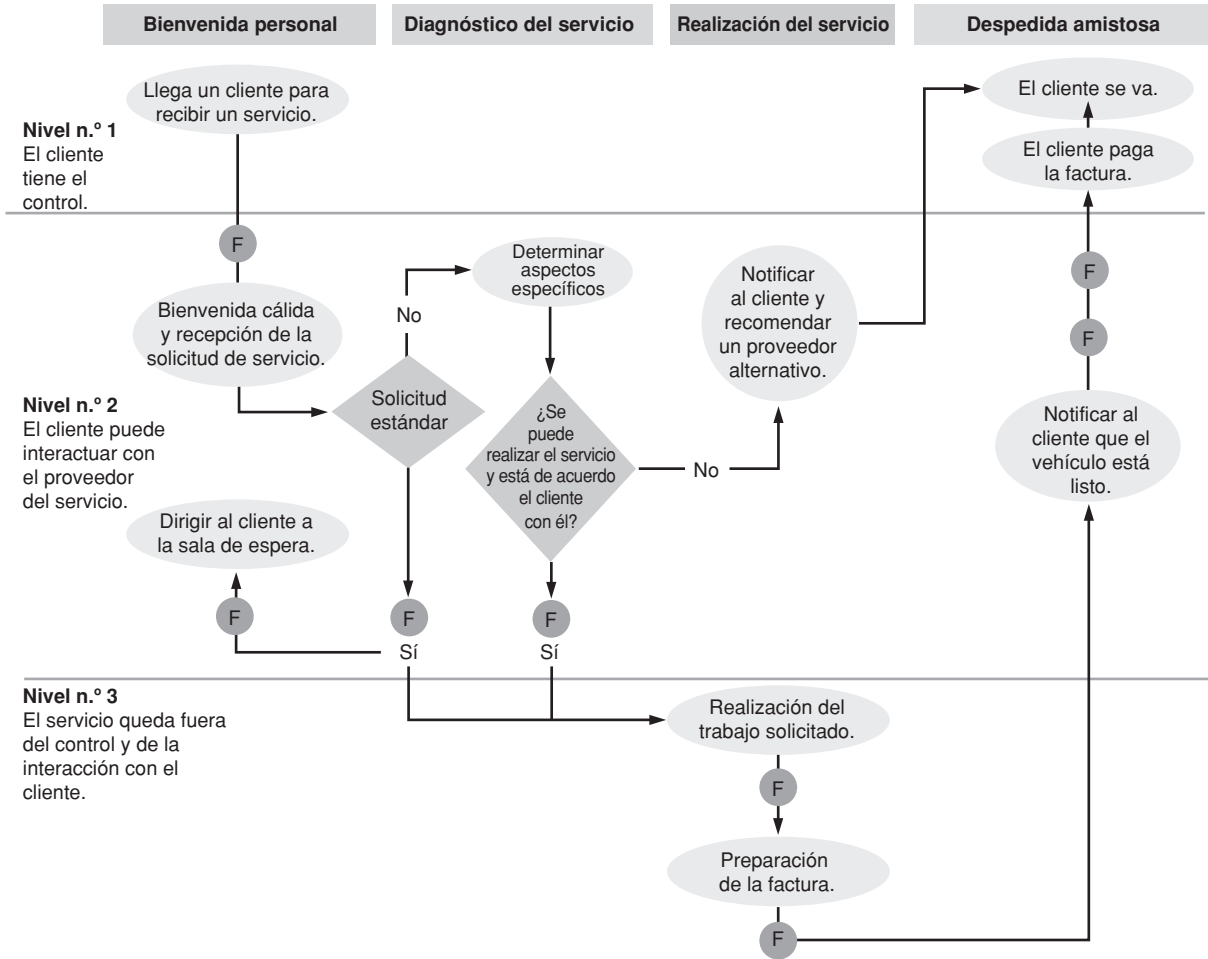


FIGURA 7.9 ■ Diagrama de servicio para el servicio en Speedy Lube, Inc.

DISEÑO DE PROCESOS DE SERVICIO

A menudo, la interacción con el cliente afecta de forma negativa al rendimiento del proceso. Pero un servicio, por su misma naturaleza, implica que es necesaria alguna interacción y personalización. Sabiendo que los deseos especiales del cliente tienden a complicar

Restaurantes como Darden's Red Lobster forman parte de la industria de los servicios, pero son también la parte final de una larga cadena de producción. Al principio de la cadena las materias primas llegan a Red Lobster (27 millones de kilogramos de marisco al año). El marisco se compra en todo el mundo. Las gambas llegan en cajas congeladas desde Ecuador y Tailandia a la planta de procesamiento de Red Lobster en San Petersburgo, Florida. Allí, las gambas se colocan en una cinta transportadora para ser peladas, cocidas, congeladas en el acto, clasificadas y vueltas a empaquetar, para ser por último entregadas a cada restaurante.

un proceso, cuanto más diseñen los directivos el proceso para acomodarlo a estos requisitos especiales, más eficaz y eficiente será el proceso. Observe lo bien que ha gestionado Dell Computer la conexión entre cliente y proceso utilizando Internet (véase el apartado *Perfil de una empresa global* al inicio de este capítulo). El secreto está en encontrar la combinación correcta entre coste e interacción con el cliente.

Interacción con el cliente y diseño del proceso

Los cuatro cuadrantes de la Figura 7.10 proporcionan información adicional para comprender cómo los directores de operaciones diseñan los procesos de servicio para encontrar el mejor nivel de especialización y enfoque a la vez que mantienen la necesaria interacción con el cliente y personalización. Las diez decisiones sobre operaciones presentadas en el Capítulo 2 se utilizan con diferente énfasis en cada cuadrante. Por ejemplo:

- En las secciones superiores (cuadrantes) de *servicio en masa* y *servicio profesional*, donde *el contenido en trabajo es elevado*, se espera que el directivo se centre ampliamente en los recursos humanos. Estos cuadrantes requieren que los directivos sepan cómo abordar aspectos concretos que satisfagan a los clientes, y consigan pedidos. Esto se hace a menudo mediante un servicio muy personalizado, que requiere una alta implicación del personal y, por lo tanto, conlleva relevantes aspectos de selección y formación en el área de recursos humanos. Esto es especialmente cierto en el cuadrante de los servicios profesionales.

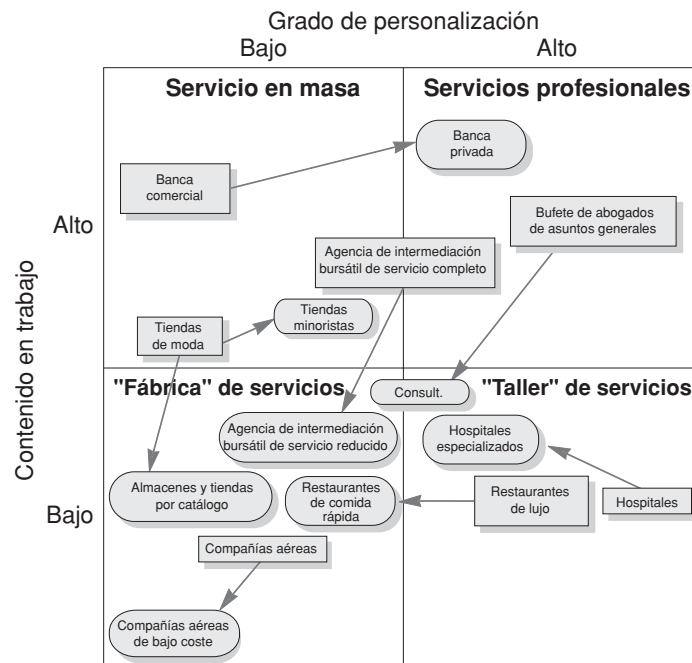


FIGURA 7.10 ■ Los servicios se mueven hacia la especialización y el enfoque dentro de la matriz de procesos de servicio

Fuente: Adaptado del trabajo de Roger Schmenner, "Service Business and Productivity", *Decision Sciences* 35, n.º 3 (verano de 2004), pp. 333-347.

- Los cuadrantes con *poca personalización* tienden a (1) estandarizar o restringir algunas ofertas del servicio, como se hace en los restaurantes de comida rápida, (2) automatizarlas, como en algunas compañías aéreas que tienen máquinas expendedoras de billetes, o (3) eliminar algunos servicios, como asignación de asientos, como hace Southwest Airlines. La eliminación de algunos aspectos del servicio a través de la automatización puede requerir innovaciones en el diseño de los procesos, así como inversiones de capital. Es el caso de las máquinas expendedoras de billetes de las compañías aéreas y de los cajeros automáticos de los bancos. Este movimiento hacia la estandarización y la automatización puede requerir un desembolso de capital adicional, además de poner a los directores de operaciones bajo la presión de tener que desarrollar nuevas habilidades para la compra y mantenimiento de esos equipos. Una reducción de la capacidad de personalización requerirá añadir o aumentar puntos fuertes en otras áreas.
- Como el conocimiento de la respuesta (*feedback*) del cliente es menor en los cuadrantes con *poca personalización*, puede ser necesario un control riguroso para mantener los estándares de calidad.
- Las operaciones con *poca intensidad de trabajo* pueden prestarse especialmente bien para innovaciones en tecnología de proceso y programación.

La Tabla 7.3 muestra algunas técnicas adicionales para el diseño de procesos innovadores en servicios. Los directores deberán centrarse en el diseño de procesos innovadores que mejoren el servicio. Por ejemplo, en los supermercados el autoservicio reduce los cos-

TABLA 7.3 ■ Técnicas para mejorar la productividad del servicio

Estrategia	Técnica	Ejemplo
<i>Separación</i>	<i>Estructurar el servicio</i> de modo que los clientes deban <i>ir</i> a donde se ofrece el servicio	Los clientes del banco se dirigen al director de la oficina para abrir una nueva cuenta, al oficial de préstamos para solicitar un préstamo y a los cajeros para efectuar los depósitos
<i>Autoservicio</i>	<i>Autoservicio</i> ; de este modo los clientes examinan, comparan y evalúan a su propio ritmo	Supermercados y grandes almacenes Comprar por Internet
<i>Aplazamiento (Postponement)</i>	<i>Personalización</i> en la entrega	Personalización de furgonetas en la entrega mejor que en la producción
<i>Enfoque</i>	<i>Restricción</i> de ofertas	Restaurantes de menú limitado
<i>Módulos</i>	Selección <i>modular</i> del servicio Producción <i>modular</i>	Selección de inversiones y seguros Preempaquetado de módulos de comida en los restaurantes
<i>Automatización</i>	<i>Separar los servicios</i> que pueden prestarse a algún tipo de automatización	Cajeros automáticos
<i>Programación</i>	<i>Programar</i> sólo el personal exactamente necesario	Programación del personal de la ventanilla de venta de billetes en las compañías aéreas en intervalos de 15 minutos
<i>Formación</i>	<i>Explicar</i> las opciones del servicio <i>Explicar los problemas</i>	Asesores de inversión; directores de funerarias Personal de mantenimiento postventa

tes, al tiempo que permite al cliente comprobar las características específicas que desea, tales como frescura o color. Dell Computer proporciona otra versión de autoservicio, permitiendo al cliente diseñar su propio producto en la red. Parece ser que esto es lo que quieren los clientes, y es más barato y más rápido para Dell.

Más oportunidades para mejorar los procesos en servicios



Vídeo 7.4

**Análisis de proceso
en el hospital Arnold
Palmer**

Disposición u organización espacial (layout) El diseño del layout es un aspecto esencial de cualquier proceso de servicios, particularmente en la venta al por menor, los servicios de comida y los bancos. En la venta al por menor (*retail*), el layout puede permitir no sólo la exhibición del producto, sino también orientación al cliente y realce del producto. En los restaurantes, el layout puede mejorar la “experiencia” de la comida, así como facilitar un desplazamiento fluido entre el bar, la cocina y el comedor. En los bancos, el layout proporciona seguridad, así como fluidez del trabajo y comodidad personal. Al ser el layout parte integral de muchos servicios, proporciona una oportunidad continua para la consecución de pedidos.

Recursos humanos Dado que muchos servicios implican interacción directa con el cliente (como se ve en los cuadrantes de la parte superior de la Figura 7.9), los aspectos de recursos humanos, de selección y formación, pueden ser ingredientes especialmente importantes en los procesos de servicios. Por otro lado, un personal comprometido con la empresa, que muestre flexibilidad cuando se realizan las programaciones de empleados y que tenga la formación interdisciplinaria necesaria para realizar un trabajo en otra sección cuando el proceso no requiera una persona a tiempo completo, puede tener un tremendo impacto sobre el rendimiento del proceso global.

SELECCIÓN DE EQUIPOS Y TECNOLOGÍA

En última instancia, las decisiones sobre un determinado proceso requieren tomar decisiones sobre equipos y tecnología. Son decisiones que pueden ser complejas, ya que prácticamente en todas las funciones de operaciones (ya se trate de hospitales, restaurantes o instalaciones manufactureras) existen diferentes métodos de producción alternativos. Elegir el mejor equipo implica conocer el sector en cuestión, y los procesos y tecnologías disponibles. Esta elección de equipos (ya se trate de un aparato de rayos X en un hospital, un torno controlado por computadora en una fábrica, o una nueva computadora en una oficina) requiere considerar los costes, la calidad, la capacidad y la flexibilidad. Para tomar esta decisión, el personal de operaciones prepara documentación que refleja la capacidad, el tamaño y las tolerancias de cada opción, así como sus necesidades de mantenimiento. Cualquiera de estos atributos puede ser el factor decisivo en la elección.

La selección de la tecnología y equipos para un determinado tipo de proceso puede proporcionar también una ventaja competitiva. Muchas empresas, por ejemplo, desarrollan una máquina singular o una técnica única dentro de un proceso de producción ya establecido que les proporciona una ventaja competitiva. Esta ventaja puede concretarse en flexibilidad añadida para satisfacer las necesidades de los clientes, bajo coste, o mayor calidad. La innovación y la modificación del equipo pueden también permitir conseguir un proceso de producción más estable que requiera menos ajustes, mantenimiento y formación de los operarios. En cualquier caso, un equipo especializado proporciona a menudo la posibilidad de conseguir pedidos.

La moderna tecnología también permite a los directivos de operaciones ampliar el alcance de sus procesos. Por consiguiente, un atributo importante a la hora de buscar nue-

vos equipos y seleccionar procesos es su grado de flexibilidad. La **flexibilidad** es la capacidad de responder con una mínima consecuencia en términos de tiempo, coste o valor proporcionado al cliente. Esto puede significar equipos modulares, portátiles, e incluso de bajo coste. La flexibilidad también puede implicar el desarrollo de sofisticados equipos electrónicos, los cuales permiten realizar, cada vez más, los rápidos cambios que demanda la personalización en masa. Los avances tecnológicos que influyen en la estrategia de procesos de la dirección de operaciones son considerables, y se analizan a continuación.

Flexibilidad

Capacidad para responder con poca penalización en términos de tiempo, coste o valor proporcionado al cliente.

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

Los progresos en la tecnología que mejoran la producción y la productividad tienen una amplia gama de aplicaciones, tanto en manufactura como en servicios. En esta sección presentamos nueve áreas de tecnología: (1) máquinas de control numérico, (2) sistemas de identificación automática, (3) control de procesos, (4) sistemas de visión, (5) robots, (6) sistemas automatizados de recuperación y almacenamiento (ASRS), (7) vehículos autoguiados (AGV), (8) sistemas de fabricación flexible (FMS), y (9) fabricación integrada por computadora (CIM, *Computer-Integrated Manufacturing*).

Maquinaria de control numérico

La mayor parte de la maquinaria existente en el mundo que realiza, entre otras, operaciones de corte, taladrado, perforación y fresado está experimentando enormes progresos en precisión y control. Las nuevas máquinas producen componentes metálicos con tolerancias inferiores a un micrón, 1/76 partes del grosor de un cabello humano. Pueden acelerar un chorro de agua hasta tres veces la velocidad del sonido para cortar titanio para fabricar herramientas de cirugía. Las máquinas del siglo XXI a menudo son hasta cinco veces más productivas que la maquinaria de generaciones anteriores, al tiempo que son más pequeñas y gastan menos energía. El ahorro de espacio y de energía es significativo. Y los continuos avances en los lubricantes permiten utilizar ahora lubricantes basados en agua en vez de lubricantes de aceite. La utilización de lubricantes basados en agua elimina los residuos peligrosos, pero, tal vez aún más importante, la sustitución del aceite por agua permite ahora que se puedan recuperar y reciclar más fácilmente las virutas metálicas.

El conocimiento de que se dispone en la actualidad para el control de la nueva maquinaria mediante chips informáticos permite que se fabriquen más rápidamente artículos más complejos y de mayor exactitud. Los controles electrónicos incrementan la velocidad mediante la reducción del tiempo de cambio/preparación de la maquinaria, reduciendo el desperdicio (debido a la reducción de errores), y mejorando la flexibilidad. La maquinaria con su propia computadora y memoria se denomina **maquinaria de control numérico computerizado (CNC)**, llamadas también **máquinas de control numérico**.

En la planta de álabes de turbina de la empresa Pratt y Whitney en Connecticut se utilizan versiones avanzadas de esta tecnología. La maquinaria ha mejorado tanto las tareas de carga y alineamiento que Pratt ha disminuido el tiempo total del proceso de afilado de diez días a dos horas. La nueva maquinaria también ha contribuido a mejoras del proceso que significan que el producto tiene que recorrer sólo 1.800 pies a lo largo de la fábrica, en vez de los 8.100 pies que recorría antes. El tiempo total del proceso para producir un álabe de turbina se ha reducido desde 22 días hasta tan sólo ocho⁸.

Máquinas de control numérico (CNC)

Maquinaria con su propia computadora y memoria.

⁸ Steve Liesman, "Better Machine Tools Give Manufacturers Newfound Resilience", *The Wall Street Journal* (15 de febrero de 2001), A1, A8.

Sistemas de identificación automática (AIS)

Los nuevos equipos, desde las máquinas de fabricación controladas numéricamente hasta los cajeros automáticos, están controlados por señales electrónicas digitales. Los electro-nes son un gran vehículo para transmitir información, pero tienen una limitación funda-mental: la mayoría de los datos de dirección de operaciones no nacen en forma de bits y de bytes. Por tanto, los directores de operaciones tienen que poner sus datos en formato electrónico. La digitalización de los datos se logra mediante los teclados de las computa-doras, códigos de barras, radiofrecuencias, caracteres ópticos en los cheques, etcétera. Estos **sistemas de identificación automática** nos ayudan a poner los datos en formato electrónico, de fácil manipulación. He aquí algunos ejemplos innovadores en dirección de operaciones:

- Las enfermeras reducen los errores en los hospitales haciendo corresponder los códigos de barra en los fármacos con los brazaletes de identificación de los pacientes.
- La identificación mediante radiofrecuencia (RFID) se utiliza para hacer un segui-miento de cualquier cosa, desde su mascota hasta los palets en las fábricas. Puesto que los chips de radiofrecuencia envían señales a través de sus propias antenas de radio miniaturizadas, se elimina la necesidad de utilizar códigos de barra y escáne-res externos.
- Los transpondedores colocados en los automóviles permiten en la actualidad a McDonald's identificar y cobrar a los consumidores que ahora pueden pasar por la cola del restaurante para automóviles sin tener que pararse a pagar. Estos transpon-dedores utilizan la misma tecnología que permite a los automovilistas no parar en los peajes de algunas autopistas de pago. El personal de McDonald's está instalan-do antenas que responden a estos transpondedores y estima que la velocidad del ser-vicio ha aumentado en 15 segundos.

Sistemas de identificación automática (AIS)

Un sistema para transformar datos a formato electrónico, por ejemplo, los códigos de barras.

Control de procesos

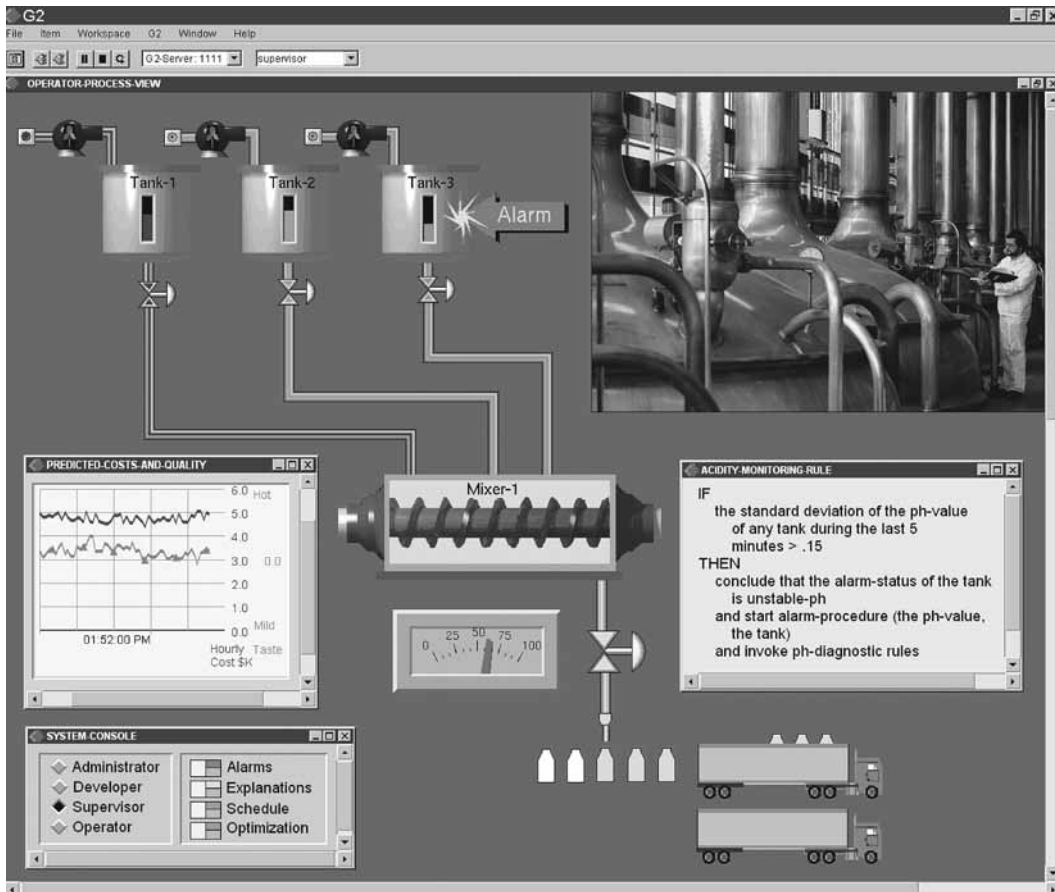
El **control de procesos** es la utilización de la tecnología de la información para supervisar y controlar un proceso físico. Por ejemplo, el control de procesos se utiliza para medir el contenido de humedad y el espesor del papel cuando éste se mueve a través de una máqui-na de papel a miles de pies por minuto. El control de procesos también se utiliza para determinar y controlar temperaturas, presiones y cantidades en refinерías de petróleo, pro-cesos petroquímicos, plantas de cemento, plantas de producción de acero, reactores nu-clears y otras instalaciones enfocadas a producto.

Los sistemas de control de procesos funcionan de diversas maneras, pero la siguiente es la más habitual:

- Sensores (normalmente dispositivos analógicos) de recogida de datos.
- Los dispositivos analógicos leen datos cada cierto tiempo, quizás una vez por minu-to o una vez por segundo.
- Las medidas se traducen a señales digitales que se transmiten a una computadora digital.
- Los programas informáticos leen el fichero (los datos digitales) y analizan los datos.
- El resultado obtenido puede adoptar numerosas formas: mensajes en consolas de computadora o impresoras, señales a motores para cambiar los ajustes de una vál-vula, luces o sirenas de aviso, gráficos de control estadístico de procesos, o esque-mas como se muestran en la fotografía de la página siguiente.

Control de procesos

La utilización de la tecnología de la información para controlar procesos físicos.



El software de control de procesos, como el Factory Link IV, que se muestra aquí, controla el flujo de azúcares y frutas hacia un mezclador. El informe de producción en la esquina inferior izquierda ofrece un informe sobre la situación actual.

Sistemas de visión

Los **sistemas de visión** combinan cámaras de vídeo y tecnología informática, y se utilizan con frecuencia en tareas de inspección. La inspección visual es una tarea importante en la mayoría de las organizaciones de procesamiento de alimentos y de fabricación. Además, en muchas aplicaciones, la inspección visual realizada por personas es tediosa, extremadamente aburrida, y propensa a errores. Así pues, los sistemas de visión se utilizan ampliamente cuando los artículos que se van a inspeccionar son muy similares. Por ejemplo, los sistemas de visión se utilizan para inspeccionar las patatas fritas, para que las imperfecciones se puedan identificar cuando las patatas avanzan por la línea de producción. Los sistemas de visión se utilizan para asegurar que se ha realizado el sellado correctamente en las transmisiones de las lavadoras de Whirlpool, y para inspeccionar los montajes de conmutadores en la planta de Foster en Des Plaines, Illinois. Los sistemas de visión son muy precisos, no se aburren y tienen un coste moderado. Por consiguiente, estos sistemas son mucho más eficaces que las personas para la realización de este tipo de tareas.

Robots

Cuando una máquina es flexible y tiene la capacidad de sujetar, trasladar y quizás «agarrar» objetos, tendemos a utilizar la palabra *robot*. Los **robots** son dispositivos mecánicos

Sistemas de visión

Utilización de cámaras de vídeo y tecnología informática en tareas de inspección.

Robots

Una máquina flexible con la habilidad de sostener, trasladar y agarrar objetos. Funciona a través de impulsos electrónicos que activan motores e interruptores.

Flowers Bakers en Villa Rica, Georgia, utiliza un sistema de visión para inspeccionar los panecillos de sándwich. Los panecillos recién cocidos son inspeccionados con una cámara digital a medida que avanzan por la línea de producción. Los artículos que no dan la talla en cuanto a color, forma, distribución de las semillas o tamaño, se identifican y retiran inmediatamente de la cinta transportadora.

Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS)

Almacenes controlados informáticamente que realizan la colocación y la retirada de componentes y productos, en y desde las zonas designadas en el almacén.

Vehículos autoguiados (AGV)

Una carretilla guiada y controlada electrónicamente, utilizada para trasladar materiales.

Sistema de fabricación flexible (FMS)

Un sistema que utiliza una célula de trabajo automatizada controlada por señales electrónicas que provienen de una computadora centralizada.

que pueden tener unos pocos impulsos electrónicos almacenados en chips semiconductores que activan motores e interruptores. Los robots se pueden utilizar eficientemente para realizar tareas que son especialmente monótonas o peligrosas, o que se pueden mejorar mediante la sustitución de esfuerzos humanos por mecánicos. Esto ocurre cuando se puede mejorar la consistencia, precisión, velocidad, fuerza o energía mediante la sustitución de personas por máquinas. Ford, por ejemplo, utiliza robots para hacer el 98% de las soldaduras de algunos de sus automóviles.

Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS)

Debido a la gran cantidad de mano de obra implicada en los procesos de almacenamiento (muy propensos a errores), se han desarrollado almacenes controlados informáticamente. Estos sistemas, conocidos como **sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS, Automated Storage and Retrieval Systems)**, realizan la colocación y la retirada de componentes y productos, en y desde localizaciones concretas del almacén. Estos sistemas se utilizan comúnmente en instalaciones de distribución de tiendas al por menor, como Wal-Mart, Tupperware y Benetton. Estos sistemas también se encuentran en las áreas de inventario y de control de las empresas manufactureras.

Vehículos autoguiados (AGV)

El manejo automatizado de materiales puede realizarse a través de monorraíles, cintas transportadoras, robots o vehículos autoguiados. **Los vehículos autoguiados (AGV, Automatic Guided Vehicles)** son carretillas guiadas y controladas electrónicamente que se utilizan en fabricación para mover componentes y equipos. También se utilizan en las oficinas para trasladar la correspondencia, y en hospitales y cárceles para suministrar comidas.

Sistema de fabricación flexible (FMS)

Cuando una computadora central proporciona instrucciones para cada estación de trabajo y para el equipo de manejo de material (que traslada el material a cada estación de trabajo), el sistema se denomina célula de trabajo automatizada, o **sistema de fabricación flexible (FMS, Flexible Manufacturing System)**. Un FMS es flexible porque tanto los dispositivos de manejo del material como las propias máquinas se controlan mediante señales electrónicas (programas de computadora) fácilmente modificables. El operador del sistema, cuando sea necesario simplemente carga nuevos programas para producir diferentes productos. El resultado es un sistema que puede producir económicamente bajos volúmenes pero alta variedad. Por ejemplo, las instalaciones de Lockheed-Martin cerca de Dallas fabrican de forma eficiente repuestos especiales para aviones militares. Los costes asociados con los cambios en las máquinas y con su baja utilización se han reducido sensiblemente. Los sistemas FMS salvan el vacío que hay entre las instalaciones enfocadas a producto y las instalaciones enfocadas a proceso.

Sin embargo, los FMS no son una panacea, ya que los componentes individuales (máquinas y dispositivos de manejo de materiales) tienen sus propias limitaciones físicas. Por ejemplo, las instalaciones de fabricación de computadoras portátiles de IBM en Austin, Texas, pueden ensamblar *sólo* productos electrónicos que quepan en el espacio de $61 \times 61 \times 36$ cm del FMS. Un FMS tiene también unos requisitos estrictos de comunicación entre componentes especiales que se encuentran en él. Sin embargo, el tiempo de reducción en los cambios/preparaciones de equipos y una programación del trabajo más precisa permiten una producción más rápida y una mejor utilización. Debido a que hay menos errores, se consigue reducir las pérdidas por desperdicios, lo que también contribu-

ye a reducir los costes. Estas características son las que están buscando los directores de operaciones: flexibilidad para proporcionar productos a medida (personalizados), mejor utilización para reducir costes, y mejora del rendimiento para mejorar la respuesta.

Fabricación integrada por computadora (CIM)

Los sistemas de fabricación flexible pueden extenderse hacia atrás electrónicamente a los departamentos de ingeniería (CAD) y de control de inventarios, y hacia adelante a los departamentos de almacenamiento y de expedición/distribución. De esta forma, los sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) generan las instrucciones electrónicas necesarias para hacer funcionar una máquina de control numérico. En un entorno de fabricación integrada por computadora, un cambio de diseño iniciado en un terminal de CAD puede traducirse en cuestión de minutos en un cambio sobre la pieza que se está produciendo en el taller. Cuando esta capacidad se integra con el control de inventario, almacén y envío, como parte de un sistema de fabricación flexible, el sistema completo se denomina **fabricación integrada por computadora (CIM, Computer Integrated Manufacturing)** (Figura 7.11).



Vídeo 7.5

Fabricación integrada por computadora en Harley-Davidson

Fabricación integrada por computadora (CIM)

Un sistema de fabricación en el que están integrados el CAD, el FMS, el control de inventarios, el almacenaje y la expedición.

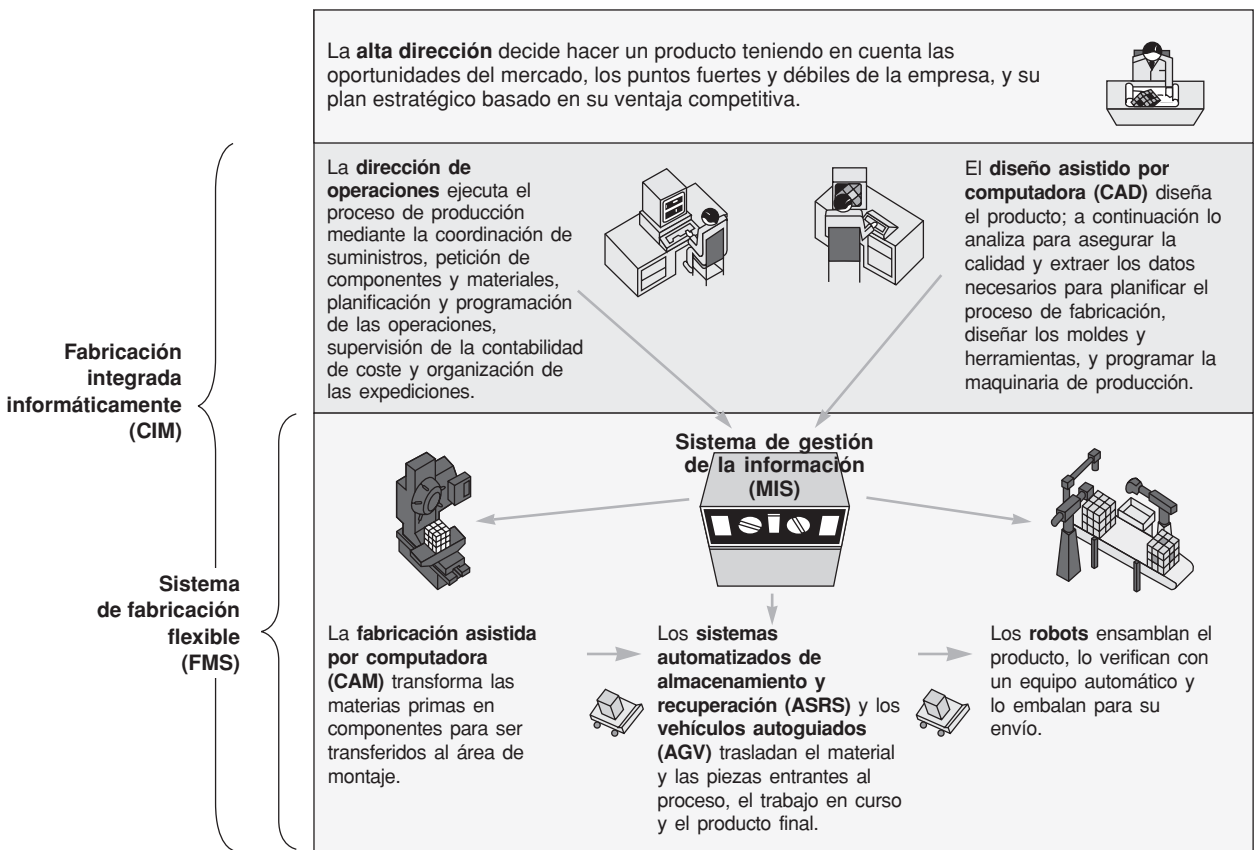


FIGURA 7.11 ■ Fabricación integrada por computadora

La fabricación integrada por computadora (CIM) comprende el diseño asistido por computadora (CAD), la fabricación asistida por computadora (CAM), los sistemas de fabricación flexible (FMS), los sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS) y los vehículos autoguiados (AGV) para proporcionar un proceso de fabricación integrado y flexible.

Los sistemas de fabricación flexible y la fabricación integrada por computadora están reduciendo la distinción entre producción de bajo volumen y alta variedad, y producción de alto volumen y poca variedad. La informática está permitiendo a los FMS y a los CIM producir una mayor variedad de productos a la vez que se amplía el rango de volúmenes.

TECNOLOGÍA EN LOS SERVICIOS

Igual que hemos asistido a rápidos avances de la tecnología en el sector manufacturero, también encontramos drásticos cambios en el sector servicios. Éstos van desde equipos de diagnóstico electrónico en talleres de reparación de automóviles, hasta equipos de análisis de sangre y de orina en los hospitales, pasando por escáneres de la retina para el control de la seguridad en los aeropuertos o en instalaciones de alta seguridad. La industria hotelera también proporciona un buen ejemplo de las muchas formas en las se puede utilizar la tecnología en el sector servicios (véase el recuadro sobre *Dirección de operaciones en acción*, “Cambios tecnológicos en la industria hotelera”). Como puede que sepa, usted ahora puede autorizar el pago de su cuenta desde su habitación del hotel a través de un canal de la televisión de su habitación. El ahorro resultante de mano de obra en la recepción y un servicio de salida (*checkout*) más rápido para el cliente proporcionan valiosos aumentos de la productividad tanto para el hotel como para el cliente.

Análogamente, Andersen Windows, de Minnesota, ha desarrollado un programa informático de fácil utilización para el usuario que permite a los clientes diseñar sus propias

DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN ACCIÓN

CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN LA INDUSTRIA HOTELERA

La tecnología está permitiendo crear “habitaciones inteligentes” en la industria hotelera. Los directivos de los hoteles ahora pueden hacer un seguimiento preciso del trabajo de una camarera mediante el uso de un sistema de seguridad. Cuando una camarera entra en una habitación, inserta una tarjeta que señala en la computadora de recepción su localización. “Podemos mostrarle un listado de cuánto tiempo tarda en limpiar una habitación”, dice un directivo.

Los sistemas de seguridad también permiten a los clientes usar sus propias tarjetas de crédito como llaves para abrir sus puertas. Hay también otros usos del sistema. La computadora puede prohibir el acceso de un cliente a una habitación después de la hora en que se debe dejar libre, o controlar automáticamente el aire acondicionado o la calefacción de la habitación, encenderlo al entrar y apagarlo al salir.

Los minibares están equipados ahora con sensores que alertan al sistema informático central del hotel cuando se saca un artículo. Estos artículos se facturan inme-

diatamente a la habitación. Y ahora, con una unidad de infrarrojos, el personal de limpieza de habitaciones puede controlar, desde el pasillo, si hay alguien en una habitación. Esto elimina a la vez el bochorno de que el personal de mantenimiento entre en la habitación cuando se encuentra dentro el huésped y aumenta la seguridad de este personal.

En el Hotel Portofino Bay de Loew en Universal Studios, Orlando, las tarjetas inteligentes de los huéspedes sirven de tarjeta de crédito, tanto en el parque temático como en el hotel, y las tarjetas inteligentes del personal (programadas con distintos niveles de acceso de seguridad) sirven para crear un informe de control de los movimientos de los empleados. Starwood Hotels, que gestiona cadenas como Sheraton y Westins, utilizan PC de bolsillo Casio para comunicarse a través de la red inalámbrica del hotel. Ahora los huéspedes pueden registrarse (*check in*) y salir (*check out*) desde cualquier lugar de la propiedad, tal como la mesa del restaurante después del desayuno o de la comida.

Fuentes: *Hotel and Motel Management* (agosto de 2004), 128-133; *Hotels* (abril de 2004), 51-54; y *Newsweek* (edición internacional) (27 de septiembre de 2004), 73.

TABLA 7.4 ■ Ejemplos del impacto de la tecnología en el sector servicios

Sector servicios	Ejemplo
Servicios financieros	Tarjetas de débito; transferencia electrónica de fondos; cajeros automáticos; transacciones bursátiles por Internet.
Educación	Listas electrónicas de notas; publicaciones online.
Administración y empresas de servicio público	Camiones automáticos de basura con un solo hombre; escáneres ópticos para correo y para explosivos; sistema de advertencia de inundaciones.
Comidas y restaurantes	Pedidos inalámbricos del camarero a la cocina; robot para despiece en carnicería, transpondedores en automóviles que controlan las ventas que se les hacen en los restaurantes para automóviles.
Comunicaciones	Publicidad electrónica; televisión interactiva.
Hoteles	Sistemas de registro de entrada (<i>check in</i>) y salida (<i>check out</i>) electrónicos; sistemas de apertura/cierre de habitaciones electrónicos.
Comercio al por mayor/menor	Terminales de punto de venta electrónicos (POS); comercio electrónico; comunicación electrónica entre la tienda y el proveedor; datos en códigos de barras.
Transporte	Cabinas de peaje automáticas; sistemas de navegación dirigidos por satélites.
Salud	Sistemas de monitorización del paciente; sistemas de información médica online, cirugía robótica.
Compañías aéreas	Viajes sin billete (billete electrónico); programación informática; compras en Internet.

especificaciones para las ventanas. El cliente recurre a una guía de información del producto, materiales de promoción, una galería de diseños y una tabla de dibujo para crear los diseños deseados. El programa también permite al cliente determinar los probables ahorros de energía y ver una imagen de su hogar con las nuevas ventanas.

En las tiendas, los terminales de punto de venta (POS) ahora descargan rápidamente los precios para reflejar variaciones en los costes o en las condiciones del mercado, y se hace un seguimiento de las ventas cada 15 minutos para ayudar a tomar decisiones de producción y programación. Dentro de poco su farmacia localizará el medicamento de su receta con un chip de identificación por radiofrecuencia.

La Tabla 7.4 proporciona una visión del impacto de la tecnología en los servicios. Los directores de operaciones en el sector servicios, al igual que en el sector manufacturero, tienen que ser capaces de evaluar el impacto de la tecnología en su empresa. Esta capacidad exige una habilidad especial cuando se evalúa la fiabilidad, el análisis de la inversión, las necesidades de recursos humanos y el mantenimiento/servicio.

REDISEÑO (REINGENIERÍA) DE PROCESOS

A menudo, las empresas descubren que los supuestos iniciales sobre sus procesos ya no son válidos. El mundo es un lugar dinámico, y los deseos de los clientes, la tecnología del producto y la gama de productos varían. Por tanto, los procesos se deben rediseñar. El **rediseño de procesos** es el replanteamiento total de los procesos de negocio para conseguir especta-

Rediseño de procesos

La reconsideración y rediseño total de un proceso empresarial para conseguir mejoras radicales en su funcionamiento.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

¿DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN LA PELUQUERÍA?

La inspiración para la mayor cadena de peluquerías en Japón se produjo, como era de esperar, cuando Kuniyoshi Konishi se estaba cortando el pelo un día. Se descubrió a sí mismo enojándose cada vez más con el interminable ritual que es práctica estándar en las peluquerías de caballeros japonesas. Aunque estaba desesperado por volver a la oficina, no le quedaba más remedio que someterse a la tradicional hora que necesitaba el peluquero para aplicar las numerosas toallas calientes, masajes de hombros y otras delicadezas que tienen poco que ver con un corte de pelo. Por todo esto, los peluqueros de Tokio cobran entre 3.000 y 6.000 yenes (25 a 50 dólares).

El señor Konishi se dio cuenta de que era necesario encontrar un nuevo sistema de ofrecer cortes de pelo barato y rápido, así que creó QB House, una cadena de peluquerías para hombre rápida y sin florituras. QB House no acepta reservas, así que no hay teléfonos en ninguna de sus peluquerías. Tampoco hay forma alguna de que se pueda poner un champú, utilizado por la mayoría de los peluqueros japoneses para quitar los pelos sueltos después del corte, en los escasos 10 minutos disponibles. En su lugar, los peluqueros de QB House utilizan el sistema de “lavado por aire” de la compañía, bajando una manguera que cuelga del techo con la que aspiran sobre la cabeza para limpiarla de pelo.

Centrándose en cómo liberar a sus peluqueros de cualquier tarea que no fuera cortar y peinar, en primer

lugar suprimió la necesidad de intercambiar dinero. En vez de una caja registradora, en cada tienda de QB House hay una máquina expendedora de tickets. Los consumidores compran un ticket en la máquina que entregan al peluquero antes de cortarse el pelo. Y los consumidores tienen que acordarse de traer un billete de 100 yenes, porque los peluqueros de QB no tienen tiempo para dar cambio.

Se fueron añadiendo toques de alta tecnología a lo largo del camino. Se colocaron sensores en cada asiento de la sala de espera que transmitían señales a un indicador luminoso que hay a la entrada de cada peluquería. Una luz verde significa que no hay que hacer cola, una luz amarilla indica una espera de unos 5 minutos, y una luz roja indica un tiempo de espera de hasta 15 minutos. El sensor de la silla del peluquero y el sensor de la máquina expendedora envían datos a través de Internet a la sede central en Tokio, donde se hace un seguimiento en tiempo real del volumen de operaciones y de ventas. Cuando el volumen de ventas en una determinada barbería es muy superior a la media, la cadena estudia abrir otra peluquería más en el vecindario.

Siete años después de abrir su primera peluquería, el señor Konishi tiene más de 200 locales en todo el país que ofrecen lo que antes era imposible: cortes de pelo en 10 minutos por 1.000 yenes. Con las técnicas de dirección de operaciones, la empresa ha mejorado creativamente la productividad en un servicio muy tradicional y ahora está globalizándose. El siguiente paso: Singapur.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (22 de septiembre de 2003), R4, R7; y *American Way* (15 de diciembre de 2003), 54-60.

culares mejoras en su rendimiento⁹. Una reingeniería de proceso eficaz se basa en la reevaluación de la finalidad del proceso, cuestionando tanto ésta como las hipótesis subyacentes. Sólo funciona si se reexaminan el proceso básico y sus objetivos (véase el recuadro de *Dirección de operaciones en acción*, “Dirección de operaciones en la peluquería”).

La reingeniería de procesos también se enfoca hacia las actividades que “cruzan” las líneas funcionales en la empresa. Como los directores se encargan a menudo de “funciones” específicas o de áreas especializadas de responsabilidad, aquellas actividades (procesos) que pasan de una función o especialidad a otra, es decir que afectan a varios departamentos, pueden quedar descuidadas. La reingeniería deja de lado todas las nociones sobre cómo se lleva a cabo el proceso actualmente, y se centra en mejoras radicales de coste, tiempo, y valor para el cliente. Cualquier proceso es candidato para un rediseño radical. El proceso puede ser el layout de una fábrica, un proceso de compra, una nueva manera de procesar las solicitudes de crédito, o un nuevo proceso para cumplimentar los pedidos en Shell Lubricants, como se describe en el Ejemplo 5.

⁹ Michael Hammer y Steven Stanton denominan al rediseño de procesos *reingeniería de procesos* en *The Reengineering Revolution* (New York; HarperCollings, 1995), p. 3.

Mejoras de procesos en Shell Lubricants

Shell Lubricants reinventó su proceso para servir los pedidos sustituyendo al grupo de personas que se ocupaba de las distintas fases de preparación del pedido por un solo individuo que lo hace todo. Gracias a este cambio, Shell ha recortado en un 75% el tiempo del ciclo de transformación de un pedido en dinero en efectivo, reduciendo los gastos de operación en un 45%, y mejorando la satisfacción del cliente un 105%, todo ello con la mera introducción de una nueva manera de gestionar los pedidos. Tiempo, coste y satisfacción del cliente (las dimensiones del rendimiento desarrollada por las operaciones) mejoran de manera importante con la innovación en las operaciones.

Fuente: Adaptado de Michael Hammer, "Deep Change: How Operational Innovation Can Transform Your Company", *Harvard Business Review* 82, n.º 4 (abril de 2004), pp. 85-93.

EJEMPLO 4

PROCESOS ÉTICOS Y ECOLÓGICOS

En el Capítulo 5 se analizaron algunas técnicas de diseño éticas y ecológicas; ahora presentamos algunos enfoques de proceso que se preocupan de la ética, la responsabilidad social y el medio ambiente. Muchas empresas han encontrado en sus procesos de producción oportunidades de reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente. Las oportunidades van desde actividades que la sociedad percibe como éticas y socialmente responsables a acciones que se requieren legalmente, como la prevención de la contaminación. Estas actividades implican prestar una atención especial a cuestiones tales como el uso eficiente de los recursos, la reducción de los residuos generados por los productos, el control de emisiones y el reciclaje.

Los directores de operaciones pueden ser sensibles a los problemas medioambientales y aun así desarrollar una estrategia de diferenciación (e incluso una estrategia de bajo coste). He aquí cuatro ejemplos:

- La empresa británica de cosméticos Body Shop ha diferenciado con éxito sus productos poniendo énfasis en la sensibilidad medioambiental. Persigue una estrategia de diseño y desarrollo del producto, y de pruebas de los mismos, que considera ética y socialmente responsable. Esto implica el uso de ingredientes respetuosos con el medio ambiente y la eliminación de pruebas en animales.
- Ben and Jerry's, fabricante de helados, busca una imagen de responsabilidad social (y ahorra 250.000 dólares anualmente) utilizando iluminación eficiente desde el punto de vista de ahorro energético.
- Standard Register, empresa descrita en el Ejemplo 1, genera una gran cantidad de desechos de papel (sólo los circulitos de papel perforado representan casi 20 toneladas al mes), lo que constituye un importante problema de residuos. Pero la empresa ha desarrollado métodos para reciclar los pedacitos de papel, así como el aluminio y la plata del proceso de fabricación de placas mostrado en el diagrama de flujos de la Figura 7.2.
- Anheuser-Busch ahorra 30 millones de dólares en costes de energía y tratamiento de residuos, gracias a que las aguas residuales de sus fábricas se tratan, y luego se utilizan para generar el gas que emplea como combustible en su fábrica de cerveza de St. Louis.

Los procesos pueden ser éticos, ecológicos y responsables desde el punto de vista social, y seguir contribuyendo a estrategias rentables.

Cirugía por control remoto

La cirugía experimental asistida por robots está permitiendo a los cirujanos operar dentro del cuerpo humano a través de incisiones mínimas, reduciendo el tiempo de recuperación de operaciones tan complejas como las intervenciones cardiovasculares.



Para poder acceder al corazón hacia falta normalmente que los cirujanos cortaran con sierra el esternón y abrieran las costillas fracturándolas, lo que dejaba un agujero de unos 30 centímetros.

TIEMPO DE RECUPERACIÓN HABITUAL:
6 semanas

Los cirujanos ahora pueden conseguir el mismo nivel de acceso al corazón introduciendo entre las costillas a través de pequeñas incisiones finos brazos robóticos controlados remotamente.

TIEMPO DE RECUPERACIÓN HABITUAL: **10 días**



Consola del cirujano

El cirujano puede sentarse cómodamente delante de la consola central de monitorización.

Instrumentos

En el extremo de largos tubos con el diámetro de un lápiz se coloca una cámara endoscópica, e instrumentos como "manos" robóticas, tijeras y bisturíes, introduciéndose estos tubos dentro del paciente.



Brazos robóticos

Una compleja estructura unifica la mesa de operaciones y los brazos robóticos en un único sistema "inteligente" que transmite información a la consola del cirujano.

Fuente: Adoptado de *The New York Times* (4 de abril de 2000), D1.

RESUMEN

Los directores de operaciones eficaces saben cómo tienen que utilizar la estrategia de procesos como una herramienta competitiva. Eligen un proceso de producción con la necesaria estructura de calidad, flexibilidad y coste como para satisfacer los requisitos de variedad de producto y volumen de producción. También buscan maneras creativas de combinar los procesos de producción de bajo coste unitario, elevado volumen y escasa variedad, con la personalización que ofrecen las instalaciones productivas de bajo volumen y gran variedad. Los directivos utilizan las técnicas de la producción ajustada (*lean production*) y la participación de los empleados para promover el desarrollo de equipos y procesos eficientes. Diseñan sus equipos y procesos para que tengan capacidades más allá de las tolerancias requeridas por sus clientes, al mismo tiempo que garantizan la flexibilidad necesaria para adaptarse a los cambios en tecnología, características de los productos y volúmenes.

Estrategia de proceso
 Enfoque a proceso
 Proceso repetitivo
 Módulos
 Enfoque a producto
 Personalización en masa
 Fabricación contra pedidos
 Gráfico comparativo de punto de equilibrio
 Diagrama de flujo
 Mapas en función del tiempo (o mapas de proceso)
 Mapas del flujo de valor
 Gráficos de proceso

Diagrama de servicio (*Service blueprint*)
 Flexibilidad
 Maquinaria de control numérico
 Sistema de identificación automática
 Control de procesos
 Sistemas de visión
 Robots
 Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación
 Vehículos autoguiados
 Sistemas de fabricación flexible
 Fabricación integrada por computadora
 Rediseño/reingeniería de procesos

TÉRMINOS
 CLAVE



PROBLEMA RESUELTO

Problema resuelto 7.1

La tienda de fotocopias Clare Copy Shop tiene un volumen de 125.000 fotocopias en blanco y negro al mes. Dos vendedores han hecho presentaciones a Debbie Clare de máquinas que tienen la misma calidad y fiabilidad. La Xemon A tiene un coste de 2.000 dólares al mes y un coste variable de 0,03 dólares por copia. La otra máquina (una Camron B) sólo cuesta 1.500 dólares al mes, pero el tóner es más caro, elevando el coste por copia hasta 0,035 dólares. Si el coste y el volumen son las únicas consideraciones, ¿que máquina debe comprar Clare?

Solución

$$\begin{aligned}
 2.000 + 0,03 X &= 1.500 + 0,035 X \\
 2.000 - 1.500 &= 0,035 X - 0,03 X \\
 500 &= 0,005 X \\
 100.000 &= X
 \end{aligned}$$

Puesto que Debbie Clare espera que su volumen supere las 100.000 unidades, debe optar por la Xemon A.

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice su CD-ROM del alumno para obtener material sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa
- Casos en Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en Power Point
- Problemas prácticos
- Videoclips y casos en vídeo
- Ejercicios Active Model
- POM para Windows



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. ¿Qué es la estrategia de proceso?
2. ¿Qué tipo de proceso se utiliza para fabricar cada uno de estos productos?
 - a) cerveza
 - b) invitaciones de boda
 - c) automóviles
 - d) papel
 - e) “Big Macs”
 - f) casas personalizadas
 - g) motocicletas
3. ¿Qué es un diagrama de servicio (*blueprint*)?
4. ¿Qué es el rediseño de procesos?
5. ¿Qué técnicas existen para mejorar la productividad de los servicios?
6. Nombre los cuatro cuadrantes de la matriz de procesos de servicio. Analice cómo se utiliza la matriz para clasificar los servicios en categorías.
7. ¿Qué es la fabricación integrada por computadora (CIM)?
8. ¿Qué queremos decir por sistema de control de procesos y cuáles son los elementos típicos de esos sistemas?
9. Identifique empresas *manufactureras* que compiten en cada uno de los cuatro procesos que se muestran en la Figura 7.1.
10. Identifique la ventaja competitiva de cada una de las empresas identificadas en la pregunta anterior.
11. Identifique empresas de *servicios* que compiten en cada uno de los cuatro procesos mostrados en la Figura 7.1.
12. Identifique la ventaja competitiva de cada una de las empresas identificadas en la pregunta anterior.
13. ¿Qué son las máquinas de control numérico?
14. Describa brevemente qué es un sistema de identificación automática (AIS) y cómo podría ser utilizado en una empresa de servicios para aumentar la productividad y, al mismo tiempo, la variedad de servicios ofrecidos.
15. Mencione algunos de los adelantos tecnológicos que mejoran la producción y la productividad.
16. Explique en qué consiste un sistema de fabricación flexible (FMS).
17. ¿De qué formas interaccionan los sistemas de diseño asistido por computadora y los sistemas de fabricación flexible.



DILEMA ÉTICO

En busca de la eficiencia y de reducir los costes, Premium Standard Farms de Princeton, Missouri, ha convertido su producción de carne de cerdo en un proceso estandarizado enfocado a producto. Los mataderos llevan haciendo esto desde hace cientos de años, pero sólo cuando el animal ya estaba muerto. Hacerlo cuando el animal todavía está vivo es una innovación relativamente reciente. He aquí el sistema.

Las hembras de cerdo fecundadas aguardan durante 40 días en porquerizas metálicas tan pequeñas que no pueden darse la vuelta. Tras una ecografía, esperan 67

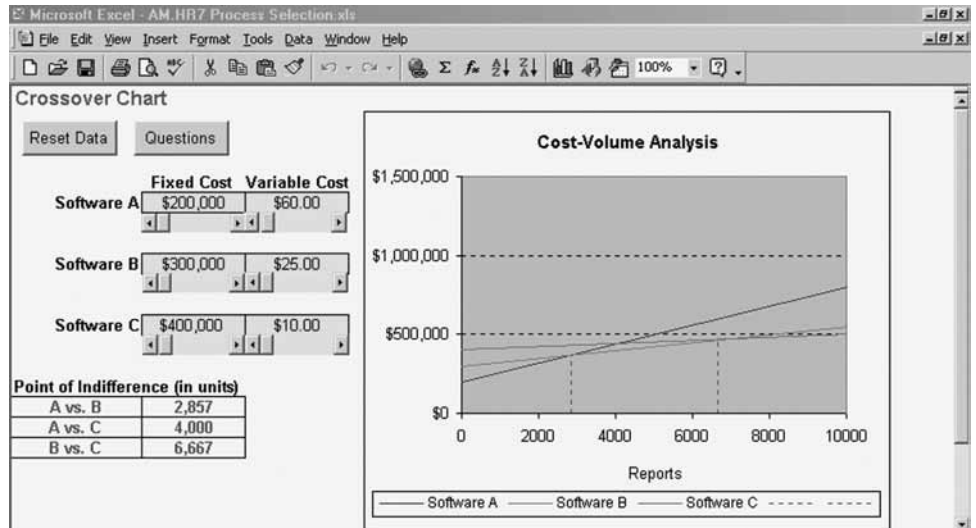
días en una porqueriza similar hasta que dan a luz. A las dos semanas de haber dado a luz a 10 u 11 cochinitillos, las cerdas vuelven al área de reproducción para iniciar otro ciclo. Tras tres años, la cerda se sacrifica. Los defensores de los derechos de los animales afirman que semejante confinamiento vuelve locas a las cerdas. Premium Standard contesta que los animales están cómodos, y que sólo el 1% muere antes de ser sacrificado.

Analice las implicaciones éticas y de productividad de esta industria y estas dos opiniones divergentes.



EJERCICIO ACTIVE MODEL

Este ejercicio de Active Model aparece en su CD-ROM. Le permite evaluar importantes elementos del gráfico comparativo de punto de equilibrio del Ejemplo 4.



ACTIVE MODEL 7.1 ■ Ejemplo de gráfico comparativo de punto de equilibrio sobre los tres programas de software del Ejemplo 4.

Preguntas

- Suponga que Kleber Enterprises quiere reducir el punto de indiferencia entre el Programa A y el Programa B a 2.000 unidades. ¿A cuánto deben ascender los costes fijos del Programa B?
- Analice el gráfico. Si el volumen esperado es de 1.500 informes, ¿qué proceso debe utilizarse?
- Analice el gráfico. Si el volumen esperado es de 15.000 informes, ¿qué proceso debe utilizarse?
- A medida que disminuyen los costes fijos para desarrollar el Programa B, ¿qué pasa en el gráfico?



PROBLEMAS*

- 7.1. Prepare el diagrama de flujo para cada uno de los siguientes procesos:
 - El proceso de matriculación en un colegio.
 - El proceso de un local de lavado de automóviles.
 - Limpieza de zapatos.
 - Algún otro proceso que autorice su profesor.

*Nota: **P** Significa que se puede utilizar el módulo del análisis del umbral de POM para Windows para resolver este problema.

- 7.2. Dibuje un gráfico de proceso para una de las actividades del Problema 7.1.
- 7.3. Dibuje un mapa en función del tiempo para una de las actividades del Problema 7.1.
- 7.4. Prepare un diagrama de servicio para una de las actividades del Problema 7.1.
- **P** 7.5. Meile Machine Shop Inc., tiene un contrato de un año para la fabricación de 200.000 cajas de cambio para un nuevo automóvil todoterreno. El propietario Larry Meil espera ampliar el contrato y el volumen para el año que viene. Meile ha estimado los costes de tres alternativas. Se trata de un equipo de propósito general (GPE), de un sistema de fabricación flexible (FMS) y la cara pero eficiente máquina especializada (DM). A continuación se muestran los datos de costes:

	Equipo de propósito general (GPE)	Sistema de fabricación flexible (FMS)	Máquina especializada (DM)
Unidades anuales contratadas	300.000\$	300.000\$	300.000\$
Costes fijos anuales	100.000	200.000	500.000
Coste variable por unidad	15,00	14,00	13,00

¿Qué proceso es el mejor para este contrato?

- **P** 7.6. Utilizando los datos del problema anterior, calcule el volumen económico para cada proceso.
- 7.7. Siguiendo con los problemas anteriores, calcule qué proceso es el mejor para cada uno de los siguientes volúmenes: (1) 75.000, (2) 275.000 y (3) 375.000.
- 7.8. Siguiendo con los problemas anteriores, si hay pendiente un contrato para el segundo y tercer año, ¿cuáles son las consecuencias para la selección del proceso?
- **P** 7.9. La empresa de Stan Fawcett está considerando la posibilidad de producir una caja de herramientas que en la actualidad adquiere a Salt Lake Supply Inc. Salt Lake Supply cobra 4 dólares por unidad, con un pedido mínimo de 3.000 unidades. Stan estima que le costará 15.000 dólares preparar el proceso y después 1,82 dólares por unidad en concepto de mano de obra y materiales. ¿Para qué número aproximado de unidades tendrán el mismo coste los dos procesos?
- **P** 7.10. Ski Boards Inc. quiere entrar rápidamente en el mercado con un nuevo acabado de sus planchas de esquí. Tiene tres elecciones: (a) remodelar los antiguos equipos con un coste de 800 dólares, (b) hacer importantes modificaciones con un coste de 1.100 dólares, o (c) comprar nuevos equipos por un coste neto de 1.800 dólares. Si la empresa elige remodelar el equipo, los materiales y la mano de obra representarán 1,10 dólares por plancha. Si elige hacer modificaciones importantes, los materiales y la mano de obra ascenderán a 0,7 dólares por plancha. Si compra el nuevo equipo se estima que los costes variables ascenderán a 0,40 dólares.
 - a) Dibuje las tres líneas de coste total en un mismo gráfico.
 - b) ¿Qué alternativa debe elegir la empresa si cree que puede vender más de 3.000 planchas?
 - c) ¿Qué alternativa debe elegir la empresa si el mercado tendrá una demanda de 1.000 a 2.000 planchas?
- **P** 7.11. Susan Meyer, propietaria/directora de Meyer's Motor Court en Key West, está analizando la posibilidad de contratar a la empresa Duffy's Maid Service la limpieza diaria de las

habitaciones de su motel. Susan alquila una media de 50 habitaciones por día en los 365 días el año (365×50 es el número total de habitaciones alquiladas al año). Los costes de Susan para limpiar una habitación ascienden a 12,50 dólares. La empresa de limpieza le ha ofrecido un presupuesto de 18,50 dólares por habitación más un coste fijo de 25 dólares por artículos varios como los uniformes con el nombre del motel. El coste fijo anual de Susan por el espacio, los equipos y los materiales asciende a 61.000 dólares. ¿Qué proceso es el mejor para Susan y por qué?

- **P 7.12.** Keith Whittingham, director de Designs by Whittingham, quiere mejorar su software CAD. El software de alto rendimiento (HP) se alquila a 3.000 dólares al mes por PC instalado. El software de rendimiento estándar (SP) se alquila a 2.000 dólares al mes por PC instalado. Las cifras de productividad de que dispone sugieren que el software de alto rendimiento (HP) es más rápido para su tipo de diseño. Por tanto, con el software de alto rendimiento necesitará cinco ingenieros y con el software estándar necesitará seis. Esto se traduce en unos costes variables de 200 dólares por dibujo con el sistema de alto rendimiento y 240 dólares con el sistema de rendimiento estándar. Dado que su volumen estimado es de 80 dibujos al mes, ¿qué sistema debe alquilar?

■ *Caso de estudio* ■

Rochester Manufacturing Corporation

Rochester Manufacturing Corporation (RMC) está analizando la posibilidad de trasladar parte de su producción desde las máquinas tradicionales de control numérico a un sistema de fabricación flexible (FMS). Sus máquinas de control numérico han estado operando de forma intermitente en un entorno de producción con alta variedad de productos y bajo volumen. La utilización de las máquinas, en la medida en que se puede estimar, ha estado en torno al 10%. Los proveedores de máquinas herramienta y una empresa de consultoría quieren unir las máquinas en un sistema de fabricación flexible. Creen que con un gasto de 3 millones de dólares en maquinaria y con las máquinas transfer se podrá procesar aproximadamente el 30% del trabajo de la empresa. Por supuesto, también habrá costes adicionales de transición y de puesta en marcha.

La empresa todavía no ha introducido todas sus piezas en un sistema completo de tecnología de grupo, pero cree que el 30% es una buena estimación del número de productos adecuados para un sistema de fabricación flexible. Este 30% debería encajar bien dentro de una “familia”. Gracias a la mayor utilización debería haber una reducción del número de máquinas. La empresa debería ser capaz de pasar de 15 a unas cuatro máquinas, y la plantilla debería pasar de 15 a quizás

tan sólo tres personas. Análogamente, la reducción de espacio irá de 20.000 pies cuadrados a unos 6.000. La realización de órdenes también debería mejorar con el procesamiento de esta familia de componentes en 1 o 2 días en vez de los 7 a 10 actuales. Se estima que la reducción del inventario permitirá de golpe un ahorro de 750.000 dólares, y los ahorros anuales en mano de obra deberían estar en torno a los 300.000 dólares.

Aunque todas las estimaciones parecen muy positivas, un análisis del retorno de la inversión del proyecto demostró que estaría en torno al 10 o 15% anual. La empresa ha tenido tradicionalmente la expectativa de que los proyectos tengan un retorno superior al 15% con periodos de recuperación de la inversión sustancialmente inferiores a cinco años.

Preguntas para el debate

1. Como director de producción de RMC, ¿qué recomendación? ¿Por qué?
2. Defina los argumentos que utilizaría un director de planta conservador para mantener la situación actual hasta que el rendimiento sea más considerable.
3. Prepare los argumentos de un director de ventas optimista que considere que hay que pasar al sistema de fabricación flexible ahora.



Caso de estudio en vídeo

Análisis de procesos en el hospital Arnold Palmer

El hospital Arnold Palmer de Orlando, Florida, es uno de los hospitales más respetados y demandados para el tratamiento médico de mujeres y niños en Estados Unidos. Desde su inauguración el día del cumpleaños de la leyenda del golf Arnold Palmer el 10 de septiembre de 1989, más de 1,5 millones de niños y mujeres han pasado por sus instalaciones. Es el cuarto hospital con más partos complicados y alumbramientos de Estados Unidos, y con la mayor unidad de cuidados intensivos neonatal del sudeste de Estados Unidos. Y en los rankings, en cuanto a satisfacción de los pacientes, es el quinto entre 5.000 hospitales de todo el país.

“Parte del éxito del hospital —comenta la directora ejecutiva Kathy Swanson— es nuestro proceso de mejora continua. Nuestro objetivo es lograr el cien por cien de satisfacción del paciente. Pero para llegar hasta ahí hace falta examinar y volver a examinar continuamente todo lo que hacemos, desde el flujo de pacientes hasta la limpieza, pasando por el layout de espacios, los colores en las paredes y la velocidad de entrega de los medicamentos de la farmacia a los pacientes. La mejora continua es una enorme tarea que nunca se acaba”.

Una de las herramientas que el hospital utiliza continuamente es el gráfico de flujo de procesos [como los que se muestran en las Figuras 7.1 a 7.3 de este capítulo, y en la Figura 6.5(e) del capítulo sobre calidad]. Staffer Diane Bowles, que ostenta el cargo de Directora de Mejora de Prácticas Clínicas, marca en un gráfico las puntuaciones de los procesos. Los gráficos de flujo de Bowles ayudan a encontrar formas de mejorar la preparación de una habitación que se ha liberado (especialmente importante en un hospital que ha operado a un 130% de la capacidad durante años), acelerar el proceso de admisión y servir calientes las comidas que lo deben estar.

Últimamente, el hospital ha estado analizando el flujo de pacientes de maternidad (y su papeleo) desde el momento en que entran en el hospital hasta que son dadas de alta, es de esperar que con un bebé sano, dos o tres días más tarde. El flujo de las pacientes de maternidad sigue los siguientes pasos:

1. Registro a la entrada de maternidad.
2. Si el bebé ha nacido por el camino, o si el parto es inminente, la madre y el bebé son llevadas al ascensor y se realiza el proceso de registro y admisión directamente al lado de la camilla. A continuación se los envía a una sala de evaluación de partos en el octavo piso para ser examinadas. Si no hay complicaciones, la madre y el bebé pasan al paso seis.
3. Si el bebé *no* ha nacido todavía, la recepcionista pregunta si la madre tiene un registro previo. (La mayoría hace un registro previo en la semana 28 a 30 de gestación). Si no hay registro previo, la madre va a la oficina de registros en la primera planta.
4. La mujer embarazada pasa a la sala de evaluación de partos, en el octavo piso, para la valoración de su estado. Si el parto está próximo se la envía a una habitación de partos en el segundo piso hasta que nazca el niño. Si no es inminente pasa a la etapa cinco.
5. Las mujeres embarazadas que no están a punto de dar a luz (es decir, no hay contracciones o ha sido una falsa alarma), son enviadas a casa para que vuelvan en una fecha posterior y vuelvan a entrar en el sistema en ese momento o, si las contracciones no se están produciendo todavía suficientemente seguidas, se las envía a pasear por el hospital (para estimular el progreso del parto) y se les pide que vuelvan a la sala de evaluación en un determinado instante.
6. Una vez que ha nacido el bebé, si no hay complicaciones, tras dos horas se lleva a la madre y al bebé a una habitación de la “unidad de cuidados para madre-niño” en los pisos 3, 4 o 5 para que estén allí una media de 40 a 44 horas.
7. Si *hay* complicaciones con la madre, se la lleva a una sala de operaciones y/o unidad de cuidados intensivos. De ahí vuelve a la habitación de la “unidad de cuidados para madre-niño” tras su estabilización, o se le da el alta en otro momento si no se ha estabilizado. Las complicaciones en el caso del bebé pueden dar lugar a su ingreso en la unidad de cuidados intensivos neonatal antes de enviarlo a la zona de guardería cerca de la habita-

ción de la madre. Si el niño no puede estabilizarse para ser dado de alta junto con la madre, se dará el alta al bebé posteriormente.

8. Tanto la madre como el bebé reciben el alta cuando estén listos, y se los traslada en silla de ruedas hasta la salida para que los recojan y trasladen a su casa.

Preguntas para el debate*

1. Como nuevo ayudante de Diane, tiene que hacer el gráfico de flujo para este proceso. Explique cómo se puede mejorar el proceso una vez haya hecho el gráfico.

2. Si se decide hacer a la madre una cesárea (el bebé se saca de la matriz mediante cirugía), ¿cómo cambia el gráfico de flujo?
3. Si *todas* las madres estuvieran registradas previamente, ya fuera manual o electrónicamente, ¿cómo cambiaría el gráfico de flujo? Dibuje de nuevo el gráfico para mostrar los cambios.
4. Describa con detalle un proceso que el hospital podría desear analizar, además de los mencionados en este caso.

Fuente: Catedráticos Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

* Puede que quiera revisar el caso de vídeo en su CD-ROM antes de responder a estas preguntas.



Caso de estudio en vídeo

Estrategia de proceso en Wheeled Coach

Wheeled Coach, con sede en Winter Park, Florida, es el mayor fabricante de ambulancias del mundo. Trabajando 10 horas al día, los 350 empleados sólo fabrican ambulancias personalizadas: Prácticamente cada una de las ambulancias es distinta de las demás. Wheeled Coach satisface al mercado proporcionando una amplia variedad de opciones y mediante un personal de ingeniería acostumbrado a la innovación y al diseño personalizado. El crecimiento continuado de la demanda, que exige en la actualidad que salgan más de 20 ambulancias de la cadena de montaje todas las semanas, hace que el proceso de diseño sea un permanente reto. La respuesta de Wheeled Coach ha consistido en construir una fábrica enfocada: la empresa sólo fabrica ambulancias. Dentro de esta fábrica enfocada, la empresa creó células de trabajo para cada uno de los módulos principales que alimentan a una cadena de montaje, incluyendo carrocerías de aluminio, conjuntos de cableado eléctrico, mobiliario interior, ventanas, pintura y tapicería.

Los estándares de trabajo determinan el programa de forma que cada célula de trabajo alimenta la cadena de montaje según un sistema justo a tiempo. El chasis, que suele ser el de una furgoneta Ford, pasa a una estación en la que se monta la carrocería de aluminio. Después se traslada el vehículo a pintura. Tras la pintura personalizada, el vehículo avanza por la cadena de montaje en la

que pasa siete días. Durante cada uno de esos siete días laborales, cada célula de trabajo proporciona su módulo respectivo en la posición adecuada de la cadena de montaje. Durante el primer día se instala el cableado eléctrico; el segundo día la unidad avanza a la estación en donde se entregan e instalan los elementos de la cabina, después a la estación de ventanas e iluminación, luego a tapicería, de ahí a ajustes y acabados y después a una personalización adicional, y finalmente a inspección y prueba en carretera. La sección de Perfil de una empresa global del Capítulo 4 del volumen *Decisiones Tácticas* proporciona más detalles sobre este proceso.

Preguntas para el debate*

1. ¿Por qué cree usted que las grandes marcas de automóviles no fabrican ambulancias?
2. ¿Qué estrategia de proceso alternativa existe a la cadena de montaje que utiliza actualmente la empresa?
3. ¿Por qué es más eficiente para las células de trabajo preparar “módulos” y entregarlos a la cadena de montaje de lo que sería producir cada componente (por ejemplo, la tapicería interior) en la misma línea?
4. ¿Cómo determina Wheeled Coach las tareas que se deben realizar en cada estación de trabajo?

* Puede que quiera revisar el caso de vídeo en su CD-ROM antes de responder a estas preguntas.

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestra página personal www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Matthew Yachts, Inc.:** Analiza un posible cambio de proceso a medida que cambia el mercado de yates.

Harvard ha seleccionado estos casos de Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Massachusetts General Hospital (#696-015):** Describe los esfuerzos de este hospital para rediseñar el proceso de realización del servicio de cirugía de bypass cardiovascular.
- **John Crane UK Ltd. (#691-021):** Describe la mejora del rendimiento de fabricación en un taller.
- **Desarrollo de productos en Dell (#699-010):** Analiza el nuevo producto y proceso y la gestión del riesgo del desarrollo.



BIBLIOGRAFÍA

- Carrillo, Janice E. y Cheryl Gaimon, "Improving Manufacturing Performance through Process Change and Knowledge Creation", *Management Science* 46, n.º 2 (febrero 2000): pp. 265-288.
- Duray, Rebecca, Peter T. Ward, Glenn W. Milligan y William L. Berry: "Approaches to Mass Customization: Configurations and Empirical Validation", *Journal of Operations Management* 18, n.º 6 (noviembre 2000): pp. 605-625.
- Gilmore, James H. y Joseph Pine II (eds.), *Markets of One: Creating Customer-Unique Value through Mass Customization*. Harvard Business Review Book, 2000.
- Hounshell, D. A., *From the American System to Mass Production, 1800-1932*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1984.
- Khurana, A., "Managing Complex Production Processes." *MIT Sloan Management Review* 40, n.º 2 (invierno 1999): pp. 85-98.
- MacCormack, Alan, Roberto Verganti y Marco Iansiti, "Developing Products on 'Internet time': The Anatomy of a Flexible Development Process", *Management Science* 47, n.º 1 (enero 2001): pp. 133-150.
- Sahin, Funda, "Manufacturing Competitiveness: Different Systems to Achieve the Same Results", *Production and Inventory Management Journal* 41, n.º 1 (primer trimestre 2000): pp. 56-65.
- Stading, Gary, Benito Flores y David Olson, "Understanding Managerial Preferences in Selecting Equipment", *Journal of Operations Management* 19, n.º 1 (enero 2001): pp. 23-37.
- Swamidass, Paul M., *Innovations in Competitive Manufacturing*. Dordrecht, NL: Kluwer, 2000.
- Thomke, Stefan, "Enlightened Experimentation: The New Imperative for Innovation". *Harvard Business Review* (febrero 2001): pp. 67-75.
- Vokurka, Robert J. y Robert A. Davis, "Focused Factories: Empirical Study of Structural and Performance Differences". *Production and Inventory Management Journal* 41, n.º 1 (primer trimestre 2000): pp. 44-55.
- Zipkin, Paul, "The Limits of Mass Customization", *MIT Sloan Management Review* 40, n.º 1 (primavera 2001): pp. 81-88.



RECURSOS EN INTERNET

American Consulting Engineers Council:

<http://www.acec.org>

Association for Manufacturing Excellence:

<http://www.ame.org>

Business Process Reengineering online learning center tutorial:

<http://www.prosci.com/index.html>

DARPA: U.S. Defence Dept., Innovative Prototype Systems:

<http://www.ARPA.mil/>

Dassault Systems Information:

www.dsweb.com

Manufacturing and Processing Links:

<http://galaxy.einet.net/galaxy/engineering-and-technology/manufacturing-and-processing.html>

Traleon GMBH's approach to value-stream mapping:

<http://www.valuestreamdesigner.com>

WARIA, the Workflow and Reengineering International Association:

<http://www.waria.com>

PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD

7

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

CAPACIDAD

Capacidad diseñada o proyectada y capacidad efectiva o real
Capacidad y estrategia
Consideraciones sobre la capacidad
Gestión de la demanda

PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE CAPACIDAD

ANÁLISIS DEL UMBRAL DE RENTABILIDAD O PUNTO DE EQUILIBRIO

Caso de un único producto
Caso de múltiples productos

APLICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE DECISIÓN A LAS DECISIONES SOBRE LA CAPACIDAD

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE INVERSIÓN A LAS INVERSIONES SOPORTE DE LA ESTRATEGIA

Inversión, coste variable y flujos de caja
Valor actual neto

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

UTILIZACIÓN DE PROGRAMAS DE SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DEL UMBRAL DE RENTABILIDAD

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

PROBLEMAS

PROBLEMAS EN INTERNET

CASO DE ESTUDIO EN VÍDEO: PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD EN EL HOSPITAL ARNOLD PALMER

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando acabe este suplemento, deberá ser capaz de:

Identificar o definir:

Capacidad
Capacidad diseñada o proyectada
Capacidad efectiva o real
Utilización

Describir o explicar:

Consideraciones sobre la capacidad
Análisis del valor actual neto
Análisis del umbral de rentabilidad
Consideraciones financieras
Inversiones soporte de la estrategia

CAPACIDAD

Capacidad

La “producción” o número de unidades que una instalación puede gestionar, recibir, almacenar o producir en un determinado periodo de tiempo.

Cuando se diseña una sala de conciertos, la dirección espera que la capacidad prevista (la combinación de productos —ópera, sinfonía, y acontecimientos especiales— y la tecnología necesaria para estos eventos) sea exacta y adecuada para operar por encima del umbral de rentabilidad. Sin embargo, en muchas salas de conciertos, incluso cuando operan a plena capacidad, no se logra alcanzar el umbral de rentabilidad y es necesario obtener financiación adicional.

¿Cuántos espectadores debe poder acoger una sala de conciertos? ¿A cuántos clientes debe poder atender al día un restaurante de Hard Rock Café? ¿Cuántos PC debe poder fabricar en un turno de ocho horas la planta de Dell de Nashville?

Tras elegir un proceso de producción (Capítulo 7), tenemos que determinar su capacidad. La **capacidad** es la “producción” o número de unidades que pueden caber, recibirse, almacenarse, o producirse en una instalación en determinado periodo de tiempo. La capacidad determina una gran parte de los costes fijos. La capacidad también determina si se satisfará la demanda o si las instalaciones y equipos permanecerán inactivos. Si la instalación es demasiado grande, parte de ella permanecerá inactiva añadiendo costes a la producción existente. Si la instalación es demasiado pequeña, tal vez se pierdan clientes o mercados completos, por lo que resulta crítica la determinación del tamaño de una instalación, con el objetivo de lograr un elevado nivel de utilización y un elevado rendimiento de la inversión.

La planificación de la capacidad puede analizarse en tres horizontes temporales. En la Figura S7.1 observamos que la capacidad a largo plazo (más de un año) es función de agregar instalaciones y equipos que tienen un plazo de instalación largo. En el medio plazo (de tres a 18 meses) podemos añadir equipos, personal y turnos de trabajo; podemos subcontratar; y podemos aumentar o utilizar el inventario. Ésta es la tarea de la planificación agregada. A corto plazo (normalmente hasta tres meses) nos preocupa fundamentalmente la programación de los trabajos y del personal, y la asignación de la maquinaria. Resulta difícil modificar la capacidad a corto plazo; se está utilizando la capacidad que ya existe.

Capacidad diseñada o proyectada y capacidad efectiva o real

La **capacidad proyectada o diseñada** es la máxima producción teórica que se puede obtener de un sistema en un periodo de tiempo determinado en condiciones ideales. Normalmente se expresa con una relación, por ejemplo, el número de toneladas de acero que se pueden producir por semana, por mes o por año. Para muchas empresas, la medida de la capacidad será sencilla: el máximo número de unidades producidas en un tiempo específico. Sin embargo, para algunas organizaciones, la determinación de la capacidad puede ser más difícil. La capacidad se puede medir en términos de camas (un hospital), miembros activos (una iglesia), o el tamaño de un aula (un colegio). Otras organizaciones utilizan el tiempo total de trabajo disponible como medida de la capacidad global.

Planificación a largo plazo	Añadir instalaciones. Añadir equipos de largo plazo de instalación.	*
Planificación a medio plazo	Subcontratar. Añadir equipos. Añadir turnos.	Añadir personal. Aumentar o utilizar inventario.
Planificación a corto plazo		* Programar trabajos. Programar personal. Asignar maquinaria.
	Modificar la capacidad	Utilizar la capacidad

FIGURA S7.1 ■ Tipos de planificación por horizonte temporal

La mayoría de las organizaciones utilizan sus instalaciones a un ritmo inferior al de su capacidad proyectada. Esto se debe a que han descubierto que pueden trabajar de modo más eficiente cuando sus recursos no se fuerzan al límite. En lugar de esto, esperan trabajar, por ejemplo, al 82% de la capacidad proyectada. Este concepto se denomina capacidad efectiva.

La **capacidad efectiva o real** es la capacidad que *espera* alcanzar una empresa dadas sus actuales limitaciones operativas. La capacidad efectiva es, a menudo, menor que la capacidad proyectada, porque la instalación puede haber sido diseñada para una primera versión del producto o para una combinación de productos (mix) diferente de la que se está produciendo actualmente.

Resultan especialmente útiles dos medidas del rendimiento del sistema: la utilización y la eficiencia. La **utilización** es, sencillamente, el porcentaje efectivamente alcanzado de la *capacidad por diseño*. La **eficiencia** es el porcentaje de la *capacidad efectiva* alcanzada realmente. Dependiendo de cómo se utilizan y gestionan las instalaciones, puede resultar difícil o imposible alcanzar el cien por cien de eficiencia. Los directores de operaciones suelen evaluarse según la eficiencia. La clave para mejorar la eficiencia se encuentra a menudo en la resolución de los problemas de calidad, y en una programación, formación y mantenimiento eficaces. La utilización y la eficiencia se calculan a continuación:

$$\text{Utilización} = \text{Producción real/capacidad proyectada} \quad (\text{S7.1})$$

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

En el Ejemplo 1 calculamos estos valores.

Capacidad proyectada

El output máximo teórico de un sistema en un periodo de tiempo determinado en condiciones ideales.

Capacidad efectiva

Capacidad que puede esperarse alcanzar una empresa según su combinación (mix) de productos, sus métodos de programación, su mantenimiento y sus estándares de calidad.

Utilización

Producción real como porcentaje de la capacidad proyectada.

Eficiencia

Producción real como porcentaje de la capacidad efectiva.

Cálculo de la utilización de la capacidad y de la eficiencia

Sara James Bakery tiene una instalación para procesar panecillos para desayuno. La semana pasada se produjeron 148.000 panecillos. La capacidad efectiva es de 175.000 panecillos. La línea de producción trabaja los siete días de la semana con tres turnos de ocho horas al día. La línea fue diseñada para procesar un panecillo *Deluxe* relleno de nueces, con sabor a canela, y recubierto de azúcar a un ritmo de 1.200 panecillos por hora. Calcule la capacidad proyectada, la utilización y la eficiencia de esta instalación cuando se producen los panecillos *Deluxe*.

Solución

Capacidad proyectada = (7 días × 3 turnos × 8 horas) × (1.200 panecillos por hora) = 201.600 bollos

$$\text{Utilización} = \text{Producción real/capacidad proyectada} = 148.000/201.600 = 73,4\%$$

$$\text{Eficiencia} = \text{Producción real/capacidad efectiva} = 148.000/175.000 = 84,6\%$$

EJEMPLO S1



Active
Model S7.1

El Ejemplo S1 se estudia aún más extensamente en el ejercicio Active Model S7.1 de su CD-ROM.

La capacidad proyectada, la utilización y la eficiencia son todas ellas medidas importantes para un director de operaciones. Pero los directores de operaciones a menudo necesitan saber cuál es la producción esperada de una instalación o proceso. Para ello, utilizamos la Ecuación (S7.2) para calcular la producción real (o, en este caso, futura o esperada) tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

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

Ahora, conociendo la capacidad efectiva y la eficiencia, el directivo puede calcular la producción esperada de una instalación. Lo hacemos en el Ejemplo S2.

EJEMPLO S2**Cálculo de la producción esperada**

El director de Sara James Bakery (véase el ejemplo anterior) tiene que aumentar ahora la producción del panecillo *Deluxe*, cada vez más popular. Para satisfacer la demanda el director de operaciones va a incorporar una segunda cadena de producción. El director tiene que calcular la producción esperada de esta segunda cadena para el departamento de ventas. La capacidad efectiva de la segunda cadena es la misma que la de la primera, que es de 175.000 bollos. La primera cadena opera con una eficiencia del 84,6%, tal y como se calculó en el ejemplo anterior. Pero la producción de la segunda cadena será inferior porque los empleados serán, en su mayoría, nuevos; así que se puede esperar que la eficiencia no sea superior al 75%. ¿Cuál es la producción esperada?

Producción esperada = (Capacidad efectiva) (Eficiencia) = (175.000)(0,75) = 131.250 panecillos

Hay que comunicar al departamento de ventas que la producción esperada es de 131.250 panecillos *Deluxe*.

Si la producción esperada no es adecuada, es posible que se necesite más capacidad. Gran parte del resto de este suplemento aborda la cuestión de cómo incorporar más capacidad de forma eficaz y eficiente.

Capacidad y estrategia

Los beneficios sostenidos provienen de elaborar una ventaja competitiva, y no únicamente de un buen rendimiento financiero de un determinado proceso. Es necesario integrar las decisiones sobre capacidad en la misión y estrategia de la organización. Las inversiones no se deben efectuar como gastos aislados, sino como parte de un plan coordinado que llevará a la empresa a una posición ventajosa¹. Las preguntas que hay que plantear son: ¿conseguiremos obtener más clientes gracias a estas inversiones?, y ¿qué tipo de ventaja competitiva (como flexibilidad del proceso, velocidad de entrega, mejora de la calidad, etcétera) vamos a obtener?

Las diez decisiones de dirección de operaciones que analizamos en este texto, así como otros elementos organizativos como marketing y finanzas, se ven afectados por los cambios de la capacidad. Estos cambios tendrán repercusiones sobre las ventas y los flujos de caja, al igual que sobre la calidad, la cadena de suministros, los recursos humanos y el mantenimiento. Es necesario tener en cuenta todas estas repercusiones.

Consideraciones sobre la capacidad

Para tomar una buena decisión sobre la capacidad, además de tener presente su estrecha integración con la estrategia y las inversiones, hay que tener en cuenta cuatro consideraciones especiales.

- 1. Prever exactamente la demanda.** Una exacta previsión es primordial para la decisión sobre la capacidad. El nuevo producto puede ser un concierto nocturno de música en vivo en Hard Rock Café, que implica una mayor demanda para el servicio de comida de la cafetería y en la tienda, o el producto puede ser una nue-

¹ Para un excelente análisis de las inversiones que respaldan la ventaja competitiva, véase Terry Hill, *Operations Management*, 2.ª edición (Nueva York: Palgrave Macmillan, 2005).

va ala de maternidad en el hospital Arnold Palmer, o el nuevo PT Cruiser desca-
potable de DaimlerChrysler. Independientemente de cuál sea el nuevo producto,
es necesario determinar sus perspectivas y el ciclo de vida de los productos exis-
tentes. La dirección tiene que saber qué productos se van a añadir y cuáles se van
a eliminar, así como sus volúmenes de venta esperados.

2. **Comprender la tecnología y los incrementos de la capacidad.** El número de alternativas iniciales puede ser elevado, pero una vez determinado el volumen a producir, las decisiones sobre tecnología pueden verse facilitadas mediante el análisis de costes, recursos humanos necesarios, calidad y fiabilidad. Este análisis suele reducir el número de alternativas a unas pocas. La tecnología puede establecer el aumento de capacidad necesario. La satisfacción de una demanda extra con unas pocas mesas adicionales en el comedor de un restaurante puede ser una solución fácil, pero la satisfacción del aumento de la demanda de un nuevo automóvil mediante la incorporación de una nueva cadena de montaje en BMW puede ser algo muy complejo, y muy caro. Pero el director de operaciones es responsable de la tecnología y del correcto aumento de la capacidad.
3. **Calcular el nivel óptimo de producción (volumen).** Las decisiones sobre tecnología y aumentos de capacidad suelen determinar cuál es el tamaño óptimo de una instalación. Un motel de carretera puede necesitar 50 habitaciones para ser viable. Si es más pequeño los costes fijos serían excesivos; si es demasiado grande, podría tener un volumen superior al que puede controlar un único directivo. El tamaño óptimo hipotético de un motel se muestra en la Figura S7.2. Este tema se conoce como el de las *economías y deseconomías de escala*. Hubo un momento en que GM creyó que la fábrica de automóviles óptima debía tener 600 empleados. Como sugiere la fotografía sobre Krispy Kreme, la mayoría de los negocios tienen un tamaño óptimo; al menos hasta que alguien aparece con un nuevo modelo de negocio. Durante décadas se consideró óptimo que las acerías fueran integradas y de gran tamaño. Entonces aparecieron Nucor, SMI y otras miniacerasías con un nuevo proceso y un nuevo modelo de negocio que cambió el tamaño óptimo de una fundición de acero.
4. **Construir para cambiar.** En nuestro mundo de rápidos avances, el cambio es inevitable. Así que los directores de operaciones tienen que incorporar flexibilidad en

Krispy Kreme tenía inicialmente establecimientos de unos 2.500 metros cuadrados, pero concluyó que eran demasiado grandes y caros para muchos mercados. Después probó con pequeños establecimientos de unos 400 metros cuadrados, que requerían menos inversiones, pero esas tiendas eran demasiado pequeñas para ofrecer la "mística" de ver y oler la elaboración de los donuts Krispy Kreme. Krispy Kreme finalmente terminó acertando con establecimientos de unos 800 metros cuadrados que incluyen una enorme vidriera para poder ver cómo se hacen los donuts.

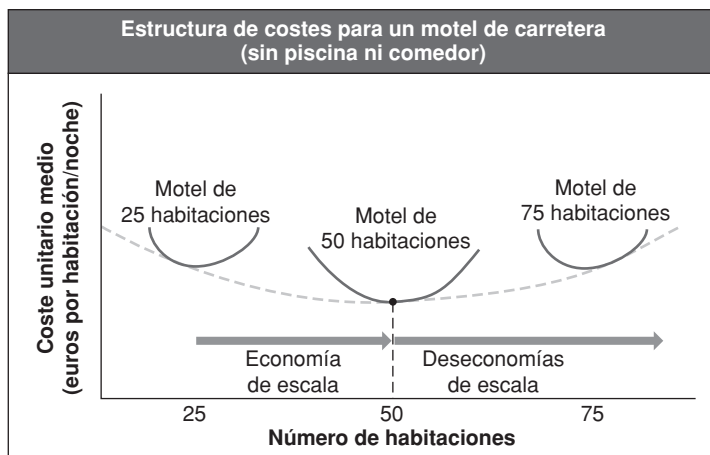


FIGURA S7.2 ■ Economías de escala

las instalaciones y equipos. Evalúan la sensibilidad de la decisión examinando diferentes estimaciones de ingresos, tanto al alza como a la baja, en función de los riesgos potenciales. Los edificios, y las infraestructuras para suministros y aparcamiento, suelen poder construirse en fases. Y los edificios y equipamientos se pueden diseñar teniendo prevista la posibilidad de modificaciones para acomodarse a cambios futuros en cuanto al producto, la combinación de productos y los procesos.

Antes que gestionar de forma estratégica la capacidad, los directores deben gestionar tácticamente la demanda. A continuación se ofrecen algunas técnicas para gestionar la demanda.

Gestión de la demanda

Incluso con una buena previsión y con instalaciones construidas en función de ella, puede haber un escaso ajuste entre la demanda real existente y la capacidad disponible. Esta falta de ajuste puede implicar que la demanda es mayor que la capacidad, o que la capacidad es mayor que la demanda. Sin embargo, en ambos casos las empresas tienen distintas opciones.

La demanda es mayor que la capacidad Cuando la *demanda excede a la capacidad*, la empresa puede reducir la demanda simplemente con un incremento de precios, programando largos plazos de entrega (que pueden ser inevitables) y poniendo freno a las actividades menos rentables. Sin embargo, puesto que unas instalaciones inadecuadas reducen los ingresos por debajo de lo que se podría obtener, la solución a largo plazo suele consistir en aumentar la capacidad.

La capacidad es mayor que la demanda Cuando la *capacidad es mayor que la demanda* la empresa puede intentar estimular la demanda mediante reducciones de precios o un marketing agresivo, o puede adaptarse al mercado introduciendo cambios en sus productos.

Ajuste a las demandas estacionales Un patrón cíclico o estacional de demanda es otro reto sobre la capacidad. En estos casos, la dirección puede encontrar útil ofrecer productos con patrones de demanda complementarios, es decir, productos para los que la demanda es elevada para un producto cuando es baja para el otro, y viceversa. Por ejemplo, en la Figura S7.3 la empresa está incorporando una línea de motores para motos de nieve a su

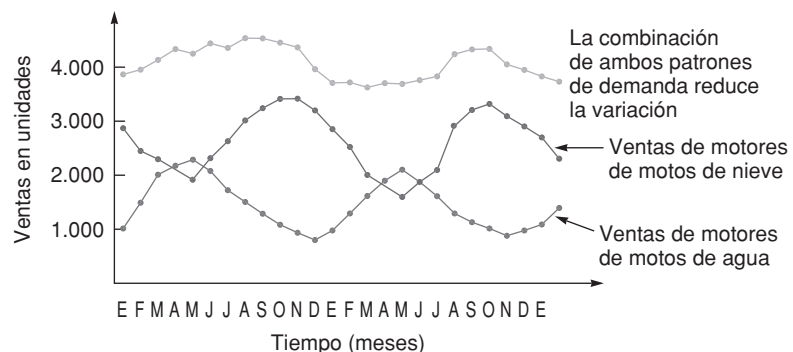


FIGURA S7.3 ■ Mediante la combinación de productos que tienen patrones estacionales complementarios se puede utilizar mejor la capacidad

Una demanda más alisada contribuye a una mejor programación y a mejores estrategias de recursos humanos.

línea de motores para motos de agua para suavizar las oscilaciones de la demanda. Con una complementación adecuada de productos se puede alisar la utilización de instalaciones, equipos y personal.

Tácticas para ajustar la capacidad a la demanda Hay diferentes tácticas para ajustar la capacidad a la demanda. Se trata de cambios internos que requieren el ajuste del proceso a un determinado volumen mediante:

1. Cambios en recursos humanos (aumento o reducción del número de empleados).
2. El ajuste de los equipos y procesos, que pueden suponer la compra de maquinaria adicional o la venta o alquiler de los equipos existentes.
3. La mejora de los métodos para aumentar la capacidad de producción.
4. El rediseño del producto para facilitar una mayor producción.

Estas tácticas se pueden utilizar para ajustar la demanda a las instalaciones existentes. La cuestión estratégica es, por supuesto, cómo tener una instalación de tamaño adecuado.

PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE CAPACIDAD

La determinación de las necesidades de capacidad futura puede ser un proceso complicado, basado en gran parte en la demanda futura. Cuando se puede prever la demanda futura de bienes y servicios con un grado de precisión razonable, las necesidades de capacidad se pueden determinar de manera sencilla. Normalmente se requieren dos fases. En la primera se pronostica la demanda futura con métodos tradicionales, como vimos en el Capítulo 4. En la segunda fase se utiliza esta previsión para determinar las necesidades de capacidad y la magnitud del aumento de cada incremento de la capacidad². Resulta interesante destacar que el crecimiento de la demanda suele ser gradual, en pequeñas unidades, mientras que los aumentos de capacidad suelen hacerse de forma instantánea en grandes unidades. Esta contradicción suele hacer difícil la expansión de la capacidad.

La Figura S7.14 muestra cuatro planteamientos para planificar la nueva capacidad. Como se puede ver en la Figura S7.4(a), se adquiere nueva capacidad al inicio del primer año. Esta capacidad será suficiente para el aumento de la demanda hasta el principio del segundo año. Al principio del segundo año se adquiere otra vez nueva capacidad, que permite a la organización ir por delante de la demanda hasta el principio del tercer año. Este proceso puede continuar hacia el futuro indefinidamente.

El plan de capacidad mostrado en la Figura 7.4(a) es sólo uno de los casi ilimitados planes posibles para satisfacer la demanda futura. En esta figura se muestra cómo la nueva capacidad se adquirió *incrementalmente* (al principio del primer año y al principio del segundo año). En la Figura 7.4(b) se muestra cómo se lleva a cabo un gran aumento de capacidad al comienzo del primer año, para poder satisfacer la demanda estimada hasta el principio del tercer año.

El exceso de capacidad proporcionado por los planes, y mostrado en las figuras, otorga flexibilidad a los directores de operaciones. Por ejemplo, en la industria hotelera, la capacidad añadida en forma de habitaciones puede permitir una amplia variedad de opciones de habitaciones y, tal vez, flexibilidad en los horarios de limpieza de las habitaciones.

² En este punto partimos del supuesto de que la dirección conoce la tecnología y el *tipo* de instalaciones que va a utilizar para satisfacer los requisitos de la demanda futura: no se trata de un problema menor, pero está fuera del alcance de este texto.

Los gastos de capital para cambiar la capacidad pueden ser enormes. Muchas empresas resuelven este problema haciendo cambios incrementales siempre que sea posible. Otras se ajustan modificando los viejos equipos o utilizando equipos más viejos aunque no sean tan eficientes. Por ejemplo, los directivos de la empresa familiar Chelsea Milling Company, fabricantes de la marca Jiffy, decidieron que la estrategia de dirección de operaciones de su empresa no toleraba inversiones adicionales de capital en nuevos equipos. Por consiguiente, cuando se hacen reparaciones, se modifican equipos o se hacen ajustes debido a picos de carga, se recurre a equipos excedentes, a menudo antiguos.



Vídeo S7.1

Planificación de la capacidad en el hospital
Arnold Palmer

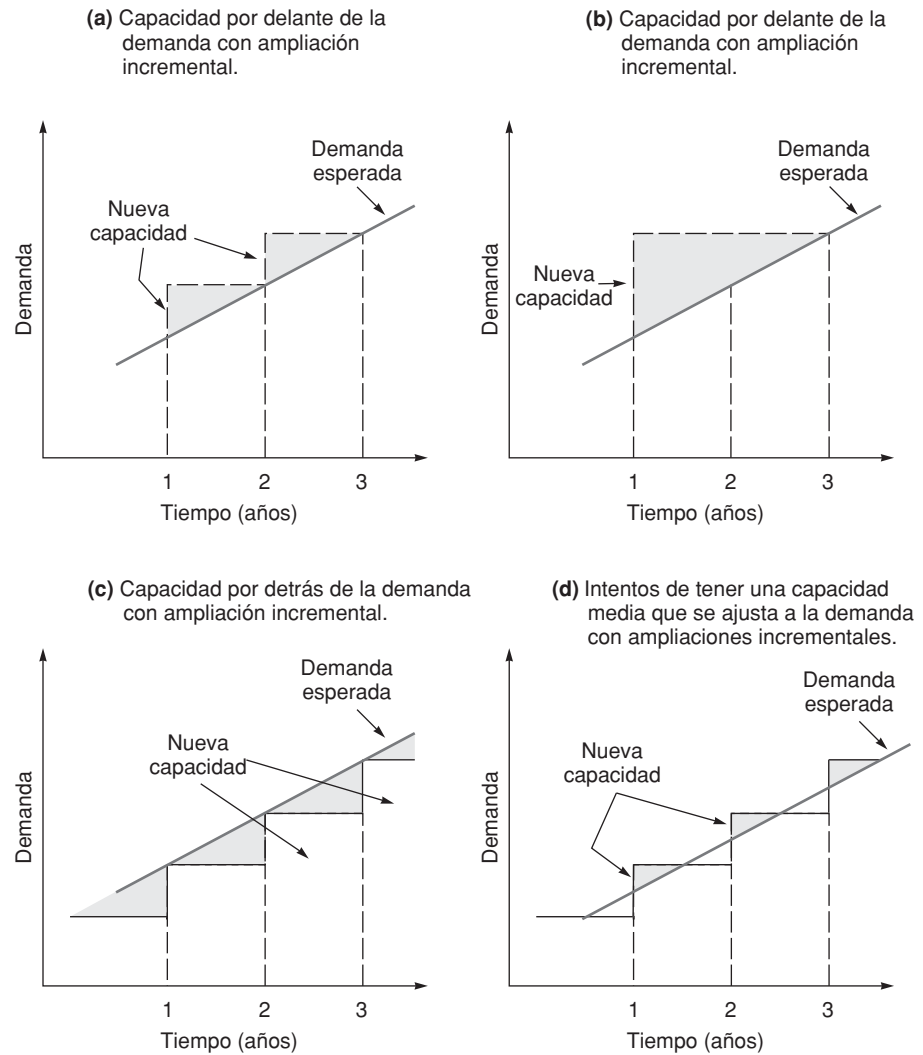


FIGURA S7.4 ■ Evolución de la economía de los servicios

Fuentes: U.S. Bureau of Labor Statistics; Federal Reserve Board, Industrial Production and Capacity Utilization (2003) 100; Statistical Abstract of the United States, 2003.

En la manufactura el exceso de capacidad se puede utilizar para permitir hacer más preparaciones de máquinas y reducir los lotes de producción, reduciendo de esa manera los inventarios. La capacidad extra también puede permitir a la dirección crear un exceso de inventario y retrasar así el gasto de capital y las perturbaciones que provoca el adquirir nueva capacidad³.

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

En ambas alternativas de planificación, Figura S7.4(a) y Figura S7.4(b), la capacidad *va por delante* (esto es, se adquiere capacidad para estar por delante de la demanda), pero la Figura 7.4(c) muestra una opción en la que la capacidad *va por detrás* de la demanda, quizás recurriéndose a horas extras o subcontratación para ajustarse al exceso de demanda. En la Figura 7.4(d) la capacidad “cabalga” sobre la línea de demanda, disponiendo de una capacidad “media”, que algunas veces *va por detrás* de la demanda y otras *va por delante*.

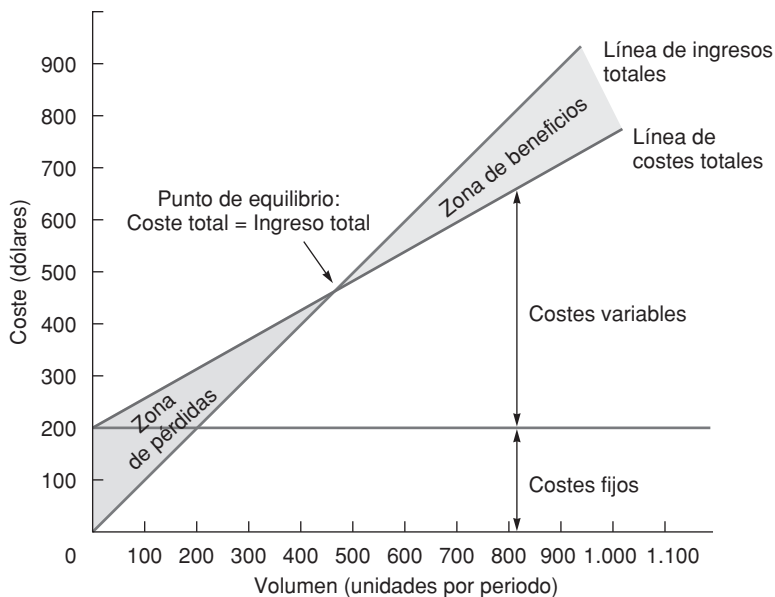
En algunos casos, la decisión entre las alternativas puede ser relativamente sencilla. Se puede calcular el coste total de cada alternativa y seleccionar la que tenga el menor coste. En otros casos, la determinación de la capacidad y de cómo se va a alcanzar puede ser mucho más complicada. En la mayoría de los casos, existen numerosos factores subjetivos difíciles de cuantificar y medir. Entre estos factores se cuentan las opciones tecnológicas, las estrategias de los competidores, las restricciones de edificación, el coste del capital, las opciones de recursos humanos y las leyes y normativas locales, estatales y federales.

ANÁLISIS DEL UMBRAL DE RENTABILIDAD O PUNTO DE EQUILIBRIO

El **análisis del umbral de rentabilidad o punto de equilibrio** constituye una herramienta clave para determinar la capacidad que debe tener una instalación para ser rentable. El objetivo es encontrar el punto (en dólares y unidades) en el que el coste es igual a los ingresos. Este punto es el umbral de rentabilidad o punto de equilibrio, o también llamado punto muerto. Las empresas deben operar por encima de este nivel para lograr beneficios. Como refleja la Figura S7.5, el análisis del punto de equilibrio requiere una estimación de los costes fijos y variables y de los ingresos.

Análisis del umbral de rentabilidad o del punto de equilibrio

Una forma de encontrar el punto (en dinero y unidades), en el que los costes son iguales a los ingresos.



Prácticamente, casi ningún coste variable es lineal, pero aquí hacemos ese supuesto.

FIGURA S7.5 ■ Punto de equilibrio básico

Costes fijos

Costes que existen incluso cuando no se producen unidades.

Costes variables

Costes que varían con el número de unidades producidas.

Contribución o margen

Diferencia entre precio de venta y los costes variables.

Función de ingresos

La función, en el análisis del punto de equilibrio, que aumenta con una pendiente igual al precio de venta de cada unidad.

Los **costes fijos** son costes que existen incluso cuando no se producen unidades. Algunos ejemplos son las amortizaciones, los impuestos, el pago de créditos e hipotecas. Los **costes variables** son los que varían en función de las unidades producidas. Los principales componentes de los costes variables son las materias primas y la mano de obra. Sin embargo, otros costes, como el consumo de *utilities* (combustibles, electricidad, etc.) que varían con el volumen de producción, son también costes variables. La diferencia entre el precio de venta y el coste variable es la **contribución o margen**. Sólo cuando la contribución total sobrepasa el coste fijo habrá beneficios.

Otro elemento en el análisis del punto de equilibrio es la **función de ingresos**. En la Figura S7.5, la línea de ingresos se inicia en el origen de ordenadas y asciende hacia la derecha, aumentando con una pendiente igual al precio de venta de cada unidad. El punto donde la función de los ingresos corta a la línea de costes totales (suma de costes fijos y variables), es el umbral de rentabilidad o punto de equilibrio, con una zona de beneficios a su derecha y otra de pérdidas a su izquierda.

Supuestos Este modelo básico del umbral de rentabilidad parte de determinados supuestos. En concreto, los costes e ingresos aparecen como líneas rectas. Se ve también que aumentan linealmente (es decir, en proporción directa con el volumen de unidades producidas). Sin embargo, ni los costes fijos ni los costes variables (ni, en realidad, la función de ingresos) tienen por qué ser una línea recta. Por ejemplo, los costes fijos cambian cuando se usa más maquinaria o más espacio para almacén; los costes de la mano de obra cambian con las horas extras o cuando se emplean trabajadores poco formados; la función de ingresos puede cambiar con factores como los descuentos sobre el volumen de ventas.

Enfoque gráfico El primer paso en el análisis gráfico del umbral de rentabilidad es definir aquellos costes que son fijos y sumarlos. Los costes fijos se representan mediante una recta horizontal que arranca en el punto del eje vertical correspondiente al valor total de aquéllos. Los costes variables se estiman mediante el análisis de los costes de mano de obra, materiales, y otros costes relacionados con la producción de cada unidad. La línea de costes variables, que comienza en el punto de intersección del eje vertical y la recta de costes fijos, es una recta que va creciendo de forma gradual, aumentando con el volumen de producción (conforme nos movemos hacia la derecha en el eje horizontal). El departamento de contabilidad de la empresa es el que proporciona normalmente la información de ambos costes, fijos y variables, aunque también lo puede hacer el departamento de ingeniería.

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

PE_x = punto de equilibrio en unidades

$PE\$$ = punto de equilibrio en dólares

P = precio por unidad (después de todos los descuentos)

x = número de unidades producidas

IT = ingresos totales = Px

F = costes fijos

V = costes variables por unidad

CT = costes totales = $F + Vx$

Los costes fijos no permanecen constantes en todo el volumen de producción; nuevos almacenes y nuevos costes generales dan lugar a funciones escalonadas de los costes fijos.

El punto de equilibrio o umbral de rentabilidad se alcanza cuando los beneficios totales son iguales a los costes. Por tanto:

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

Resolviendo para x , tenemos:

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

y

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

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

Utilizando estas ecuaciones podemos determinar directamente el punto de equilibrio y el beneficio total. Las dos fórmulas que tienen mayor interés son:

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

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

Caso de un único producto

En el Ejemplo S3, calculamos el umbral de rentabilidad en dólares y unidades para un producto.

Análisis del umbral de rentabilidad con un único producto

Jimmy Stephens, Inc. tiene unos costes fijos de 10.000 dólares en este periodo. La mano de obra directa supone 1,50 dólares por unidad, y los materiales 0,75 dólares por unidad. El precio de venta es de 4,00 dólares por unidad.

El punto de equilibrio en dólares se calcula como sigue:

$$PE\$ = \frac{F}{1 - (V/P)} = \frac{10.000\$}{1 - [(1,50 + 0,75)/(4,00)]} = \frac{10.000\$}{0,4375} = 22.857,14$$

El punto de equilibrio en unidades es:

$$PE_x = \frac{F}{P - V} = \frac{10.000\$}{4,00 - (1,50 + 0,75)} = 5.714$$

Observe que en este ejemplo debemos utilizar los costes variables totales (es decir, la mano de obra y los materiales).

EJEMPLO S3



Archivo de datos de Excel OM Ch07SExS3.xls



Active Model S7.2

El Ejemplo S3 se estudia más extensamente en el ejercicio Active Model S7.2 del CD-ROM.

Las máquinas que fabrican papel, de International Paper, exigen una elevada inversión en capital. Esta inversión genera unos elevados costes fijos, pero permite que la producción de papel se haga a un coste variable muy reducido. El trabajo del director de producción consiste en mantener el nivel de utilización por encima del umbral de rentabilidad para poder ser rentables.

Caso con múltiples productos

La mayoría de las empresas, desde las fábricas a los restaurantes (incluidos los restaurantes de comida rápida), tienen diversas ofertas. Cada producto ofertado puede tener un precio de venta y un coste variable diferentes. Utilizando el análisis del punto de equilibrio, modificamos la Ecuación S7.5 para reflejar la proporción de ventas para cada producto. Lo hacemos ponderando la contribución de cada producto con su proporción de ventas. La fórmula queda así:

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

donde V = coste variable por unidad
 P = precio por unidad
 F = coste fijo
 W = porcentaje de las ventas de cada producto sobre el total de ventas en dólares
 i = cada producto

El Ejemplo S4 muestra cómo se calcula el punto de equilibrio para un caso con múltiples productos.

EJEMPLO S4

Análisis del umbral de rentabilidad en el caso de múltiples productos

A continuación se muestra información de Le Bistro, una cafetería de estilo francés. Los costes fijos son de 3.500 dólares al mes.

Artículo	Precio	Coste	Ventas anuales previstas en unidades
Sándwich	2,95\$	1,25\$	7.000
Refresco	0,80	0,30	7.000
Patata al horno	1,55	0,47	5.000
Té	0,75	0,25	5.000
Ensalada	2,85	1,00	3.000

Con múltiples productos realizaremos el análisis del punto de equilibrio igual que hicimos en el caso de un único producto, salvo que ponderamos cada uno de los productos según su proporción sobre el total de ventas.

Punto de equilibrio con múltiples productos - Determinación de la contribución

1	2	3	4	5	6	7	8
Artículo (i)	Precio de venta (P)	Coste variable (V)	(V/P)	$1 - (V/P)$	Ventas anuales previstas \$	% de ventas	Contribución ponderada (col. 5 \times col. 7)
Sándwich	2,95\$	1,25\$	0,42	0,58	20,650\$	0,446	0,259
Refresco	0,80	0,30	0,38	0,62	5,600	0,121	0,075
Patatas al horno	1,55	0,47	0,30	0,70	7,750	0,167	0,117
Té	0,75	0,25	0,33	0,67	3,750	0,081	0,054
Ensalada	2,85	1,00	0,35	0,65	8,550	0,185	0,120
					46,300\$	1,000	0,625

Por ejemplo, los ingresos por sándwiches son de 20.650 dólares ($2,95 \times 7.000$), lo que supone el 44,6% de los ingresos totales (46.300\$). Por tanto, la contribución de sándwiches se pondera con el 0,446. La contribución ponderada es $0,446 \times 0,58 = 0,259$. De esta forma, su contribución *relativa* queda reflejada correctamente.

Utilizando este enfoque para cada producto, calculamos que la contribución ponderada total es 0,625 por cada dólar vendido, y que el punto de equilibrio en dólares es de 67.200:

$$PE_s = \frac{F}{\sum \left[\left(1 - \frac{V_i}{P_i} \right) \times (W_i) \right]} = \frac{3.500\$ \times 12}{0,625} = \frac{42.000\$}{0,625} = 67.200\$$$

La información dada en este ejemplo implica una venta diaria (52 semanas de 6 días cada una) de

$$\frac{67.200\$}{312 \text{ días}} = 215,38\$$$

Las cifras del umbral de rentabilidad por producto proporcionan al directivo información adicional sobre el realismo de su previsión de ventas. Indican exactamente qué debe venderse cada día, tal y como se ve en el Ejemplo S5.

Ventas unitarias en el umbral de rentabilidad

Utilizando los datos del Ejemplo S4, tomamos la previsión de ventas de sándwiches del 44,6% sobre el total de ventas, y la multiplicamos por el punto de equilibrio diario de los sándwiches, de 215,38\$, dividiendo este producto por el precio de venta de cada sándwich (2,95\$). La venta de sándwiches debería ser:

$$\frac{0,446 \times 215,38\$}{2,95\$} = \text{número de sándwiches} = 32,6 \approx 33 \text{ sándwiches al día}$$

EJEMPLO S5

Una vez realizado, analizado y considerado razonable el análisis del punto de equilibrio, se puede tomar la decisión sobre el tipo y la capacidad del equipo necesario. Ahora se puede hacer realmente un mejor juicio sobre las posibilidades de éxito de la empresa.

Cuando las necesidades de capacidad están sujetas a incógnitas significativas, puede resultar más adecuado recurrir a modelos “probabilísticos”. Una técnica para tomar con éxito decisiones sobre planificación de la capacidad con demanda incierta es la teoría de la decisión, incluidos los árboles de decisión.

APLICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE DECISIÓN A LAS DECISIONES SOBRE LA CAPACIDAD

Los árboles de decisión requieren una definición de las alternativas y de los diferentes estados de la naturaleza. Para las situaciones de planificación de capacidad, el estado de la naturaleza suele ser la demanda futura o la situación del mercado. Al asignar probabilidades a los diversos estados de la naturaleza podemos tomar decisiones que maximicen el valor esperado de las alternativas. El Ejemplo S6 muestra cómo se aplican los árboles de decisión a las decisiones sobre la capacidad.

EJEMPLO S6

Árbol de decisión aplicado a la decisión sobre la capacidad

Southern Hospital Supplies, una empresa que produce batas de hospital, está pensando en aumentar su capacidad. Sus principales alternativas son: no hacer nada, construir una planta pequeña, construir una planta mediana o construir una planta grande. La nueva instalación producirá un nuevo tipo de batas, y actualmente se desconoce el potencial de comercialización de este nuevo producto. Si se construye una planta grande y existe un mercado favorable, se podría obtener un beneficio de 100.000 dólares. Un mercado desfavorable supondría una pérdida de 90.000 dólares. Sin embargo, con una planta mediana se obtendría un beneficio de 60.000 dólares si el mercado fuera favorable, mientras que la pérdida sería de 10.000 dólares si el mercado fuera desfavorable. Por otro lado, una planta pequeña daría un beneficio de 40.000 dólares si el mercado fuera favorable, y una pérdida de 5.000 si fuera desfavorable. Por supuesto, siempre existe la posibilidad de no hacer nada.

Los últimos estudios de mercado indican que existe una probabilidad de 0,4 de que el mercado sea favorable, lo que significa que existe una probabilidad de 0,6 de que el mercado sea desfavorable. Con esta información, se puede seleccionar la alternativa que dé el mayor valor monetario esperado (VME):

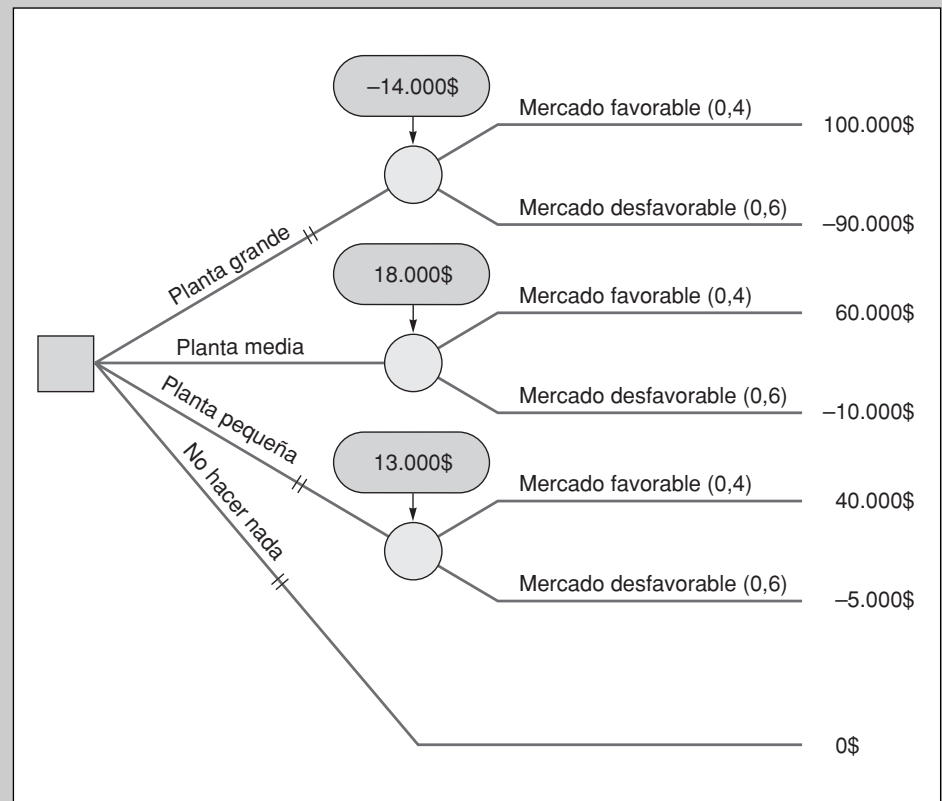
$$\text{VME (planta grande)} = (0,4)(100.000\$) + (0,6)(-90.000\$) = -14.000\$$$

$$\text{VME (planta mediana)} = (0,4)(60.000\$) + (0,6)(-10.000\$) = +18.000\$$$

$$\text{VME (planta pequeña)} = (0,4)(40.000\$) + (0,6)(-5.000\$) = +13.000\$$$

$$\text{VME (no hacer nada)} = 0\$$$

Basándose en el criterio del VME, Southern debe construir una fábrica de tamaño medio.



APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE INVERSIONES A LAS INVERSIONES SOPORTE DE LA ESTRATEGIA

Una vez que se han analizado las implicaciones estratégicas de las inversiones potenciales, es cuando resulta adecuado hacer un análisis tradicional de las mismas. Presentamos a continuación los aspectos de inversión en las decisiones de capacidad.

Los directores de operaciones deben asumir la responsabilidad del rendimiento de la inversión (ROI).

Inversión, coste variable y flujos de caja

Del mismo modo que se puede escoger entre diferentes procesos y capacidades, también existen distintas opciones en cuanto a la inversión de capital y al coste variable. Los directivos deben elegir entre las distintas opciones financieras, además de las alternativas de capacidad y proceso. El análisis debe mostrar, para cada alternativa, la inversión de capital, el coste variable y el flujo de caja, así como el valor actual neto.

La inversión de capital requiere un análisis de los flujos de caja, así como del rendimiento de la inversión.

Valor actual neto

El cálculo del valor actualizado de una serie de flujos de caja futuros se conoce como técnica del **valor actual neto**. A modo de introducción, consideremos el valor del dinero en el tiempo. Digamos que invierte 100 dólares en el banco a un interés del 5% durante un año. Su inversión tendrá un valor al cabo de un año de 100 dólares + (100 dólares) (0,05) = 105 dólares. Si invierte los 105 dólares el siguiente año, valdrán 105 dólares + (105 dólares) (0,05) = 110,25 dólares al final del segundo año. Por supuesto, podría calcular el valor futuro de 100 dólares al 5% para tantos años como quiera, extendiendo estos cálculos. Sin embargo, existe una manera muy sencilla para expresar esta relación matemáticamente. Para el primer año:

$$105\$ = 100\$ (1 + 0,05)$$

Para el segundo año:

$$110,25\$ = 105\$ (1 + 0,05) = 100\$ (1 + 0,05)^2$$

En general:

$$F = P(1 + i)^N$$

donde F = valor futuro (p. ej., 110,25 dólares o 105 dólares)
 P = valor actual (p. ej., 100 dólares)
 i = tipo de interés (como 0,05)
 N = número de años (p. ej., 1 año o 2 años)

En la mayoría de las decisiones de inversión, sin embargo, estamos interesados en calcular el valor actual de una serie de flujos de caja futuros. Despejando P de la ecuación anterior, tenemos:

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

Cuando el número de años no es demasiado grande, la ecuación anterior es eficaz. Sin embargo, cuando el número de años, N , es grande, la fórmula es muy engorrosa. Para 20

Valor actual neto
 Una forma de determinar el valor actualizado de una serie de futuros flujos de caja.

Después de los ataques terroristas del 11 de septiembre de 2001, muchas compañías aéreas descubrieron que sus planes de capacidad estaban muy equivocados. Como consecuencia las aerolíneas tuvieron que llevar su exceso de capacidad al desierto de Mojave para almacenarla. Se debía pagar un coste de almacenamiento mensual, que iba acumulándose mes a mes, a la vez que se tenía una gran inversión de capital desocupada. Delta Airlines pagaba la friolera de 250.000 \$ al mes por coste de leasing de cada uno de sus Boeing 737 (uno de los aviones más pequeños) que estaban “sentados ociosos” en el desierto. Hoy en día este exceso está desapareciendo debido especialmente a la fuerte demanda de estos aviones que hay en China, India y Brasil.

años se debería calcular $(1 + i)^{20}$. Sin una calculadora sofisticada, este cálculo sería complicado. Existen tablas de tipos de interés, como la Tabla S7.1, que solucionan esta situación. Primero, vamos a replantear la fórmula del valor actual:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^N} = FX \quad (\text{S7.9})$$

donde

$X =$ un factor de la Tabla S7.1 definido como $= 1/(1 + i)^N$ y $F =$ valor futuro.

Así pues, todo lo que tenemos que hacer es encontrar el factor X y multiplicarlo por F para calcular el valor actual. Los factores, por supuesto, están en función del tipo de interés, i , y del número de años, N . La Tabla S7.1 expone una lista de algunos de estos factores.

TABLA S7.1 ■ Valor actual de 1 dólar

Año	5%	6%	7%	8%	9%	10%	12%	14%
1	0,952	0,943	0,935	0,926	0,917	0,909	0,893	0,877
2	0,907	0,890	0,873	0,857	0,842	0,826	0,797	0,769
3	0,864	0,840	0,816	0,794	0,772	0,751	0,712	0,675
4	0,823	0,792	0,763	0,735	0,708	0,683	0,636	0,592
5	0,784	0,747	0,713	0,681	0,650	0,621	0,567	0,519
6	0,746	0,705	0,666	0,630	0,596	0,564	0,507	0,456
7	0,711	0,665	0,623	0,583	0,547	0,513	0,452	0,400
8	0,677	0,627	0,582	0,540	0,502	0,467	0,404	0,351
9	0,645	0,592	0,544	0,500	0,460	0,424	0,361	0,308
10	0,614	0,558	0,508	0,463	0,422	0,386	0,322	0,270
15	0,481	0,417	0,362	0,315	0,275	0,239	0,183	0,140
20	0,377	0,312	0,258	0,215	0,178	0,149	0,104	0,073

Se utilizan las Ecuaciones S7.8 y S7.9 para determinar el valor actual de un importe de caja futuro, pero hay situaciones en las que una inversión genera una serie de ingresos uniformes e iguales. Este tipo de inversión se denomina *anualidad*. Por ejemplo, una inversión puede proporcionar 300 dólares al año durante 3 años. Por supuesto, se podría utilizar la Ecuación S7-8 tres veces, para 1, 2 y 3 años, pero hay un método más corto. Aunque hay una fórmula que se puede utilizar para encontrar el valor actual de una serie anual de flujos de fondos uniformes e iguales (una anualidad), se ha elaborado una tabla muy fácil de usar. Como en el caso del cálculo habitual del valor actual, este cálculo también implica un factor. Los factores para anualidades aparecen en la Tabla S7.2. La relación básica es:

$$S = RX$$

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

$S =$ valor actual de una serie de ingresos anuales uniformes

$R =$ ingresos que se recibirán cada año durante la vida de la inversión (anualidad)

El valor actual de una serie anual uniforme de cantidades es una extensión del valor actual de una cantidad única y, por consiguiente, se puede confeccionar la Tabla S7.2 directamente a partir de la Tabla S7.1. Los factores para un tipo de interés dado en la Tabla S7.2 no son más que la suma acumulada de los valores de la Tabla S7.1. En la Tabla S7.1, por ejemplo, 0,952, 0,907 y 0,864 son los factores para los años 1, 2 y 3, cuando el tipo de interés es del 5%. La suma acumulada de estos factores es $2,723 = 0,952 + 0,907 + 0,864$. Ahora buscamos en la Tabla S7.2 el punto en el que el tipo de interés es del 5% y el número de años es 3. El factor para el valor actual de una anualidad es 2,723, como era de esperar. La Tabla S7.2 puede ser muy útil para reducir los cálculos que se necesitan en la toma de decisiones financieras.

TABLA S7.2 ■ Valor actual de una anualidad de 1 dólar

Año	5%	6%	7%	8%	9%	10%	12%	14%
1	0,952	0,943	0,935	0,926	0,917	0,909	0,893	0,877
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

El Ejemplo S7 muestra cómo se calcula el valor actual de una anualidad.

Cálculo del valor actual neto de ingresos futuros de igual valor

EJEMPLO S7

River Road Medical Clinic está pensando en invertir en un nuevo y sofisticado equipo médico. Generará 7.000 dólares al año de ingresos durante 5 años. ¿Cuál es el valor actual de este flujo de caja? Suponga que el tipo de interés es del 6%.

$$S = RX = 7.000(4,212) = 29.484$$

El factor de la Tabla S7.2 (4,212) se obtendrá hallando ese valor cuando el tipo de interés es del 6% y el número de años 5. Hay otra manera de ver este ejemplo. Si va a un banco y solicita un préstamo de 29.484 dólares, sus pagos serán de 7.000 dólares al año durante 5 años si el banco utiliza un interés compuesto anual del 6%. Así pues, 29.484 dólares es el valor actual.

El método del valor actual neto está considerado como uno de los mejores métodos para valorar distintas alternativas de inversión. El procedimiento es directo: usted simplemente calcula el valor actual de todos los flujos de caja de cada alternativa de inversión. Cuando se decide entre alternativas de inversión, se eligen aquellas que tengan el valor actual neto más alto. De manera similar, cuando se hacen varias inversiones, se prefieren las que tengan valores actuales netos más altos frente a las que tengan los valores actuales netos más bajos.

El Ejemplo S8 muestra cómo se utiliza el valor actual neto para elegir entre alternativas de inversión.

EJEMPLO S8

Cálculo del valor actual neto de ingresos futuros de distinto valor

Quality Plastics, Inc. está estudiando dos alternativas de inversión. La inversión A tiene un coste inicial de 25.000 dólares, y la inversión B tiene un coste inicial de 26.000 dólares. Ambas inversiones tienen una vida útil de 4 años. A continuación se muestran los flujos de caja de estas inversiones. El coste del capital o tipo de interés (i) es del 8% (factores tomados de la Tabla S7.1).

Flujo de caja de la inversión A	Flujo de caja de la inversión B	Año	Factor del valor actual al 8%
10.000\$	9.000\$	1	0,926
9.000	9.000	2	0,857
8.000	9.000	3	0,794
7.000	9.000	4	0,735

Para hallar el valor actual de los flujos de caja para cada inversión, multiplicamos el factor del valor actual por el flujo de caja de cada inversión en cada año. La suma de estos cálculos de valores actuales, menos la inversión inicial, da el valor actual neto de cada inversión. Los cálculos aparecen en la siguiente tabla:

Año	Valores actuales de la inversión A	Valores actuales de la inversión B
1	9.260\$ = (0,926)(10.000\$)	8.334\$ = (0,926)(9.000\$)
2	7.713 = (0,857)(9.000\$)	7.713 = (0,857)(9.000\$)
3	6.352 = (0,794)(8.000\$)	7.146 = (0,794)(9.000\$)
4	5.145 = (0,735)(7.000\$)	6.615 = (0,735)(9.000\$)
Totales:	28.470\$	29.808\$
Menos inversión inicial	-25.000	-26.000
Valor actual neto	3.470\$	3.808

El criterio del valor actual neto muestra que la inversión B es más atractiva que la A ya que tiene un valor actual superior.

En el Ejemplo S8 no era necesario realizar todos los cálculos de valor actual para la inversión B, ya que los flujos de caja son uniformes. La Tabla S7.2, la tabla de la anualidad, da el factor del valor actual. Por supuesto, obtendríamos la misma respuesta utilizando esta tabla. Como recordará, la Tabla S7.2 da los factores para el valor actual de una anualidad. En este ejemplo, para pagos de 9.000 dólares, coste del capital del 8% y número de años igual a 4. Consultando la Tabla S7.3, para el 8% y a 4 años, encontramos un factor de 3,312. Por consiguiente, el valor actual de esta anualidad es $(3,312)(9.000 \text{ dólares}) = 29.808 \text{ dólares}$: el mismo valor que en el Ejemplo S8.

Aunque la técnica del valor actual neto es una de las mejores para evaluar las alternativas de inversión, también tiene fallos. Las limitaciones del método del valor actual neto son las siguientes:

1. Inversiones que tienen un mismo valor actual neto pueden tener horizontes de vida muy diferentes y distintos valores residuales o de rescate.

2. Inversiones que tienen el mismo valor actual neto pueden tener diferentes flujos de caja. Flujos de caja diferentes pueden provocar diferencias importantes en la capacidad de la empresa para hacer frente a sus gastos.
3. La hipótesis subyacente en el cálculo del valor actual es que se conoce el tipo de interés futuro (lo que no es verdad).
4. Los pagos se realizan siempre al final del periodo (semana, mes o año), lo que no siempre es así.

Los directivos ligan la elección de equipos y las decisiones de capacidad con las misiones y estrategias de sus organizaciones. Diseñan sus equipos y procesos de modo que tengan capacidades superiores a la tolerancia requerida por sus clientes, a la vez que aseguren la flexibilidad necesaria para adaptarse a cambios en tecnología, características y volúmenes de los productos.

Unas buenas previsiones, y técnicas como el análisis del umbral de rentabilidad, los árboles de decisión, el flujo de caja y el valor actual neto (VAN) son especialmente útiles para los directores de operaciones a la hora de tomar decisiones sobre la capacidad.

Las inversiones en capacidad son eficaces cuando el directivo se asegura de que las inversiones respaldan a la estrategia a largo plazo. Los criterios para decidir sobre las inversiones son su contribución al plan estratégico global de la empresa y su capacidad para conseguir pedidos rentables, y no sólo el pensar en el rendimiento financiero de la inversión. Las empresas eficientes eligen el proceso correcto y la capacidad adecuada que contribuyen a su estrategia a largo plazo.

RESUMEN

Capacidad	Costes fijos
Capacidad proyectada	Costes variables
Capacidad efectiva	Contribución o margen
Utilización	Función de ingresos
Eficiencia	Valor Actual Neto
Análisis del umbral de rentabilidad o punto de equilibrio	

TÉRMINOS CLAVE

UTILIZACIÓN DE PROGRAMAS DE SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DEL UMBRAL DE RENTABILIDAD

Excel, Excel OM y POM para Windows permiten resolver problemas de análisis del umbral de rentabilidad y de coste-volumen.

Utilización de Excel

El desarrollo de las fórmulas necesarias para hacer con Excel un análisis del umbral de rentabilidad es relativamente sencillo. Aunque aquí no vamos a mostrar las cuestiones básicas, puede ver la mayor parte del análisis con hoja de cálculo en el software preprogramado Excel OM que se distribuye con el texto.



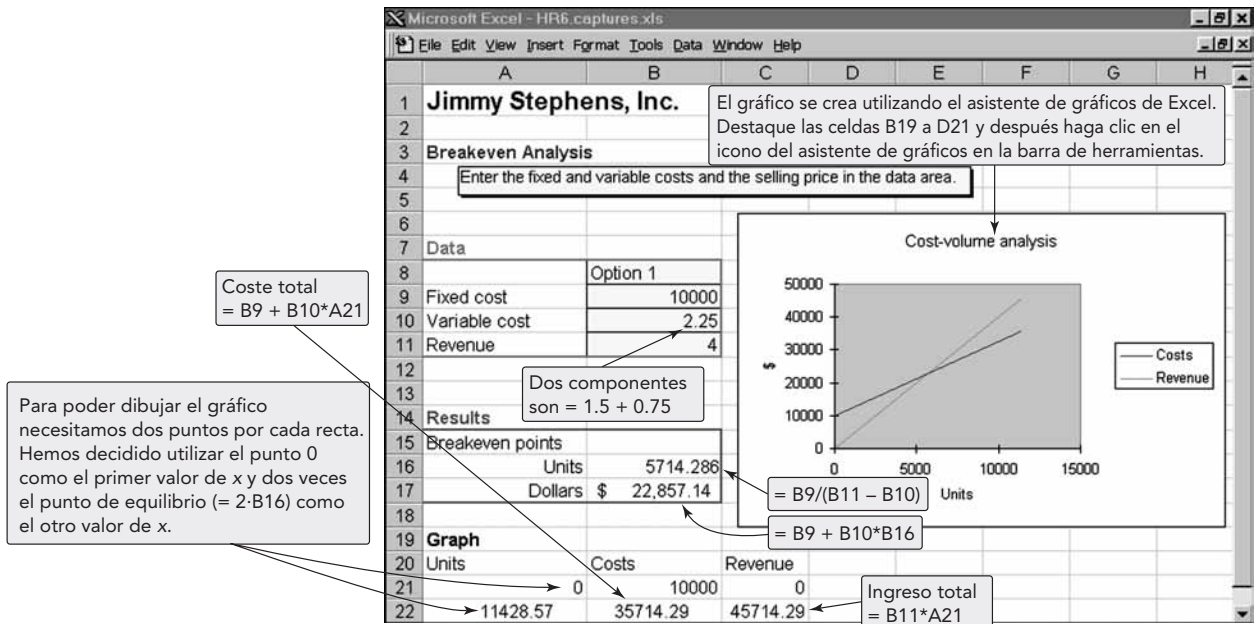
Utilización de Excel OM

El módulo de Análisis del Umbral de Rentabilidad de Excel OM se presenta en el Programa S7.1. Utilizando los datos sobre Jimmy Stephens, Inc. del Ejemplo S3, el Programa S7.1 muestra los datos de entrada, las fórmulas de Excel utilizadas para calcular los puntos de equilibrio, y la solución y el gráfico resultante.



Utilización de POM para Windows

Parecido a Excel OM, POM para Windows también incluye un módulo de análisis del umbral de rentabilidad/coste-volumen.



PROGRAMA S7.1 ■ Análisis del umbral de rentabilidad con Excel OM, utilizando los datos del Ejemplo S3



PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto S7.1

La panadería de Sara James, descrita anteriormente en los Ejemplos S1 y S2, ha decidido ampliar sus instalaciones añadiendo otra línea de proceso. La empresa tendrá 2 líneas de proceso, y cada una trabajará 7 días a la semana, tres turnos por día y 8 horas por turno. La capacidad efectiva asciende ahora a 300.000 panecillos. Esta ampliación, sin embargo, reducirá la eficiencia general del sistema al 85%. Calcule la nueva producción estimada con esta nueva capacidad efectiva.

Solución

Producción estimada = (capacidad efectiva)(eficiencia)
 $= 300.000(0,85)$
 $= 255.000$ panecillos por semana

Problema resuelto S7.2

Marty McDonald tiene un negocio de empaquetado de software en Wisconsin. Su coste fijo anual es de 10.000 dólares, el coste de la mano de obra directa es de 3,5 dólares por paquete, y el del material es de 4,5 por paquete. El precio de venta será de 12,5 dólares por paquete. ¿Cuál es el punto de equilibrio en dólares? ¿Cuál es el punto de equilibrio en unidades?

Solución

$$PE_{\$} = \frac{F}{1 - (V/P)} = \frac{10.000\$}{1 - (8,00/12,50\$)} = \frac{10.000\$}{0,36} = 27.777\$$$

$$PE_x = \frac{F}{P - V} = \frac{10.000\$}{12,50\$ - 8,00\$} = \frac{10.000\$}{4,50\$} = 2.222 \text{ unidades}$$

Problema resuelto S7.3

Su jefe, el señor La Forge, le pide que evalúe el coste de dos máquinas. Después de algunas preguntas, usted se ha asegurado de que las máquinas tienen los costes que se señalan a continuación. Suponga que:

- a) la vida de cada máquina es de tres años, y
- b) la empresa piensa que sabe cómo obtener un rendimiento del 14% en inversiones no tan arriesgadas como ésta.

	Máquina A	Máquina B
Coste inicial	13.000\$	20.000\$
Coste de la mano de obra por año	2.000	3.000
Coste del espacio por año	500	600
Energía (electricidad) por año	1.000	900
Mantenimiento por año	2.500	500
Coste total anual	<u>6.000\$</u>	<u>5.000\$</u>
Valor residual	2.000\$	7.000\$

Calcule, con el método del valor actual neto, qué máquina debe comprar.

Solución

		Máquina A			Máquina B		
		Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6
Ahora	Gasto	1,000	13.000\$	13.000\$	1,000	20.000\$	20.000\$
1.º año	Gasto	0,877	6.000	5.262	0,877	5.000	4.385
2.º año	Gasto	0,769	6.000	4.614	0,769	5.000	3.845
3.º año	Gasto	0,675	6.000	4.050	0,675	5.000	3.375
				<u>26.926\$</u>			<u>31.605\$</u>
3.º año	Valor residual	0,675	2.000\$	-1.350	0,675	7.000\$	-4.725
				<u>25.576\$</u>			<u>26.880\$</u>

Utilizamos 1,0 para pagos a los que no se aplica descuento (cuando los pagos se hacen en el momento no hay necesidad de descuento). Los otros valores de las columnas 1 y 4 derivan de la columna del 14% y el año correspondiente de la Tabla S7.1 (por ejemplo, la intersección del 14% y el año 1 es 0,877, etcétera). Las columnas 3 y 6 son los productos de la cifra del valor actual por la suma de costes. Este cálculo se hace para cada año y para el valor residual.

El cálculo para la Máquina A para el primer año es $0,877 \times (2.000\$ + 500\$ + 1.000\$ + 2.500\$) = 5.262\$$

El valor residual del producto *se resta* de la suma de los costes, porque es un ingreso de dinero en efectivo. Dado que la suma de los costes netos de la máquina B da un resultado mayor que la suma de los costes netos de la máquina A, la máquina A es la adquisición de menor coste, y así debe decirse a su jefe.

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice su CD-ROM del alumno para obtener material sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa
- Problemas para resolver con Internet
- Casos en Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en PowerPoint
- Problemas prácticos
- Ejercicios Active Model
- Excel OM
- Archivos de datos de Excel OM
- POM para Windows
- Videoclips y casos en vídeo



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. Defina la diferencia entre capacidad proyectada y capacidad efectiva.
2. ¿Cuáles son los supuestos en el análisis del umbral de rentabilidad?
3. ¿De dónde obtienen los directivos los datos para el análisis del umbral de rentabilidad?
4. ¿Que factores pueden hacer que los datos sobre ingresos no sigan una línea recta en un análisis de punto de equilibrio?
5. ¿En qué condiciones querrá una empresa que su capacidad vaya por detrás de la demanda? ¿Y por delante?
6. Explique por qué el valor actual neto es una herramienta adecuada para comparar inversiones.
7. ¿Qué es la capacidad efectiva?
8. ¿Qué es la eficiencia?
9. ¿Cómo se calcula la producción real o la esperada?



PROBLEMAS*

- **S7.1.** Si se ha diseñado una fábrica para producir 7.000 martillos al día, pero se encuentra limitada a fabricar 6.000 debido al tiempo necesario para cambiar las máquinas cuando se ha de pasar de fabricar un tipo de martillo a otro, ¿a cuánto asciende la utilización?
- **S7.2.** Durante el mes pasado, la fábrica del problema anterior ha tenido una capacidad efectiva de 6.500 martillos diarios, pero sólo ha fabricado 4.500 martillos al día debido a retrasos de materiales, absentismo de los trabajadores y otros problemas. ¿Cuál es la eficiencia?
- **S7.3.** Si una planta tiene una capacidad efectiva de 6.500 unidades y una eficiencia del 88%, ¿cuál es la producción real (esperada)?

* Nota: **P** Significa que se puede resolver el problema con el programa con POM para Windows; **X** significa que se puede resolver el problema con Excel o Excel OM, y **P_X** significa que se puede resolver el problema con POM para Windows y/o Excel OM o Excel.

- **S7.4.** Una planta tiene una capacidad efectiva de 900 unidades al día y produce 800 unidades al día con su actual combinación de productos. ¿Cuál es su eficiencia?
- **S7.5.** El retraso repetido de materiales limita la producción de fregaderos a 400 unidades al día. Si la eficiencia de la planta es del 80%, ¿cuál es la capacidad efectiva?
- **S7.6.** ¿Cuál es la producción estimada para una planta con una capacidad proyectada de 108 sillas al día, si su capacidad efectiva es de 90 sillas y su eficiencia es del 90%?
- **S7.7.** Un centro de trabajo opera en 2 turnos al día, 5 días a la semana (8 horas por turno), y tiene cuatro máquinas de la misma capacidad, en términos de capacidad efectiva. Si el centro de trabajo tiene una eficiencia del 95%, ¿cuál es la producción esperada en horas por semana?
- **S7.8.** En la tabla se muestran la capacidad efectiva y la eficiencia para el próximo trimestre en tres departamentos de MMU Mfg, en Waco, Texas.

Departamento	Capacidad efectiva	Eficiencia reciente
Diseño	93.600	0,95
Fabricación	156.000	1,03
Acabado	62.400	1,05

Calcule la producción esperada para el próximo trimestre en cada departamento.

- **P S7.9.** Eye Associates, que tiene un laboratorio óptico, ha experimentado un importante crecimiento en la última década. Ha adquirido máquinas biseladoras de lentes en pequeñas cantidades. Anteriores análisis de sus datos (desde que el crecimiento es estable y constante) sugieren que el análisis de regresión (descrito en el Capítulo 4) es adecuado para determinar sus demandas de capacidad. Los datos para la pasada década fueron los siguientes:

Año	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Unidades producidas (en miles)	15,0	15,5	16,25	16,75	16,9	17,24	17,5	17,3	17,75	18,1

- a) Calcule las necesidades de capacidad de la empresa en unidades, para el 2006, 2008 y 2010.
 - b) Si cada máquina es capaz de producir 2.500 lentes, ¿cuántas máquinas debería tener en 2010?
- **S7.10.** Supongamos que en 2006 la clínica Eye Associates (Problema S7.9) tiene 8 máquinas, cada una capaz de producir 2.500 lentes al año. Sin embargo, existe una máquina nueva y mejor en el mercado, capaz de producir 3.000 lentes al año.
 - a) ¿Cuál sería la capacidad de la empresa en el año 2011 si comprara en 2006 la máquina nueva y mejor?
 - b) ¿Cuál sería la capacidad de la empresa en el año 2011 si comprara en 2006 la máquina estándar con capacidad para 2.500 lentes?
- **S7.11.** El programa de administración de empresas de la Southeastern Oklahoma State University tiene las instalaciones y el personal docente necesario para acoger a 2.000 alumnos por

semestre. Sin embargo, en un esfuerzo por limitar el tamaño de los grupos en clase a un nivel “razonable” (normalmente, menos de 200), el decano, Tom Choi, ha impuesto un cupo de 1.500 matrículas. Aunque hubo una amplia demanda de cursos de empresa en el último trimestre, la incompatibilidad de algunos horarios sólo permitió que 1.450 alumnos se matricularan en cursos de empresa. ¿Cuál es la utilización y la eficiencia de este sistema?

- **P** S7.12. Markland Manufacturing intenta aumentar su capacidad eliminando un cuello de botella mediante la adquisición de un nuevo equipo. Dos vendedores han presentado propuestas: los costes fijos para la propuesta A son de 50.000 dólares, y los de la propuesta B son de 70.000 dólares. El coste variable para A es de 12,00 dólares y para B de 10,00 dólares. Los ingresos generados por cada unidad son de 20,00 dólares.
 - a) ¿Cuál es el umbral de rentabilidad en unidades para la propuesta A?
 - b) ¿Cuál es el umbral de rentabilidad en unidades para la propuesta B?
- **P** S7.13. Según los datos del Problema S7.12:
 - a) ¿Cuál es el umbral de rentabilidad en dólares para la propuesta A si añade unos costes de instalación de 10.000 dólares al coste fijo?
 - b) ¿Cuál es el umbral de rentabilidad en dólares para la propuesta B si añade unos costes de instalación de 10.000 dólares al coste fijo?
- **P** S7.14. Dados los datos del Problema S7.12, ¿para qué volumen (en unidades) de producción darían ambas alternativas el mismo beneficio?
- **P** S7.15. Janelle Heinke, propietaria de Ha’Peppas!, está analizando la posibilidad de comprar un nuevo horno donde prepararía su plato estrella, la pizza vegetariana. El tipo de horno A puede preparar 20 pizzas por hora. Los costes fijos del horno A ascienden a 20.000 dólares y los costes variables a 2 dólares por pizza. El horno B es más grande y puede preparar hasta 40 pizzas por hora. Sus costes fijos son de 30.000 dólares y los variables de 1,25 por pizza. Las pizzas se venden a 14 dólares cada una.
 - a) ¿Cuál es el punto de equilibrio para cada horno?
 - b) Si la propietaria espera vender 9.000 pizzas, ¿qué horno debe comprar?
 - c) Si la propietaria espera vender 12.000 pizzas, ¿qué horno debe comprar?
 - d) ¿Para qué volumen debe cambiar de horno?
- **P** S7.16. Dados los siguientes datos, calcule el $PE(x)$, $PE(\$)$ y los beneficios para 100.000 unidades:

$$P = 8\$/\text{unidad} \quad V = 4\$/\text{unidad} \quad F = 50.000\$$$
- **P** S7.17. Están pensando abrir un servicio de fotocopias en la asociación de alumnos. Prevén un coste fijo de 15.000\$, y un coste variable de venta para cada copia de 0,01\$. Estiman un precio de venta medio de 0,05\$ por copia.
 - a) ¿Cuál es su punto de equilibrio en dólares?
 - b) ¿Cuál es su punto de equilibrio en unidades?
- **P** S7.18. La doctora Aleda Roth, una prolífica escritora, está pensando crear su propia empresa de publicaciones. La llamará DSI Publishing, Inc. Los costes estimados de DSI son:

Fijo	250.000,00\$
Coste variable por libro	20,00\$
Precio de venta por libro	30,00\$

¿Cuántos libros debe vender DSI para conseguir el punto de equilibrio? ¿Cuál es su umbral de rentabilidad en dólares?

- **P S7.19.** Además de los costes del Problema S7.18, la doctora Roth quiere pagarse un salario de 50.000 dólares al año:
- ¿Cuál sería entonces su umbral de rentabilidad en unidades?
 - ¿Cuál sería su umbral de rentabilidad en dólares?
- **P S7.20.** Una empresa electrónica fabrica actualmente un artículo que tiene un coste variable de 0,5 dólares por unidad y un precio de venta de 1 dólar por unidad. Los costes fijos son de 14.000 dólares. El volumen actual es de 30.000 unidades. La empresa puede mejorar considerablemente la calidad del producto agregando un nuevo equipo de fabricación, con un coste fijo adicional de 6.000 dólares. El coste variable aumentaría a 0,6 dólares pero el volumen subiría a 50.000 unidades debido a la mayor calidad del producto. ¿Debería comprar la empresa el nuevo equipo?
- **P S7.21.** La empresa electrónica del Problema S7.20 está pensando ahora adquirir el nuevo equipo, así como aumentar el precio de venta a 1,10 dólares por unidad. Con la mayor calidad del producto, el nuevo volumen esperado es de 45.000 unidades. En estas circunstancias, ¿debería la empresa adquirir el nuevo equipo y aumentar el precio de venta?
- **P S7.22.** Zan Azlett y Angela Zesiger han unido sus fuerzas para crear A&Z Lettuce Products, una empresa de preparación de lechuga cortada en tiras y empaquetada para venta a instituciones. Zan tiene años de experiencia en el procesamiento de alimentos y Angela tiene una amplia experiencia comercial con alimentos preparados. El proceso consiste en abrir cajones de lechugas y a continuación seleccionar, lavar, cortar, conservar y, finalmente, empaquetar la lechuga preparada. Juntas, con la ayuda de proveedores y vendedores, creen que pueden estimar con exactitud la demanda, los costes fijos, los ingresos y el coste variable por bolsa de 5 libras de lechuga. Creen que un proceso fundamentalmente manual tendrá unos costes fijos mensuales de 37.500 dólares al mes y unos costes variables de 1,75 dólares por bolsa. Un proceso más automatizado tendrá unos costes fijos de 75.000 dólares al mes y unos costes variables de 1,25 dólares por bolsa de 5 libras. Esperan vender la lechuga cortada a 2,50 dólares por bolsa de 5 libras.
- ¿Cuál es la cantidad del umbral de rentabilidad para el proceso manual?
 - ¿Cuál es el ingreso correspondiente al punto de equilibrio con el proceso automatizado?
 - ¿Cuál es la cantidad del punto de equilibrio en el proceso automatizado?
 - ¿Cuáles son los ingresos correspondientes a la cantidad del punto de equilibrio?
 - ¿Cuál es el beneficio o pérdida mensual del proceso *manual* si esperan vender 60.000 bolsas de lechuga al mes?
 - ¿Cuál es el beneficio o pérdida mensual del proceso *automatizado* si esperan vender 60.000 bolsas de lechuga al mes?
 - ¿Para qué cantidad deben ser indiferentes Zan y Angela al proceso seleccionado?
 - ¿Para qué intervalo de demanda se preferirá el proceso *manual* al automatizado? ¿Para qué intervalo de demanda se preferirá el proceso *automatizado* al manual?
- **S7.23.** Carter Manufacturing está produciendo actualmente una caja para cintas que tiene un coste variable de 0,75 dólares por unidad y un precio de venta de 2 dólares por unidad. Los costes fijos ascienden a 20.000 dólares. El volumen actual de producción es de 40.000 unidades. La empresa puede fabricar un producto mejor incorporando un nuevo equipo a la línea de producción. Este equipo representa un incremento de los costes fijos en 5.000 dólares. El coste variable disminuiría 0,25 dólares por unidad. El volumen del nuevo producto mejorado debería aumentar hasta 50.000 unidades.

- a) ¿Debe invertir la empresa en el nuevo equipo?
- b) ¿Para qué volumen debe cambiar la elección del equipo?
- c) Para un volumen de 15.000 unidades, ¿qué proceso habría que utilizar?

- ⋮ **S7.24.** Como futuro dueño de un club conocido como el Red Rose, está interesado en determinar el volumen de ventas necesario, en dólares, para alcanzar en el próximo año el punto de equilibrio. Ha decidido separar las ventas del club en cuatro categorías, siendo la primera categoría la cerveza. Estima que las ventas de cerveza serán de 30.000 bebidas servidas. El precio de venta medio para cada unidad será de 1,50 dólares, y el coste es de 0,75 dólares. La segunda categoría son las comidas, de las que espera servir 10.000 unidades, con un precio medio de 10,00 dólares y un coste de 5,00 dólares. La tercera categoría son postres y vinos, de los que espera vender 10.000 unidades, con un precio medio de 2,50 dólares por unidad y un coste de 1 dólar por unidad. La última categoría son aperitivos y sándwiches baratos, de los que espera vender un total de 20.000 unidades a un precio medio de 6,25 dólares, con un coste de 3,25 dólares. Sus costes fijos (alquileres, instalaciones, etcétera) suponen 1.800 dólares al mes, más 2.000 dólares al mes para espectáculos.
- a) ¿Cuál es su punto de equilibrio en dólares por mes?
 - b) ¿Cuál es el número de comidas esperado por día, si abre 360 días al año?
- ⋮ **S7.25.** Utilizando los datos del Problema S7.24, haga más real el problema añadiendo el coste de la mano de obra (como coste variable), que representaría un tercio del coste total de comidas y sándwiches. Añada también gastos variables (suministros de cocina, manteles, servilletas, etcétera), que supondrían un 10% para cada categoría.
- a) ¿Cuál es el punto de equilibrio?
 - b) Si espera tener unas ganancias anuales de 35.000 dólares (antes de impuestos) y abre 12 horas al día, ¿cuál debe ser el total de ventas?
- ⋮ **S7.26.** Como gerente del St. Cloud Theatre Company, ha decidido que las concesiones de ventas se financien por sí mismas. La siguiente tabla refleja la información que ha podido reunir hasta ahora:

Artículo	Precio de venta	Coste variable	Porcentaje sobre ingresos
Refresco	1,00\$	0,65\$	25
Vino	1,75	0,95	25
Café	1,00	0,30	30
Dulces	1,00	0,30	20

El gerente del pasado año, Mike Pesch, le ha advertido que debe aumentar un 10% los costes variables como complemento por Usted estima que el coste de la mano de obra es de 250.000 dólares (5 taquillas con 3 personas cada una). Incluso si no se vende nada, el coste será de 250.000 dólares, así que decide considerar esto como un coste fijo. El alquiler de las taquillas, que es un coste contractual, es de 50,00 dólares para *cada una* de las taquillas por noche. Y también representa un coste fijo.

- a) ¿Qué cantidad representa el punto de equilibrio por noche de representación?
 - b) ¿Cuánto vino espera vender en el punto de equilibrio?
- ⋮ **P S7.27.** El albergue James Lawson en una pequeña ciudad histórica de Mississippi tiene que decidir cómo va a subdividir (reformular) el gran caserón antiguo que sirve de hostel. Hay tres alternativas. La opción A modernizaría todos los baños y las habitaciones, dejando cuatro

suites con baño particular, cada una con cabida para de dos a cuatro adultos. La opción B modernizará únicamente el segundo piso, con seis suites, cuatro para de dos a cuatro adultos y dos para sólo dos adultos. La opción C (la opción actual) deja todas las paredes intactas. En este caso, hay ocho habitaciones disponibles, pero sólo dos tienen cabida para cuatro adultos, y cuatro habitaciones no tienen baño privado. A continuación se muestran los detalles de los beneficios y los patrones de demanda de cada opción:

Alternativas	Beneficio anual con distintos patrones de demanda			
	Alta	p	Media	p
A (modernizarlo todo)	90.000\$	0,5	25.000\$	0,5
B (modernizar 2.º piso)	80.000\$	0,4	70.000\$	0,5
C (igual)	60.000\$	0,3	55.000\$	0,7

- a) Dibuje un árbol de decisión.
 b) ¿Qué alternativa tiene el mayor valor esperado?

∴ **S7.28.** Como director de operaciones de Holz Furniture, tiene que tomar una decisión sobre la incorporación de una línea de mobiliario rústico. Al analizar las posibilidades con su director de ventas, Steve Gilbert, usted llega a la conclusión de que habrá definitivamente un mercado y que su empresa debe entrar en ese mercado. Sin embargo, puesto que el mobiliario rústico tiene un acabado distinto al de su oferta de muebles actual, decide que necesita otra línea de producción. No tiene ninguna duda sobre su decisión, y está seguro de que necesita un segundo proceso. Pero no tiene claro cómo ha de ser de grande. Una línea de producción grande costará 400.000 dólares; una pequeña costará 300.000 dólares. Por tanto, la cuestión depende de la demanda de mobiliario rústico. Tras un extenso análisis con el señor Gilbert y Tim Ireland, de Ireland Market Research Inc., determina que la mejor estimación que puede hacer es de que hay dos posibilidades de tres de que los beneficios de las ventas sean de 600.000 dólares, y una entre tres de que sean tan sólo de 300.000 dólares.

Con una línea de proceso grande, podría alcanzarse la alta cifra de 600.000 dólares. Sin embargo, con una línea pequeña no podría, y estaría obligado a ampliar (con un coste de 150.000 dólares), tras lo cual sus beneficios después de ventas serían de 500.000 dólares, en vez de 600.000, por el tiempo perdido en la ampliación. Si no amplía el proceso pequeño, su beneficio después de ventas quedará en 400.000. Si construye un proceso pequeño y la demanda es baja, podrá satisfacer toda la demanda.

¿Debe abrir una línea grande o pequeña?

- **P S7.29.** ¿Cuál es el valor actual neto de una inversión que cuesta 75.000 dólares y tiene un valor de rescate de 45.000 dólares? El beneficio anual de la inversión es de 15.000 dólares por año durante cinco años. El coste del capital para este nivel de riesgo es del 12%.
- **P S7.30.** El coste inicial de una inversión es 65.000 dólares, y el coste del capital es del 10%. El rendimiento es de 16.000 dólares al año durante ocho años. ¿Cuál es el valor actual neto?
- **P S7.31.** Una inversión producirá 2.000 dólares dentro de tres años. ¿Cuál es el valor de la cantidad hoy? Es decir, ¿cuál es el valor actual si el tipo de interés es del 9%?
- **P S7.32.** ¿Cuál es el valor actual de 5.600 dólares cuando el tipo de interés es del 8% y los beneficios no se retirarán hasta dentro de 15 años?

- **S7.33.** Se pide a Tim Smunt que evalúe dos máquinas. Después de algunas indagaciones, determina que los costes son los que se muestran en la tabla adjunta. Se le pide que suponga que:
 - a) La vida útil de cada máquina es de tres años.
 - b) La empresa piensa que puede realizar inversiones con menos riesgo que ésta y obtener un interés del 12%.

	Máquina A	Máquina B
Coste inicial	10.000\$	20.000\$
Coste de la mano de obra al año	2.000	4.000
Coste de mantenimiento al año	4.000	1.000
Valor residual	2.000	7.000

Calcule, mediante el método del valor actual neto, qué máquina debe recomendar Tim.

- **S7.34.** Su jefe le ha pedido que evalúe dos hornos para Tik-the-Tinkers, una tienda de sándwiches para gourmets. Después de hablar con los proveedores y recibir las especificaciones, usted está seguro de que los hornos tienen los atributos y los costes mostrados en la tabla adjunta. Se deben tener en cuenta estas dos premisas:
 1. La vida útil de cada máquina es de cinco años.
 2. La empresa piensa que puede realizar inversiones que aporten un interés del 14% con el mismo riesgo que esta inversión.

	Tres hornos pequeños a 1.250\$ cada uno	Tres hornos grandes a 2.500\$ cada uno
Coste inicial	3.750\$	5.000\$
Coste anual de la mano de obra suplementario al de los modelos grandes	750\$ (total)	
Mantenimiento/limpieza	750\$ (250\$ cada uno)	400\$ (200\$ cada uno)
Valor residual	750\$ (250\$ cada uno)	1.000\$ (500\$ cada uno)

- a) Calcule, mediante el método del valor actual neto, qué máquina le dirá a su jefe que compre.
 - b) ¿Qué supuestos está haciendo acerca de los hornos?
 - c) ¿Qué supuestos está haciendo en su metodología?
- **S7.35.** Andrea está analizando la posibilidad de poner un puesto de venta de crepes en el campus universitario. Podría alquilar un espacio en la asociación de alumnos (con un coste de 300 dólares al mes de alquiler y costes generales). Los costes de materiales y de la mano de obra ascienden a un dólar por crepe, y el precio de venta es de 4 dólares por crepe.
 - a) ¿Cuál es la cantidad del umbral de rentabilidad para esta opción (es decir, cuántas crepes tiene que vender Andrea al mes antes de algún beneficio)?

- b) Andrea podría utilizar una máquina portátil de hacer crepes de un amigo y poner un puesto fuera del local de la asociación de alumnos. No tendría que pagar ningún alquiler, ni ningún otro coste general (es decir, no tendría costes fijos), pero su amigo le exigiría 1,5 dólares por crepe vendida. ¿Cuál es la cantidad del umbral de rentabilidad para esta opción?
- c) Suponga que una encuesta informal muestra que Andrea podría esperar vender 350 crepes al mes. ¿Qué opción debe elegir: la asociación de alumnos o la máquina portátil?
- d) ¿A cuánto ascendería su beneficio mensual total con la mejor opción?
- e) ¿En cuánto (y en qué dirección) tendría que cambiar la demanda para que sea mejor cambiar de opción?



PROBLEMAS EN INTERNET

Visite en nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para ver estos problemas adicionales: S7.36 hasta S7.45.



Caso de estudio en vídeo

Planificación de la capacidad en el hospital Arnold Palmer

Desde el día de su inauguración en 1989, el hospital Arnold Palmer ha experimentado un impresionante crecimiento de la demanda de sus servicios. Siendo uno de los seis únicos hospitales de Estados Unidos especializados en la atención sanitaria a mujeres y niños, el hospital Arnold Palmer ha atendido a más de un millón y medio de pacientes que han acudido a sus instalaciones en Orlando desde los 50 Estados de EUA y de más de 100 países. Con unos resultados de satisfacción del paciente que lo sitúan en el 10% superior de los 2.000 hospitales estadounidenses encuestados sobre el tema (más del 95% de los pacientes recomendaría el hospital antes que a otros), uno de los principales focos del hospital son los partos. Construido inicialmente con 281 camas y una capacidad para 6.500 partos al año, el hospital se fue acercando a ritmo constante a los 10.000 partos anuales, hasta terminar superándolos. Analizando la Tabla S7.3, la directora ejecutiva Kathy Swanson no tuvo la menor duda de que era necesaria una expansión.

Con un crecimiento continuo de población en su zona de atención, los 18 condados centrales de Florida, el hospital Arnold Palmer estaba “dando a luz” todos los días al equivalente a una clase entera de parvulario y, aun así, no satisfacía la demanda. Respaldado con un sólido análisis demográfico adicional, el hospital estaba preparado para desarrollar un plan de ampliación de la capacidad y construir un nuevo edificio de 11 pisos situado al otro lado de la calle del hospital actual.

TABLA S7.3 ■ Nacimientos en hospital Arnold Palmer

Año	Nacimientos
1995	6.144
1996	6.230
1997	6.432
1998	6.950
1999	7.377
2000	8.655
2001	9.536
2002	9.826
2003	10.253
2004	10.555

Se crearon 35 equipos de planificación para analizar temas como (1) sus previsiones específicas, (2) servicios a transferir al nuevo edificio, (3) servicios que se quedarían en el edificio actual, (4) necesidades de personal, (5) bienes de equipo, (6) datos contables pro forma, y (7) requisitos normativos. Finalmente, el hospital Arnold Palmer estaba preparado para seguir adelante con un presupuesto de 100 millones de dólares y el compromiso de disponer de 273 camas más. Pero, dado el crecimiento de la región central de Florida, Swanson decidió ampliar el hospital por etapas: los dos pisos superiores tendrían interiores vacíos (estructuras) que se completarían en una fecha posterior, y el quirófano del cuarto piso podría doblar su tamaño cuando fuera necesario. “Con el nuevo edificio ahora somos capaces de atender 13.500 partos al año”, comenta Swanson.

Preguntas para el debate*

1. Visto el análisis efectuado en el texto (véase la Figura S7.4), ¿qué planteamiento se está adoptando en el hospital Arnold Palmer para ajustar la capacidad a la demanda?
2. ¿Qué tipo de importantes cambios podrían producirse en la estimación de la demanda del hospital que harían que éste tuviera unas instalaciones infrautilizadas (concretamente, ¿qué riesgos tiene esta decisión sobre la capacidad)?
3. Utilice el análisis de regresión para hacer una estimación del momento en que Swanson tendrá que “construir” en los dos pisos superiores del nuevo edificio.

* Puede que quiera ver este caso en vídeo en su CD-ROM antes de responder a estas preguntas.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollions College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestra página personal www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Southwestern University: D:** Requiere el desarrollo de una solución sobre el umbral de rentabilidad con múltiples productos.
- **Planificación de la capacidad en el Hospital Shoultice:** Decisión sobre la expansión de un conocido hospital canadiense.
- **National Cranberry Cooperative (#688-122):** Exige que el alumno analice los procesos, los cuellos de botella y la capacidad.
- **Lenzing AG: Ampliación en Indonesia (#796-099):** Analiza cómo afecta la expansión a la posición competitiva de una empresa.
- **Chaparral Steel (#687-045):** Analiza la propuesta de una importante ampliación de la capacidad en la acería Chaparral Steel.
- **Align Technology, Inc., ajuste de la capacidad productiva a la demanda (#603-058):** Análisis y planificación de la capacidad productiva.
- **Samsung Heavy Industries: los astilleros Kojé (#695-032):** Analiza las mejoras en la fabricación y la caída del rendimiento tras una importante ampliación de la capacidad.



BIBLIOGRAFÍA

- Amran, M., y N. Kulatilaka, "Disciplined Decisions-Aligning Strategy with the Financial Markets", *Harvard Business Review*, 77, n.º 1 (enero-febrero 1999): pp. 95-104.
- Atamturk, A., y D. S. Hochbaum, "Capacity Acquisition, Subcontracting, and Lot-Sizing", *Management Science*, 47, n.º 8 (agosto 2001): pp. 1081-1100.
- Goodale, John C., Rohit Verma, y Madeleine E. Pullman, "A Market Utility-Based Model for Capacity Scheduling in Mass Services", *Production and Operations Management* 12, n.º 2 (verano 2003): pp. 165-185.
- Jack, Eric P., y Amitabh S. Raturi, "Measuring and Comparing Volume Flexibility in the Capital Goods Industry", *Production and Operations Management* 12, n.º 4 (invierno 2003): pp. 480-501.
- Jonsson, Patrik, y Stig-Arne Mattsson, "Use and Applicability of Capacity Planning Methods", *Production and Inventory Management Journal* (3.º/4.º trimestre 2002): pp. 89-95.
- Kekre, Sunder, *et al.*, "Reconfiguring a Remanufacturing Line at Visteon, Mexico", *Interfaces* 33, n.º 6 (noviembre-diciembre 2003): pp. 30-43.
- Lovejoy, William S., y Ying Li, "Hospital Operating Room Expansion", *Management Science* 48, n.º 11 (noviembre 2002): pp. 1369-1387.
- Rajagopalan, S., y H. L. Yu, "Capacity Planning with Congestion Effects", *European Journal of Operational Research* 134, (2001): pp. 365-377.
- Simon, V. Jr., C. J. Wicker, M. K. Garrity, y M. E. Kraus, "Process Design in a Down-Sizing Service Operation", *Journal of Operations Management* 17, n.º 3 (marzo 1999): pp. 271-288.
- Upton, David, "What Really Makes Factories Flexible", *Harvard Business Review* 73, n.º 4 (julio-agosto, 1995): pp. 74-84.
- Van Mieghem, J. A., "Coordinating Investment, Production, and Subcontracting", *Management Science* 45, n.º 7 (1999): pp. 954-971.



RECURSOS EN INTERNET

American Council of Engineering Companies:

<http://www.acec.org>

Association for Manufacturing Excellence:

<http://www.ame.org>

DARPA: U.S. Defence Dept., Innovative Prototype Systems:

<http://www.DARPA.mil/>

Manufacturing Logistics Institute at Lehigh University:

www.lehigh.edu/inime/mli/projects2.htm

Manufacturing and Processing Links:

<http://galaxy.einet.net/galaxy/engineering-and-technology/manufacturing-and-processing.html>

ESTRATEGIAS DE LOCALIZACIÓN

8

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: FEDERAL EXPRESS

IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA LOCALIZACIÓN

FACTORES QUE AFECTAN LA DECISIÓN DE LOCALIZACIÓN

Productividad de la mano de obra
Tipos de cambio y riesgo cambiario
Costes
Actitudes
Proximidad a los mercados
Proximidad a los proveedores
Proximidad a los competidores (*Cluster*
de empresas)

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN

Método de los factores ponderados
Análisis del umbral de rentabilidad de
la localización
Método del centro de gravedad
Modelo de transporte

ESTRATEGIA DE LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS

Cómo eligen las localizaciones
las cadenas hoteleras
La industria del telemarketing
Sistemas de información geográfica

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

UTILIZACIÓN DE SOFTWARE PARA RESOLVER
PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM
DEL ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

DILEMA ÉTICO

EJERCICIO ACTIVE MODEL

PROBLEMAS

PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

CASO DE ESTUDIO: SOUTHERN RECREATIONAL
VEHICLE COMPANY

CASO DE ESTUDIO EN VÍDEO: DÓNDE SITUAR
EL PRÓXIMO LOCAL DE HARD ROCK CAFÉ

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

*Cuando haya
completado este
capítulo, debe ser
capaz de:*

Identificar o definir:

Objetivos de la
estrategia de
localización

Aspectos
internacionales de la
localización

Concentración (*Cluster*
de empresas)

Sistemas de
información
geográfica

Describir o explicar:

Tres métodos de
resolución del
problema de
localización:

- Método de los factores ponderados
- Análisis del umbral de rentabilidad
- Método del centro de gravedad



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: FEDERAL EXPRESS

La localización proporciona una ventaja competitiva a Federal Express

En el centro de Federal Express de Memphis, Tennessee, unos 100 aviones de Federal Express convergen cada medianoche, con más de un millón de documentos y paquetes.

En el área de clasificación preliminar, se clasifican los documentos y paquetes y se envían a un área de clasificación secundaria. Las instalaciones de Memphis tienen una superficie aproximada de 140.000 metros cuadrados; podrían contener 33 campos de fútbol. Los paquetes se clasifican y distribuyen hasta las 4 de la mañana.

Los paquetes y documentos que ya han pasado por las clasificaciones previa y secundaria se revisan teniendo en cuenta la ciudad, el estado de destino y el código postal. Entonces, se colocan en contenedores que se cargarán en el avión correspondiente para ser entregados en su destino final, en 215 países.

Los 3.100 empleados del centro clasifican 6.000 cajas y 10.000 documentos por hora en sus instalaciones de más de 8.300 m², situadas en una antigua base militar norteamericana en Filipinas.

La poderosa Federal Express, que efectúa sus entregas durante la noche, ha creído en el concepto de concentrador (*hub*) desde hace 41 años, cuando se fundó. Aunque Fred Smith, fundador y presidente de Federal Express, recibió un aprobado raso por su trabajo de universidad en el que proponía un concentrador para la entrega de pequeños paquetes, la idea ha demostrado tener un éxito enorme. La empresa, de 18.000 millones de dólares, que comenzó con un centro concentrador (*hub*) en Memphis, Tennessee (denominado actualmente el *super-hub*), ha creado un centro de reparto europeo en París y otro en Asia, en la bahía de Súbic, Filipinas, un centro de reparto para América Latina en Miami, y uno para Canadá en Toronto. La flota aérea de Federal Express, de más de 650 aviones, vuela a 378 aeropuertos de todo el mundo, y luego efectúa sus entregas puerta a puerta con más de 42.000 furgonetas.

¿Por qué eligió Federal Express la ciudad de Memphis para situar su centro operativo? Por un lado, la ciudad está situada en el centro de Estados Unidos, y, por otro, el concentrador tiene muy pocas horas de cierre por mal tiempo, circunstancia que quizá haya contribuido a las excelentes cotas de seguridad de los vuelos de la empresa.

Todas las noches, excepto las de los domingos, Federal Express lleva a Memphis paquetes desde cualquier parte del mundo, paquetes que deben ir a ciudades para las que Federal Express no tiene vuelos directos. El centro concentrador permite servir a un mayor número de puntos con menos aviones que el sistema tradicional "de ciudad A a ciudad B". También permite a Federal Express hacer corresponder cada noche "vuelos de aviones" con "cargas de paquetes" y reorganizar los itinerarios de los vuelos cuando el volumen de la carga lo requiere, lo que supone un importante ahorro de costes. Además, Federal Express también cree que el sistema de concentrador central ayuda a reducir los errores de manipulación y el retraso en tránsito, porque el control sobre los paquetes desde su punto de recogida hasta su entrega es total.

IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA LOCALIZACIÓN

Cuando Federal Express abrió su centro de distribución asiático en la bahía de Súbic en Filipinas, en la década de 1990, sentó las bases para sus nuevos vuelos “alrededor del mundo” al vincular sus centros de distribución de paquetería de París y Memphis con Asia. Cuando Mercedes anunció sus planes de construir en Vance, Alabama, su primera gran planta en el extranjero, se cerraba un año de competencia entre 170 lugares en 30 Estados y dos países. Cuando Hard Rock Café abrió un local en Moscú en 2002, finalizaban tres años de preparación anticipada de una cadena de suministros de alimentos en Rusia.

Una de las decisiones estratégicas más importantes que toman empresas como Federal Express, DaimlerChrysler o Hard Rock es dónde localizar sus operaciones. La vertiente internacional de estas decisiones es indicativa de la naturaleza global de las decisiones de localización. Con la apertura de los bloques soviético y chino se está produciendo una gran transformación. Los mercados mundiales se han duplicado y la globalización de los negocios se está acelerando.

Empresas en todo el mundo utilizan los conceptos y técnicas de este capítulo para abordar la decisión sobre la localización, porque la localización afecta en gran medida tanto a los costes fijos como a los variables. Tiene un gran impacto sobre los riesgos y beneficios globales de la empresa. Por ejemplo, según el producto y tipo de producción o servicio de que se trate, sólo los costes de transporte pueden superar el 25% del precio de venta del producto. Es decir, puede necesitarse la cuarta parte de los ingresos totales de una empresa sólo para cubrir los gastos de transporte de la materia prima que llega y de los productos terminados que se envían. Otros costes que podrían verse afectados por la localización son: impuestos, salarios, costes de materias primas y alquileres.

Las empresas rara vez toman decisiones sobre localización; normalmente las toman porque la demanda ha superado a la capacidad actual de la planta o porque se han producido cambios en la productividad de mano de obra, en los tipos de cambio, en los costes o en las actitudes locales. Las empresas también pueden relocalizar sus instalaciones de fabricación o de servicios debido a cambios demográficos y a la demanda de los clientes.

Las opciones de localización pueden ser (1) ampliar una instalación existente en vez de trasladarse a otra parte, (2) mantener los emplazamientos actuales al mismo tiempo que se añade una nueva instalación en algún otro lugar, o (3) cerrar las instalaciones existentes y trasladarse a otra localización.

La decisión de localización a menudo depende del tipo de negocio. En caso de decisiones de localización industrial la estrategia suele consistir en minimizar los costes, aunque la innovación y la creatividad también pueden ser factores críticos. En el caso del comercio minorista (*retail*) y de organizaciones de servicios profesionales, la estrategia se centra en maximizar los ingresos. Sin embargo, la estrategia de localización de almacenes puede estar determinada por una combinación de costes y velocidad de entrega. El *objetivo de la estrategia de localización* es maximizar el beneficio de la localización para la empresa.

Localización y costes Como la localización tiene tanta influencia sobre los costes, a menudo tiene el poder de generar (o destruir) la estrategia de negocio de una empresa. Multinationales clave en cualquier industria importante, desde la de automóviles hasta la de teléfonos móviles, ya tienen o están proyectando tener presencia en todos sus principales mercados. Las decisiones de localización basadas en una estrategia de bajos costes tienen que estudiarse cuidadosamente.

Una vez que la dirección ha optado por una localización concreta, muchos costes están firmemente establecidos y resulta difícil reducirlos. Por ejemplo, si una nueva fábrica se

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE DIRECCIÓN DE OPERACIONES

- Diseño de bienes y servicios
- Gestión de la calidad
- Estrategia de proceso
- Estrategias de localización**
- Estrategias de organización
- Recursos humanos
- Gestión de la cadena de suministros
- Gestión del inventario
- Programación
- Mantenimiento

El objetivo de la estrategia de localización es maximizar el beneficio de la localización para la empresa.



Vídeo 8.1

Elección de la localización para Hard Rock Café

ha localizado en una región con altos costes de energía, incluso una buena gestión con una excelente estrategia energética empezaría con mal pie. Los directivos están en una situación similar con respecto a su estrategia de recursos humanos en el caso de que la mano de obra en la localización elegida sea cara, tenga mala formación o una escasa ética laboral. Por consiguiente, trabajar intensamente para determinar la localización óptima de una instalación es una muy buena inversión.

Localización e innovación Cuando la creatividad, la innovación y las inversiones en investigación y desarrollo son críticas para la estrategia de operaciones, los criterios sobre localización pueden separarse del enfoque centrado en los costes. Cuando el foco se centra en innovación, hay cuatro atributos que parecen afectar a la competitividad global y a la innovación¹:

- La presencia de factores productivos (inputs) especializados y de gran calidad, como el talento científico y técnico.
- Un entorno que promueve la inversión y una fuerte rivalidad local.
- Presiones e ideas obtenidas de un sofisticado mercado local.
- Presencia local de industrias relacionadas y de apoyo.

Motorola está entre las empresas que han renunciado a las localizaciones de bajo coste cuando dichas localizaciones no respaldaban otros aspectos importantes de la estrategia. En el caso de Motorola, cuando el análisis indicaba que la infraestructura y los niveles de educación de algunas posibles localizaciones no podían respaldar determinadas tecnologías productivas, dichas localizaciones se dejaban de tener en cuenta, incluso teniendo bajos costes.

FACTORES QUE AFECTAN A LA DECISIÓN DE LOCALIZACIÓN

La elección de la localización de las instalaciones se ha hecho más compleja con la globalización del mercado laboral. Como vimos en el Capítulo 2, la globalización se ha producido por el desarrollo de (1) la economía de mercado, (2) mejores comunicaciones internacionales, (3) mayor rapidez y fiabilidad de los transportes, (4) mayor facilidad para los flujos de capitales entre países, y (5) las grandes diferencias en costes laborales. Muchas empresas ahora están estudiando la apertura de nuevas oficinas, fábricas, tiendas o bancos fuera de su país de origen. Las decisiones de localización trascienden las fronteras nacionales. De hecho, tal y como se muestra en la Figura 8.1, la secuencia de las decisiones de localización a menudo empieza con la elección de un país en el que trabajar.

Un planteamiento para la selección de un país consiste en identificar lo que la organización matriz considera como factores críticos de éxito (FCE) necesarios para lograr una ventaja competitiva. En la parte superior de la Figura 8.1 se muestra una lista de seis posibles FCE relativos al país. Utilizando estos factores (incluyendo algunos negativos, como la criminalidad), el Foro Económico Mundial clasifica cada dos años la competitividad global de 104 países (véase la Tabla 8.1). Finlandia fue la primera en 2004-5 gracias a sus elevadas tasas de ahorro e inversión, apertura comercial, calidad de la educación y gobierno eficiente.

¹ Véase Michael E. Porter y Scott Stern, "Innovation: Location Matters", *MIT Sloan Management Review* 42, n.º 4 (verano de 2001), 28-36; y *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, R. R., Nelson (ed.), Oxford University Press, Nueva York, 1993.

Decisiones sobre el país



Factores críticos de éxito

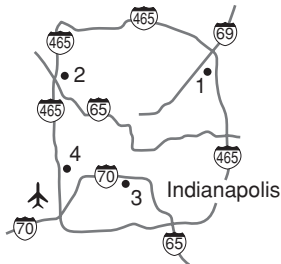
1. Riesgos políticos; normativa gubernamental, actitudes, incentivos
2. Aspectos culturales y económicos
3. Localización de mercados
4. Formación de la fuerza de trabajo; actitudes; productividad y costes
5. Disponibilidad de suministros (electricidad, gas...), comunicaciones y energía
6. Tipos de cambio y riesgo cambiario

Decisiones sobre la región/comunidad



1. Deseos corporativos
2. Atractivo de la región (cultura, impuestos, clima, etc.)
3. Disponibilidad de la mano de obra; costes; actitud sindical
4. Coste y disponibilidad de servicios (electricidad, gas...)
5. Reglamentación medioambiental de la región/ciudad
6. Incentivos gubernamentales y políticas fiscales
7. Proximidad a materias primas y clientes
8. Costes del suelo y de edificación

Decisiones sobre el lugar



1. Tamaño de los terrenos y costes
2. Acceso a comunicaciones (aéreas, ferroviarias, autopistas, marítimas y fluviales)
3. Restricciones urbanísticas de la zona
4. Proximidad a los servicios y proveedores necesarios
5. Aspectos de impacto medioambiental

FIGURA 8.1 ■
Algunas
consideraciones y
factores que afectan
a las decisiones
de localización

TABLA 8.1 ■ Competitividad de 104 países, basada en las Encuestas Anuales a 8.700 ejecutivos de empresas

País	Posición en 2004-5
Finlandia	1
Estados Unidos	2
⋮	⋮
Japón	9
Reino Unido	11
⋮	⋮
Canadá	15
⋮	⋮
China	46
México	48
⋮	⋮
Egipto	62
Rusia	70
⋮	⋮
Angola	103
Chad	104

Fuente: www.weforum.org, 2005.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

QUALITY COILS SE VA DE MÉXICO

Keith Gibson, presidente de Quality Coils, Inc., vio el ahorro que podían suponer los bajos salarios de México y se fue al Sur. Cerró la fábrica de Connecticut y abrió una en Juárez, donde podía pagar a los mexicanos una tercera parte de lo que pagaba a los norteamericanos. "Todas las cifras apuntaban a que íbamos a hacer un gran negocio", dice Gibson.

Sin embargo, su empresa estuvo al borde de la quiebra. Esta empresa, que fabrica bobinas electromagnéticas, estuvo perdiendo dinero continuamente durante cuatro años en México. El alto absentismo, la baja productividad y problemas derivados de la gestión a larga distancia, hicieron que Gibson fuese reduciendo su optimismo inicial hasta acabar cerrando la fábrica de Juárez.

De regreso a Estados Unidos, y tras volver a contratar a algunos de sus antiguos empleados, Gibson manifestó: "Puedo contratar a una persona en Connecticut para hacer lo mismo que tres en Juárez".

Cuando los sindicatos norteamericanos se quejan de que no pueden competir con los bajos salarios de otros países y el piquete grita "¿4 dólares de jornal? ¡Ni hablar!", pasan por alto varios factores. En primer lugar, la productividad en los países de costes bajos suele erosionar una ventaja salarial que no es tan importante como se suele creer. Segundo, una gran cantidad de problemas, desde malas infraestructuras viarias hasta gobiernos corruptos, hacen aumentar los costes de explotación. Tercero, aunque los costes de la mano de obra en muchos países subdesarrollados son sólo la tercera parte de los de EE.UU., ellos sólo representan el 10% del total de los costes de fabricación. Por tanto, tal vez la diferencia no compensa otras desventajas. Y lo más importante: el coste de la mano de obra, para la mayoría de los fabricantes estadounidenses, es menos importante que otros factores, como la capacidad de los trabajadores, la calidad del transporte y el acceso a la tecnología.

Fuentes: *Nation's Business* (febrero de 1997): 6; y *The Wall Street Journal* (15 de septiembre de 1994): A1.

Una vez que una empresa ha elegido cuál es el mejor país para su localización, se busca la región y la ciudad donde localizar la empresa. El paso final del proceso de decisión consiste en elegir un emplazamiento concreto en una ciudad. La empresa debe elegir un lugar que sea el más adecuado en cuanto a poder enviar y recibir productos, condiciones urbanísticas, servicios, tamaño y coste. La Figura 8.1 también resume esta serie de decisiones y los factores implicados en ellas.

Además de la globalización, hay algunos otros factores que influyen en la decisión del emplazamiento. Entre ellos están la productividad de la mano de obra, los tipos de cambio, la cultura, las actitudes cambiantes hacia la industria, y la proximidad a los mercados, a los proveedores y a los competidores.

Productividad de la mano de obra

Cuando se está decidiendo una localización, los directivos pueden sentirse tentados de elegir áreas con salarios bajos. Sin embargo, no se pueden tener en cuenta solamente los salarios, tal y como descubrió Quality Coils, Inc. cuando abrió su fábrica en México (véase el recuadro sobre *Dirección de operaciones en acción*). Los directivos también deben tener en cuenta la productividad.

Como vimos en el Capítulo 1, existen diferencias en cuanto a la productividad entre los países. Lo que realmente interesa a la dirección es la combinación de productividad y salarios. Por ejemplo, si Quality Coils paga 70 dólares diarios por 60 unidades diarias producidas en Connecticut, gastará menos en mano de obra que una fábrica mexicana que paga 25 dólares diarios con una productividad de 20 unidades diarias.

$$\frac{\text{Costes de mano de obra por día}}{\text{Productividad (es decir, unidades por día)}} = \text{coste por unidad}$$

En la mayoría de los casos, es más barato fabricar ropa en Corea, Taiwán o Hong Kong y luego mandarla a Estados Unidos que producirla en Estados Unidos. Sin embargo, el coste final es el factor decisivo, y una baja productividad podría dar al traste con el bajo coste.

Caso 1: Planta de Connecticut

$$\frac{70 \text{ dólares diarios en salarios}}{60 \text{ unidades producidas al día}} = \frac{70 \text{ dólares}}{60} = 1,17 \text{ dólares/unidad}$$

Caso 2: Planta de Juárez, México:

$$\frac{25 \text{ dólares diarios en salarios}}{20 \text{ unidades producidas al día}} = \frac{25 \text{ dólares}}{20} = 1,25 \text{ dólares/unidad}$$

Los empleados con poca experiencia, baja formación o malos hábitos de trabajo pueden no ser una buena adquisición, incluso pagando salarios bajos. En el mismo sentido, los empleados que no siempre pueden o quieren llegar a su puesto de trabajo no benefician demasiado a la organización, incluso si se les paga poco (el coste salarial por unidad se conoce a veces por el nombre de *contenido laboral* del producto).

Tipos de cambio y riesgo cambiario

Aunque los salarios y la productividad pueden hacer que ciertos países parezcan económicamente atractivos, un tipo de cambio desfavorable puede eliminar el ahorro. A veces, sin embargo, las empresas pueden aprovechar unos tipos de cambio especialmente favorables cambiando de ubicación o exportando a un país extranjero. Sin embargo, los valores de las monedas extranjeras suben y bajan continuamente en la mayoría de los países. Esos cambios podrían perfectamente hacer que un buen emplazamiento en 2006 fuese desastroso en 2010.

Costes

Podemos dividir los costes de localización en dos categorías: tangibles e intangibles. Los **costes tangibles** son aquellos que se pueden identificar rápidamente y se pueden calcular con precisión. Comprenden suministros, mano de obra, materiales, impuestos, depreciación, y otros costes que el departamento de contabilidad y la dirección pueden identificar. Además de ellos, otros costes como el transporte de materias primas, el transporte de los bienes manufacturados y los de construcción de las instalaciones se tienen también en cuenta al determinar del coste global de una localización. Los incentivos del Gobierno, como se ve en el recuadro sobre *Dirección de producción en acción* titulado “Cuán grandes fueron los incentivos de Alabama para ganarse a la industria del automóvil”, afectan, sin duda, al coste de la localización.

Los **costes intangibles** son más difíciles de cuantificar. Comprenden la calidad de la formación, los servicios de transporte público, las actitudes de la comunidad hacia la industria y la empresa, y la calidad y actitudes de los posibles empleados futuros. También incluyen variables relacionadas con la calidad de vida, como el clima y los equipos deportivos, que pueden influir en el reclutamiento del personal.

Cuestiones éticas Las decisiones de localización basadas únicamente en los costes pueden plantear situaciones éticas como el caso de la United Airlines en Indianápolis (véase el Dilema ético al final de este capítulo). United aceptó 320 millones de dólares en incentivos para abrir unas instalaciones en esa localidad, de la que se fue diez años más tarde, dejando con las manos vacías al gobierno y a los residentes.

¿Hasta qué punto asumen un compromiso de lealtad a largo plazo las empresas con determinado país, Estado o ciudad si están perdiendo dinero, o si pueden obtener mayores beneficios en otra parte? ¿Es ético que los países desarrollados abran fábricas en países

Las plantas de montaje instaladas en la parte mexicana de la frontera con Estados Unidos, de Texas a California reciben el nombre de maquiladoras. Unas 3.200 empresas y gigantes industriales, como General Motors, Zenith, Hitachi y GE, controlan estas fábricas, que fueron diseñadas para ayudar a los dos lados de la empobrecida región fronteriza. Más de 1,5 millones de trabajadores están empleados en estas fábricas fronterizas. Los salarios mexicanos son bajos pero, al tipo de cambio actual, las empresas también están dirigiendo su mirada hacia el Extremo Oriente.

Costes tangibles

Costes que pueden identificarse rápidamente y calcularse con precisión

Costes intangibles

Categoría de costes de localización que no se pueden cuantificar con facilidad, tales como la calidad de vida y el tipo de gobierno.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

CUÁN GRANDES FUERON LOS INCENTIVOS DE ALABAMA PARA GANARSE A LA INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL

En 1993 Alabama convenció a Mercedes-Benz para que construyera su primera planta de automóviles estadounidense en la ciudad de Vance ofreciendo al fabricante de automóviles de lujo incentivos por valor de 253 millones de dólares: 169.000 dólares por cada puesto de trabajo que Mercedes había prometido al Estado.

Los contribuyentes consideraron que semejante acuerdo era tal despilfarro que no renovaron el cargo del Gobernador Jim Folsom mucho antes de que el primer todoterreno deportivo de Mercedes saliera de la nueva cadena de montaje en 1997. En la actualidad, con 84.000 puestos de trabajo relacionados con la industria del automóvil en Alabama, el acuerdo parece ahora un poco más que una ganga, lo que sugiere que la práctica de pagar millones de dólares del contribuyente para atraer a grandes creadores de empleo puede, a veces, ser muy lucrativa.

Mercedes sobrepasó su promesa de crear 1.500 puestos de trabajo en la fábrica de Vance y, en 2005, tenía una plantilla de 4.000 trabajadores.

En 2001 Honda abrió una fábrica a 70 millas al este de la fábrica de Mercedes, para construir su minifurgoneta Odyssey. La fábrica de Toyota Motor Corp. cerca de Huntsville empezó a fabricar motores en 2002. Estos dos fabricantes de automóviles también recibieron incentivos.

Para cimentar la reputación de Alabama como el centro de fabricación de automóviles más importante del Sur, Hyundai Motor Co., de Corea del Sur, eligió un lugar cercano a Montgomery para su primera cadena de montaje estadounidense. La planta inició su producción en 2005, con 2.000 trabajadores para fabricar 300.000 sedanes y todoterrenos deportivos al año.

¿Está concediendo el Estado más de lo que recibe a cambio? Eso es lo que afirman muchos economistas. Otros anteriores agoreros sobre los incentivos afirman ahora que la llegada de los fabricantes anuncia una "nueva era para Alabama".

Fuente: The Economist (29 de noviembre de 2003), 29-30; y Knight Ridder Tribune Business News (12 de abril de 2002), 1.

subdesarrollados donde se recurre frecuentemente a la explotación laboral y al trabajo infantil? ¿Dónde la norma son los salarios bajos y las malas condiciones laborales? Se ha dicho que la fábrica del futuro será un enorme buque, capaz de ir de puerto en puerto cada vez que los costes en un puerto dejen de ser competitivos.

Actitudes

Las actitudes de los gobiernos nacionales, estatales o municipales hacia la propiedad privada, el urbanismo, la contaminación y la estabilidad del empleo pueden variar. Las actitudes gubernamentales en el momento de tomar la decisión sobre una localización pueden no durar mucho. Además, la dirección puede encontrarse con que estas actitudes dependen del partido o persona que esté en el poder.

La actitud de los trabajadores también puede variar de un país a otro, de una región a otra, y de una ciudad pequeña a una metrópoli. Las opiniones de los trabajadores respecto a la rotación de empleados, los sindicatos y el absentismo son todos factores relevantes. A su vez, estas actitudes pueden afectar a la decisión de una empresa en cuanto a hacer ofertas a los trabajadores actuales si decide trasladarse a una nueva localización. El caso práctico de estudio del final de este capítulo, "Southern Recreational Vehicle Company", describe cómo una empresa de Saint Louis decidió deliberadamente *no relocalizar* a ninguno de sus empleados cuando se trasladó a Mississippi.

Uno de los mayores retos en las decisiones sobre operaciones globales consiste en tratar con los aspectos relacionadas con la cultura de otro país. Las diferencias culturales en cuanto a puntualidad de los empleados y proveedores producen notables diferencias en los

TABLA 8.2 ■ Ranking de algunos países en función de la corrupción (un 10 significaría que no hay corrupción en el país)

Posición en la clasificación	Puntuación
1 Finlandia	9,7
⋮	⋮
11 Canadá y Reino Unido (igualados)	8,7
⋮	⋮
18 Estados Unidos e Irlanda (igualados)	7,5
⋮	⋮
21 Japón e Israel (igualados)	7,0
⋮	⋮
23 Francia y España (igualados)	6,9
⋮	⋮
43 Cuba y Jordania (igualados)	4,6
⋮	⋮
66 China y Siria (igualados)	3,4
⋮	⋮
131 Haití	1,5
132 Nigeria	1,4
133 Bangladesh	1,3

Fuente: Encuesta de Transparency International de 2004 en www.transparency.org.

programas de producción y entregas. De la misma manera, los sobornos crean una sustancial ineficiencia económica, además de problemas éticos y legales en la “arena” global. Por ello, los directores de operaciones tienen que hacer frente a retos significativos cuando construyen cadenas de suministro eficaces en las que están incluidas empresas extranjeras. La Tabla 8.2 proporciona una clasificación de países del mundo en función del grado de corrupción.

Proximidad a los mercados

Para muchas empresas es de la máxima importancia buscar una localización próxima a sus clientes, sobre todo para las organizaciones de servicios. Las tiendas detallistas, restaurantes, oficinas de correos o peluquerías entienden que la proximidad al mercado es el factor *primordial* para decidir su ubicación. Las empresas industriales consideran útil estar cerca de los clientes en el caso de que el transporte de productos finales resulte caro o difícil (por su peso, tamaño o fragilidad). Además, por la tendencia a la producción “justo a tiempo”, los proveedores quieren estar cerca de sus clientes para acelerar las entregas. Para una empresa como Coca-Cola, cuyo principal ingrediente es el agua, es razonable tener fábricas de embotellado en muchas ciudades en vez de mandar pesados contenedores (a veces con frágiles botellas de vidrio) por todo el país.

Proximidad a los proveedores

Las empresas se ubican cerca de sus materias primas y proveedores por motivos de (1) caducidad, (2) costes de transporte o (3) volumen. Las panaderías, plantas de productos lácteos o procesadores de mariscos congelados tratan con materias primas *perecederas*; por eso, a menudo, se localizan cerca de los proveedores. Las empresas que dependen de materias primas pesadas o voluminosas (como las productoras de acero, que utilizan

carbón y mineral de hierro), deben enfrentarse a altos *costes de transporte* de materias primas, que se convierten en un factor muy importante. Y los productos para los que hay una *reducción de volumen* durante la producción (como los aserraderos localizados en el noroeste cerca de los recursos madereros), suelen tener que estar cerca de la materia prima.

Concentración

(Cluster de empresas)

Localización de empresas competidoras cercanas unas de otras, debido a menudo a la existencia en la zona de un gran volumen de información, talento, capital riesgo o recursos naturales.

Proximidad a los competidores (*cluster* de empresas)

A las empresas también les gusta localizarse, sorprendentemente, cerca de sus competidores. Esta tendencia, llamada *cluster* o **concentración de empresas**, se produce a menudo en los casos en que un recurso muy importante para ellas se halla en una determinada región. Esos recursos pueden ser recursos naturales, de información, de capital riesgo, o de talentos. La Tabla 8.3 presenta varios ejemplos de industrias en que se produce esta concentración, y las razones por la que se produce.

TABLA 8.3 ■ Cluster de empresas

Industria	Localizaciones	Razones de la agrupación
Fabricación de vinos	Valle del Napa (Estados Unidos), la región de Burdeos (Francia)	Recursos naturales de terreno y clima
Empresas de software	Valle del silicio (Silicon Valley en California), Boston, Bangalore (India)	Recursos de talento humano proporcionado por brillantes titulados en ciencias/técnicas, cerca de capital riesgo
Fabricación de automóviles de carreras	Región de Huntington/North Hampton (Inglaterra)	Concentración crítica de talento e información
Parques temáticos (Disney World, Universal Studios y Sea World)	Orlando	Un lugar estratégico para el ocio, buen clima, turistas, mano de obra barata
Empresas de electrónica (como Sony, IBM, HP, Motorola y Panasonic)	Norte de México	NAFTA (Tratado de Libre Comercio de América del Norte), exportaciones libres de impuestos a Estados Unidos (el 24% de todos los televisores se construye aquí)
Fabricantes de PC	Singapur, Taiwán	Elevadas tasas de penetración de la tecnología y elevado PIB per cápita, mano de obra cualificada/formada con una gran oferta de ingenieros
Cadenas de comida rápida (como Wendy's, McDonald's, Burger King y Pizza Hut)	A un kilómetro las unas de las otras	Estimula las ventas de comida, elevado tráfico
Aviación en general (incluyendo Cessna, Learjet, Boeing y Raytheon)	Wichita, Kansas	Gran cantidad de habilidades en aviación (del 60 al 70% de los pequeños aviones/jets del mundo se fabrican aquí).

Puede que Italia sea la auténtica líder en cuanto a concentración de empresas, ya que la parte septentrional concentra a líderes mundiales en especialidades como baldosas de cerámica (Modena), joyería de oro (Vicenza), máquinas herramientas (Busto Arsizio), cachemir y lana (Biella), diseñadores de gafas (Belluma) y máquinas de pasta (Parma).

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN

Los cuatro principales métodos utilizados para resolver los problemas de localización son los siguientes: el método de los factores ponderados, el análisis del umbral de rentabilidad de la localización, el método del centro de gravedad y el modelo de transporte. En esta sección se describen estos enfoques.

Método de los factores ponderados

En la selección de una localización hay que tener en cuenta muchos factores, tanto cuantitativos como cualitativos. Algunos de estos factores son más importantes que otros, por lo que los directivos pueden utilizar ponderaciones para que el proceso de decisión sea más objetivo. El **método de los factores ponderados** es muy popular, porque pueden introducirse de forma objetiva factores tan diversos como la educación, el ocio y la capacitación de los trabajadores. En la Figura 8.1 se presentó una relación de algunos de los muchos factores que afectan a la decisión de localización.

El método de los factores ponderados comprende seis pasos:

1. Definir una lista de los factores relevantes denominados *factores críticos de éxito* (como los de la Figura 8.1).
2. Asignar una ponderación a cada factor para reflejar su importancia relativa para los objetivos de la empresa.
3. Definir una escala para los factores (por ejemplo, de 1 a 10 o de 1 a 100 puntos).
4. Pedir a los directivos que puntúen cada localización para cada factor, según la escala del punto 3.
5. Multiplicar la puntuación por el peso de cada factor y calcular la puntuación total de cada localización.
6. Hacer una recomendación en función de la máxima puntuación, teniendo en cuenta también los resultados de los enfoques cuantitativos.

Cuando una solución es sensible a pequeños cambios resulta adecuado realizar un análisis más profundo de los factores, tanto de las ponderaciones asignadas como de las puntuaciones realizadas. Otra posibilidad es que la dirección puede llegar a la conclusión de que estos factores intangibles no son el criterio adecuado en el que basar una decisión de localización y, por tanto, debe dar más peso a aspectos más cuantitativos de la decisión.

Método de los factores ponderados

Método de localización que introduce objetividad en el proceso de identificación de costes de difícil evaluación.

Método de los factores ponderados

Five Flags over Florida, una cadena estadounidense de 10 parques temáticos dirigidos a la familia, ha decidido expandirse en el extranjero abriendo su primer parque en Europa. La hoja de evaluación de la Tabla 8.4 muestra la relación de factores críticos de éxito que la dirección ha estimado importantes; se indica su ponderación y su puntuación para dos posibles emplazamientos: Dijon (Francia) y Copenhague (Dinamarca).

EJEMPLO 1

TABLA 8.4 ■ Ponderación, puntuación y solución

Factores críticos de éxito	Peso	Puntuación (sobre 100)		Puntuaciones ponderadas	
		Francia	Dinamarca	Francia	Dinamarca
Disponibilidad y actitud de la mano de obra	0,25	70	60	$(0,25)(70) = 17,5$	$(0,25)(60) = 15,0$
Relación personas/automóviles	0,05	50	60	$(0,05)(50) = 2,5$	$(0,05)(60) = 3,0$
Renta per cápita	0,10	85	80	$(0,10)(85) = 8,5$	$(0,10)(80) = 8,0$
Estructura fiscal	0,39	75	70	$(0,39)(75) = 29,3$	$(0,39)(70) = 27,3$
Educación y salud	<u>0,21</u>	60	70	$(0,21)(60) = 12,6$	$(0,21)(70) = 14,7$
Totales	1,00			<u>70,4</u>	<u>68,0</u>

Las cifras utilizadas para sopesar los factores pueden ser subjetivas, y los resultados del modelo no son "exactos", aunque este enfoque sea cuantitativo.

La Tabla 8.4 también muestra el uso de las ponderaciones para evaluar las alternativas de localización. Una vez asignada una puntuación máxima de 100 puntos a cada factor, es preferible la localización en Francia. Si se cambian un poco las puntuaciones o la ponderación para los factores sobre los que existen dudas, podemos analizar la sensibilidad de la decisión. Por ejemplo, podemos ver que cambiando las puntuaciones para "disponibilidad y actitud de la mano de obra" en 10 puntos (disminuyéndolos en la alternativa de Francia y aumentándolos en la de Dinamarca) se puede alterar la decisión.

Análisis del umbral de rentabilidad de la localización

Un análisis del coste en función del volumen para hacer una comparación económica de las alternativas de localización.

Análisis del umbral de rentabilidad de la localización

El análisis del umbral de rentabilidad o punto de equilibrio de la localización es la utilización del análisis coste-volumen para realizar una comparación económica de las alternativas de localización. Identificando los costes fijos y los variables para cada localización, y representándolos en un gráfico, se puede determinar cuál ofrece un menor coste. El análisis de punto de equilibrio de la localización se puede hacer de forma analítica o gráfica. El enfoque gráfico tiene la ventaja de proporcionar el intervalo de variación del volumen o nivel de producción en el que cada localización es preferible a las demás.

Las tres etapas del análisis del umbral de rentabilidad de la localización son:

1. Determinar los costes fijos y variables para cada localización.
2. Dibujar un gráfico donde los costes de cada localización se reflejen en el eje vertical, y el volumen anual de producción en el horizontal.
3. Seleccionar la localización que proporcione el coste total mínimo para el volumen de producción previsto.

EJEMPLO 2



Archivo de datos de Excel OM Ch08Ex2.xls

Umbral de rentabilidad de la localización

Un fabricante de carburadores para automóviles está analizando tres localizaciones posibles, Akron, Bowling Green y Chicago, para su nueva planta de producción. Los estudios indican que los costes fijos anuales en esas ubicaciones son de 30.000, 60.000 y 110.000 dólares, respectivamente; los costes variables son, respectivamente, de 75, 45 y 25 dólares por unidad. El precio de venta estimado de los carburadores producidos es de 120 dólares. La empresa quiere encontrar el emplazamiento más económico para un volumen estimado de 2.000 unidades al año.

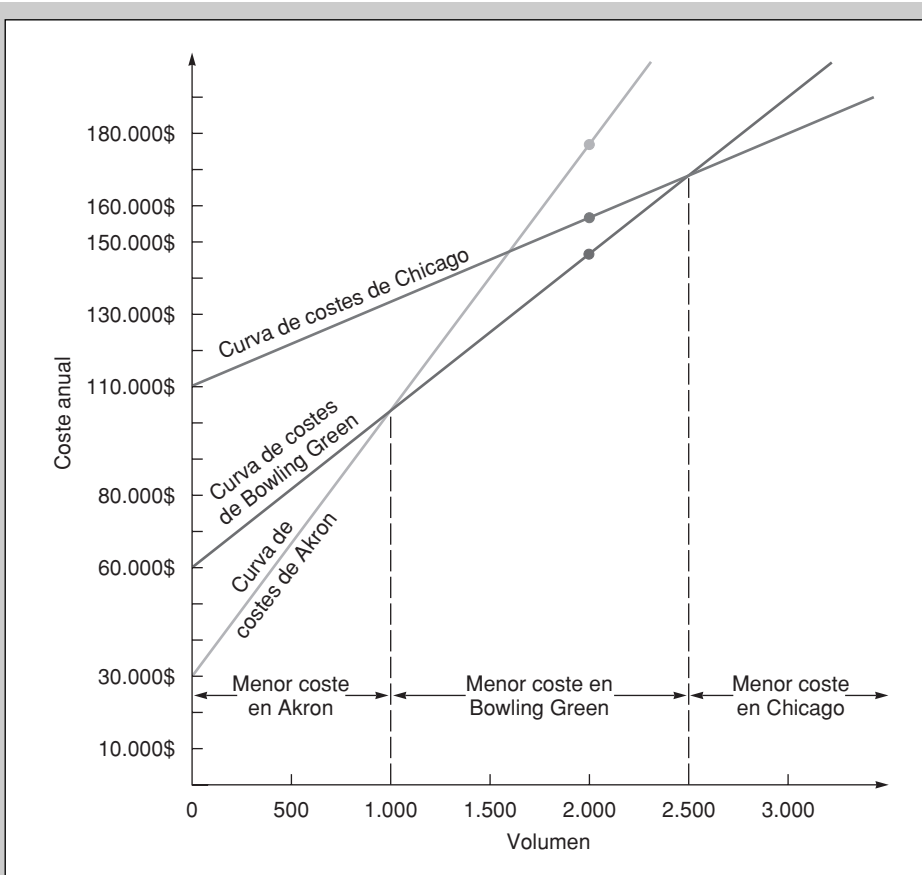


FIGURA 8.2 ■ Gráfico de intersecciones para el análisis del umbral de rentabilidad de la localización

Para cada uno de los tres emplazamientos posibles, podemos representar los costes fijos (los que tienen a un volumen de producción de cero unidades) y el coste total (costes fijos + costes variables) según el volumen de producción estimado. En la Figura 8.2 se muestran estas rectas. Para Akron,

$$\text{Coste total} = 30.000\$ + 75\$(2.000) = 180.000\$$$

Para Bowling Green,

$$\text{Coste total} = 60.000\$ + 45\$(2.000) = 150.000\$$$

Para Chicago,

$$\text{Coste total} = 110.000\$ + 25\$(2.000) = 160.000\$$$

Con un volumen previsto de 2.000 unidades al año, Bowling Green proporciona el menor coste de localización. Los beneficios previstos son:

$$\text{Ingresos totales} - \text{Costes totales} = 120\$(2.000) - 150.000\$ = 90.000\$ \text{ al año}$$

El punto de intersección (indiferencia) para Akron y Bowling Green es:

$$\begin{aligned} 30.000 + 75(x) &= 60.000 + 45(x) \\ 30(x) &= 30.000 \\ x &= 1.000 \end{aligned}$$

y el punto de intersección (indiferencia) para Bowling Green y Chicago es:

$$\begin{aligned} 60.000 + 45(x) &= 110.000 + 25(x) \\ 20(x) &= 50.000 \\ x &= 2.500 \end{aligned}$$

Así pues, para un volumen inferior a 1.000, Akron sería la elección preferida, y para un volumen superior a 2.500, Chicago proporcionaría el mayor beneficio.

Método del centro de gravedad

Técnica matemática utilizada para hallar la mejor localización de un único punto de distribución que da servicio a varias tiendas, almacenes o áreas.

Método del centro de gravedad

El **método del centro de gravedad** es una técnica matemática utilizada para encontrar la localización de un centro de distribución que minimice los costes de distribución. El método tiene en cuenta la localización de los clientes, el volumen de artículos transportados a estos clientes y los costes de transporte, para encontrar la mejor localización para un centro de distribución².

El primer paso del método del centro de gravedad consiste en situar las localizaciones posibles en un sistema de coordenadas. Se verá en el Ejemplo 3. El lugar donde se sitúa el origen de coordenadas y la escala son cuestiones arbitrarias; lo importante es que las distancias relativas se representen correctamente. Esto puede hacerse de una forma muy sencilla dibujando un cuadrículado en un mapa. El centro de gravedad vendrá determinado por las Ecuaciones 8.1 y 8.2.

$$\text{Coordenada } x \text{ del centro de gravedad} = \frac{\sum_i d_{ix} Q_i}{\sum_i Q_i} \quad (8.1)$$

$$\text{Coordenada } y \text{ del centro de gravedad} = \frac{\sum_i d_{iy} Q_i}{\sum_i Q_i} \quad (8.2)$$

donde d_{ix} = coordenada x de la localización i
 d_{iy} = coordenada y de la localización i
 Q_i = cantidad de bienes transportados desde, o a, la localización i

Observe que las Ecuaciones (8.1) y (8.2) incluyen el término Q_i , que es el volumen de artículos transportados a (o desde) la localización i .

² Para un análisis de la aplicación del método del centro de gravedad para la localización de los almacenes y el problema de la consolidación, véase Charles A. Watts, "Using a Personal Computer to Solve a Warehouse Location/Consolidation Problem", *Production and Inventory Management Journal* (cuarto trimestre, 2000), 23-28.

Dado que el número de contenedores transportados cada mes también afecta al coste, en una decisión de localización la distancia no debe ser el único criterio a considerar. El método del centro de gravedad asume que el coste es directamente proporcional tanto a la distancia como al volumen transportado. La localización ideal es la que minimiza la distancia ponderada entre el almacén y sus tiendas, ponderándose la distancia con el número de contenedores enviados³.

Centro de gravedad

Analicemos el caso de los grandes almacenes “Quain’s Discount Departments Stores”, una cadena de cuatro grandes almacenes tipo Target. Las tiendas de la empresa se encuentran actualmente en Chicago, Pittsburgh, Nueva York y Atlanta, y las abastece un viejo e inadecuado almacén de Pittsburgh, ubicación de la primera tienda de la cadena. Los datos de la demanda para cada centro se muestran en la Tabla 8.5.

TABLA 8.5 ■ Demanda de los centros de Quain’s Discount Department Stores

Localización de las tiendas	Número de contenedores enviados por mes
Chicago	2.000
Pittsburgh	1.000
Nueva York	1.000
Atlanta	2.000

La empresa ha decidido buscar alguna localización “central” donde construir un nuevo almacén. Las localizaciones actuales de sus tiendas se muestran en la Figura 8.3. Por ejemplo, la localización 1 es Chicago, y de la Tabla 8.5 y la Figura 8.3 tenemos:

$$\begin{aligned}d_{1x} &= 30 \\d_{1y} &= 120 \\Q_1 &= 2.000\end{aligned}$$

Utilizando los datos de la Tabla 8.5 y de la Figura 8.3 para cada una de las demás ciudades, en las Ecuaciones (8.1) y (8.2) encontramos:

Coordenada x del centro de gravedad

$$= \frac{(30)(2.000) + (90)(1.000) + (130)(1.000) + (60)(2.000)}{2.000 + 1.000 + 1.000 + 2.000} = \frac{400.000}{6.000} = 66,7$$

Coordenada y del centro de gravedad

$$= \frac{(120)(2.000) + (110)(1.000) + (130)(1.000) + (40)(2.000)}{2.000 + 1.000 + 1.000 + 2.000} = \frac{560.000}{6.000} = 93,3$$

EJEMPLO 3



Archivo de datos de Excel OM Ch08Ex3.xls

³ Las Ecuaciones 8.1 y 8.2 calculan el centro de gravedad con distancias “euclídeas al cuadrado” y pueden dar lugar a costes de transporte ligeramente superiores (menos de un 2%) que el centro de gravedad *óptimo* calculado utilizando distancias “euclídeas” (líneas rectas). Sin embargo, estas últimas son más complejas y requieren procedimientos matemáticos, por lo que las fórmulas que presentamos se suelen utilizar como un atractivo sustituto. Véase C. Kuo y R. E. White, “A Note on the Treatment of the Center-of-Gravity Method in Operations Management Textbooks”, *Decision Sciences Journal of Innovative Education* 2 (octubre de 2004), 219-227.



Active Model 8.1

El ejemplo 3 se ilustra más adelante en el ejercicio Active Model 8.1 en el CD-ROM, y en un ejercicio al final del capítulo.

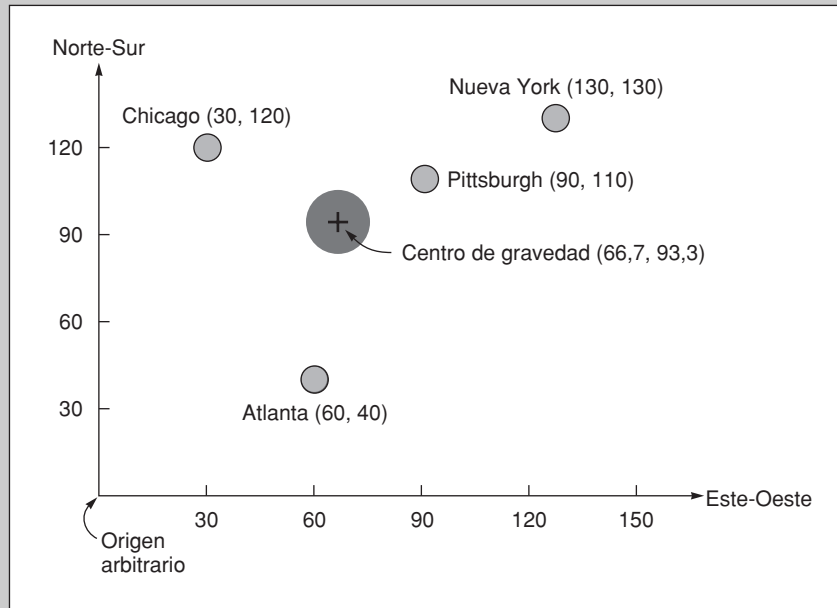


FIGURA 8.3 ■ Coordenadas de las localizaciones de los cuatro centros comerciales de Quain's Discount Department Stores y centro de gravedad

Esta localización (66,7, 93,3) se representa por el retículo en la Figura 8.3. Si superponemos un mapa de Estados Unidos sobre ese gráfico observamos con que esta localización corresponde a los alrededores del centro de Ohio. La empresa seguramente elegiría Columbus (Ohio) o alguna ciudad cercana como la localización más adecuada.

Modelo de transporte

Técnica para resolver un determinado tipo de problemas de programación lineal.

Modelo de transporte

El objetivo del **modelo de transporte** es determinar el mejor patrón de envíos desde diversos puntos de suministro (fuentes) a diversos puntos de demanda (destinos), para minimizar los costes totales de producción y transporte. Toda empresa con una red de puntos de suministro y demanda afronta un problema de este tipo. La compleja red de suministros de Volkswagen (Figura 8.4) es una muestra de ello. En la Figura 8.4 observamos, por ejemplo, que VW de México manda vehículos para montar y piezas a VW de Nigeria, y conjuntos ensamblados a VW de Brasil, mientras que recibe piezas y conjuntos de la casa madre en Alemania.

Aunque puede utilizarse la técnica de programación lineal (PL) para resolver este tipo de problemas, se han desarrollado algoritmos más eficaces y especializados aplicados al problema del transporte. El modelo de transporte encuentra una solución inicial viable, y luego hace una mejora paso a paso hasta que se alcanza la solución óptima.

ESTRATEGIA DE LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS

Mientras que el enfoque en el análisis de la localización en el sector industrial es la minimización de los costes, en el sector servicios es la maximización de los ingresos. Esto se

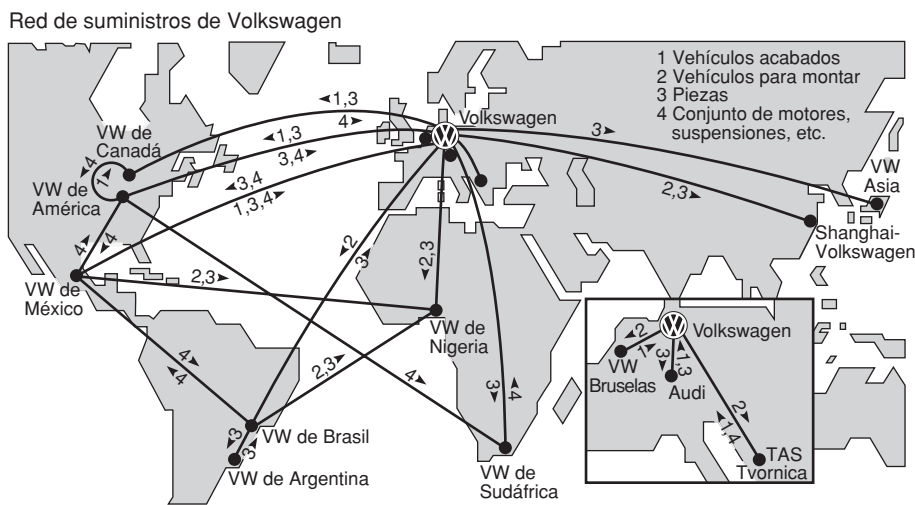


FIGURA 8.4 ■ Red de distribución mundial de automóviles y piezas de Volkswagen

Fuente: *The Economist, Ltd.* Distribuido por *The New York Times/Special Features*.

debe a que en las empresas manufactureras los costes de fabricación tienden a variar considerablemente entre distintas localizaciones, mientras que en las empresas de servicios la localización a menudo tiene más impacto en los ingresos que en los costes. Por tanto, para una empresa de servicios, una localización concreta influye más en los ingresos que en los costes. Esto significa que el enfoque de la localización para las empresas de servicios debe estar en determinar el volumen de negocio y de ingresos. Vea el recuadro sobre *Dirección de operaciones en acción*, “Las herramientas de análisis de localizaciones ayudan a Starbucks a encontrar nuevos locales”. Hay ocho principales elementos que determinan el volumen de negocio y los ingresos para una empresa de servicios:

1. Poder adquisitivo de los consumidores de la zona.
2. Servicio e imagen compatibles con las características demográficas de los consumidores de la zona.
3. Competencia en la zona.
4. Calidad de la competencia.
5. Particularidades de las localizaciones de la empresa y de los competidores.
6. Calidad material de las instalaciones y negocios vecinos.
7. Políticas de operaciones de la empresa.
8. Calidad de gestión.

Un análisis realista de estos factores puede proporcionar una imagen razonable de los ingresos esperados. Las técnicas utilizadas en el sector servicios incluyen, entre otras, el análisis de correlación, la medición del tráfico, el análisis demográfico, el análisis del poder adquisitivo, el método de los factores ponderados, el método del centro de gravedad y los sistemas de información geográfica. La Tabla 8.6 ofrece un resumen de las estrategias de localización, tanto para organizaciones productoras de bienes como para organizaciones de servicios.

A menudo es deseable estar ubicado cerca de la competencia; los grandes almacenes suelen atraer más clientes cuando los competidores están cerca. Lo mismo ocurre con zapaterías, restaurantes de comida rápida y otros comercios.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

LAS HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE LOCALIZACIONES AYUDAN A STARBUCKS A ENCONTRAR NUEVOS LOCALES

El secreto del plan de Starbucks de abrir tres nuevos cafés diariamente en cualquier parte del mundo no está en los granos de café, está en la localización. El espectacular crecimiento ha sido alimentado por el software de selección de ubicaciones que refuerza el proceso de toma de decisiones estratégicas. El análisis es el siguiente: si una ubicación potencial no está dentro de unos determinados parámetros de retorno de la inversión (ROI), la compañía la olvida y no pierde más el tiempo con ella.

Cada decisión de adquisición de una ubicación evalúa los datos de caracterización demográfica y de consumo de la localización. En Estados Unidos, hacer esto es sencillo. Los datos de los sistemas de información geográfica proporcionan población, edad, capacidad de compra, mediciones de tráfico, y competencia en prácticamente cada manzana de cualquier ciudad del país. Los planificadores ven al momento todas las tiendas de los alrededores de los lugares analizados, las localizaciones propuestas y los competidores. Cuando Starbucks entró en Japón y China, la imposibilidad de disponer de estos datos fue el reto más grande al que se tuvo que hacer frente.

“En Estados Unidos, si usted ve un centro comercial, probablemente continuará estando allí dentro de dos años —comenta Ernest Luk, vicepresidente de Starbucks Asia-Pacífico—. Cuando pasa un año en una determinada ubicación en China, usted ya no conocerá el entorno que hay allí”. En consecuencia, un equipo de buscadores de “puntos calientes” localiza los lugares donde los clientes potenciales viven, trabajan y se entretienen. Aunque Starbucks es un lujo apenas asequible (en Shangai, un café con leche de tamaño medio cuesta 2,65 \$ y los ingresos mensuales medios son de 143 \$ al mes), la gente no va sólo por el café. “Ellos van allí para aparecer como chinos modernos en un lugar público. A los chinos les gusta llamar la atención orgullosamente”, comenta el director del área del Norte de Asia de la empresa de publicidad J. Walter Thompson.

Con más de 500 establecimientos en Japón y alcanzando la saturación en ciudades claves como Tokio, Starbucks y su competencia están encontrando localizaciones más innovadoras. Nuevos cafés en un salón de exposición y venta de automóviles de Nissan, en los vestíbulos de entrada de edificios de oficinas y en supermercados nos recuerdan que todo se reduce a localización, localización, localización... decidida con la última tecnología de selección de ubicaciones.

Fuentes: *Far Eastern Economics Review* (julio 17, 2003), 34, y (septiembre 11, 2003), 66; *Business Geographics* at www.geoplance.com (2004); y *The Wall Street Journal* (febrero 14, 2001), B1, B4.

TABLA 8.6 ■ Estrategias de localización: Organizaciones productoras de servicios frente a organizaciones productoras de bienes

Localización de servicios/comercios/ servicios profesionales	Localización de organizaciones productoras de bienes
ORIENTACIÓN A INGRESOS	ORIENTACIÓN A COSTES
<p>Volumen ingresos Tipo de zona alcanzable; poder adquisitivo Competencia; publicidad/precios</p> <p>Calidad física Aparcamiento/accesos; seguridad/iluminación; aspecto/imagen</p> <p>Determinantes de costes Alquiler Calidad de la dirección Políticas operativas (horas, salarios)</p>	<p>Costes tangibles Costes de transporte de las materias primas Costes de envío de los bienes acabados Costes de energía y otros servicios públicos; mano de obra; materias primas; impuestos; etc.</p> <p>Costes intangibles y futuros Actitud hacia los sindicatos Calidad de vida Gastos en educación del Estado Calidad del gobierno estatal y local</p>

TABLA 8.6 ■ Estrategias de localización: Organizaciones productoras de servicios frente a organizaciones productoras de bienes (continuación)

Localización de servicios/comercios/ servicios profesionales	Localización de organizaciones productoras de bienes
TÉCNICAS	TÉCNICAS
Modelos de regresión para valorar la importancia de diversos factores	Método de transporte
Método de los factores ponderados	Método de los factores ponderados
Medición del tráfico	Análisis del umbral de rentabilidad de la localización
Análisis demográfico de la zona de alcance	Gráficos comparativos del punto de equilibrio
Análisis del poder adquisitivo de la zona	
Método del centro de gravedad	
Sistemas de información geográfica	
HIPÓTESIS	HIPÓTESIS
La localización es un importante factor determinante de los ingresos.	La localización es un importante factor determinante de los costes.
Son críticos los aspectos de alto contacto con el cliente.	Se pueden identificar explícitamente los principales costes de cada localización.
Los costes son relativamente constantes para una zona determinada; por tanto, la función de ingresos es crítica.	El escaso contacto con el consumidor permite centrarse en los costes identificables.

Incluso con menores ventajas fiscales y un mercado hotelero saturado, siguen existiendo oportunidades si las localizaciones de los hoteles y moteles son adecuadas. Son buenos emplazamientos los que se encuentran cerca de los hospitales y centros médicos. Dado el crecimiento continuado de los complejos médicos en las áreas metropolitanas, aumenta la necesidad de hoteles para alojar a las familias de los pacientes. Además, hay servicios médicos como los de atención externa, las estancias hospitalarias cortas y las pruebas diagnósticas que incrementan la necesidad de hoteles cerca de los hospitales.

Cómo eligen las localizaciones las cadenas hoteleras

Una de las decisiones más importantes en la industria hotelera es la localización. Las cadenas hoteleras que eligen buenas localizaciones con más precisión y rapidez que la competencia disponen de una clara ventaja estratégica. La cadena La Quinta Motor Inns, con sede central en San Antonio, Texas, es una cadena de 330 moteles con precios moderados, orientada a hombres de negocios que se desplazan con frecuencia. Para elaborar un modelo de selección de moteles y prever el éxito de una ubicación, La Quinta recurrió al análisis estadístico de regresión⁴.

El hotel empezó probando 35 variables independientes para saber cuáles de ellas tendrían una mayor correlación con los beneficios previstos (la variable dependiente). Las variables independientes “competitivas” eran el número de habitaciones en las cercanías y los precios medios por habitación. Las variables “generadoras de demanda” eran las referidas a la existencia de instalaciones locales, tales como edificios de oficinas y hospitales, que atraían clientes potenciales en un área comercial de 6 kilómetros de radio. Las variables “demográficas”, como la población local y la tasa de desempleo, pueden también afectar al éxito de un hotel. Los factores de “situación del mercado”, como el número de hoteles de la región, constituían la cuarta categoría. Finalmente, las “características físicas” del lugar, tales como la facilidad de acceso o la visibilidad de los rótulos, constituyen el último grupo de las 35 variables independientes.

⁴ Sheryl Kimes y James Fitzsimmons, “Selecting Profitable Hotel Sites at La Quinta Motor Inns”, *Interfaces* (marzo-abril de 1990), 12-20. Véase también *The Wall Street Journal* (19 de julio de 1995), B1, B5, para un análisis de cómo toma sus decisiones de localización la cadena Amerihost Inns.

Al final, el modelo de regresión escogido, con un coeficiente de determinación (r^2) del 51%, incluía solamente cuatro variables predictivas. Éstas eran: el *precio del hotel*, los *niveles medios de ingresos*, la *población del Estado por hotel* y la *existencia de universidades cercanas* (que sirve como representante de otros generadores de demanda). La Quinta utilizó posteriormente el modelo de regresión para predecir la rentabilidad, y definió un punto de corte que daba los mejores resultados en la previsión del éxito o fracaso de un emplazamiento. Ahora se utiliza una hoja de cálculo para implementar el modelo, que aplica la regla de decisión y sugiere “construir” o “no construir”.

La industria del telemarketing

En aquellas industrias y actividades de oficina que no requieren ni contacto cara a cara con el cliente ni movimientos de material, se amplían sustancialmente las opciones de localización. Un buen ejemplo es la industria del telemarketing y las ventas por Internet, en las que las variables tradicionales vistas anteriormente ya no son relevantes. Allí donde el movimiento electrónico de la información es fácil, el coste y la disponibilidad de la mano de obra pueden determinar la decisión de localización. Por ejemplo, Fidelity Investments trasladó recientemente a muchos de sus empleados de Boston a Covington, Kentucky. Ahora, los empleados que trabajan en la región de Covington, de bajos costes, se conectan, mediante baratas líneas telefónicas de fibra de vidrio, con sus compañeros de la oficina de Boston, a un coste de menos de un céntimo de dólar por minuto. Esto es menos de lo que Fidelity gasta en conexiones locales.

Los cambios en los criterios de localización también pueden afectar a toda otra serie de negocios. Por ejemplo, deberían ser considerados los Estados con menores cargas fiscales y los propietarios de bienes inmuebles en los barrios residenciales de las afueras de las ciudades y en zonas rurales pintorescas. También deberían destacar los proveedores de correo electrónico, los fabricantes de software de telecomunicaciones, las empresas de videoconferencias, los fabricantes de equipos electrónicos de oficinas y las empresas de mensajería.

Sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica (GIS: *Geographic Information Systems*) son la herramienta más novedosa para ayudar a las empresas a tomar decisiones elaboradas y correctas con respecto a la localización. Comerciantes, bancos, cadenas de restaurantes y franquicias de imprentas pueden utilizar ficheros codificados geográficamente de un sistema GIS para hacer análisis demográficos. Combinando cifras de población, edad, ingresos, flujo de tráfico y densidad con los datos geográficos, un comerciante puede fijar con exactitud la localización más adecuada para una nueva tienda o restaurante.

He aquí algunas de las bases de datos geográficas disponibles en muchos GIS.

- Datos del censo por manzana, barrio, ciudad, condado, distrito del Congreso, área metropolitana, Estado, código postal.
- Mapas de calles, autopistas, puentes y túneles en Estados Unidos.
- Servicios como líneas de electricidad, agua y gas.
- Todos los ríos, montañas, lagos y bosques.
- Todos los grandes aeropuertos, facultades, hospitales.

Las compañías aéreas, por ejemplo, utilizan los sistemas GIS para identificar los aeropuertos en los que son más eficaces los servicios de tierra. Esta información entonces se

¿Dónde se debe localizar al personal de telemarketing? Dieciséis Estados permiten en la actualidad que empresas privadas contraten a prisioneros para montar sus productos, realizar encuestas, o responder en los sistemas de reservas de hoteles/compañías aéreas.

utiliza para ayudar a realizar la programación y decidir dónde se adquiere combustible, comidas y otros servicios.

Los promotores de edificios de oficinas comerciales utilizan el sistema GIS para elegir ciudades para sus proyectos futuros. La construcción de nuevo espacio de oficinas requiere varios años, por lo que los promotores valoran la riqueza de datos que puede ofrecer este tipo de sistemas. Estos sistemas se utilizan para analizar los factores que afectan a las decisiones de localización teniendo en cuenta cinco elementos por ciudad: (1) áreas residenciales, (2) centros comerciales, (3) centros culturales y de ocio, (4) criminalidad y (5) opciones de transporte. Por ejemplo, un estudio realizado en Tampa, Florida, demostró que el distrito de negocios central de la ciudad carecía de las características necesarias para mantener una factible alta demanda en el mercado de oficinas, lo que sugería que los constructores deberían buscar en otra parte.

Finalmente, Pep Boys, un distribuidor de recambios de automóviles con base en Filadelfia, ha desarrollado modelos de cómo se puede usar la tecnología GIS para identificar las localizaciones adecuadas para sus nuevas tiendas. También utiliza el GIS para saber cuántas tiendas necesita para tener una cobertura adecuada de un área geográfica dada. Pep Boys utiliza un software de GIS llamado Atlas GIS (de Strategic Mapping, Inc.). Otros paquetes similares son Hemisphere Solutions (de Unisys Corp.), MapInfo (de MapInfo Corp.), Arc/Info (de ESRI), SAS/GIS (de SAS Institute, Inc.), Market Base (de National Decision Systems, Inc.) y MapPoint 2004 (de Microsoft).

Para ilustrar el alcance de estos sistemas, analicemos el caso de MapPoint 2004 de Microsoft, que incluye un completo conjunto de mapas y datos demográficos. Sus mapas de Norteamérica tienen más de 6,7 millones de millas de calles y 1,4 millones de puntos de interés que permiten a los usuarios localizar restaurantes, aeropuertos, hoteles, gasolineras, cajeros automáticos, museos, campings y salidas de autopistas. Los datos demográficos incluyen estadísticas de población, edad, renta, educación y viviendas para 1980, 1990, y de 2000 a 2005. Estos datos pueden mostrarse por estado, condado, ciudad, código postal o sección censal. MapPoint 2004 genera mapas que identifican tendencias de negocio; muestran gráficos de localización de mercados, localizan a clientes, consumidores y competidores, y prevén el rendimiento de las ventas y la distribución de los productos. La versión europea de MapPoint incluye 4,2 millones de kilómetros de carreteras así como 400.000 puntos de interés⁵.

La localización puede determinar hasta un 10% del coste total de una empresa industrial. La localización también es un elemento crucial para la determinación de los ingresos en una empresa de servicios, tienda detallista o firma profesional. Las empresas industriales tienen que evaluar los costes tanto tangibles como intangibles. En general, abordamos los problemas de localización de industrias mediante el método de los factores ponderados, el análisis del umbral de rentabilidad de la localización, el método del centro de gravedad y el método de transporte de programación lineal.

En el caso de las organizaciones de servicios, comercios y profesionales, el análisis se realiza, por lo general, teniendo en cuenta una serie de variables, como el poder adquisitivo de un área determinada, la competencia, publicidad y promoción, las características físicas de la ubicación y las políticas operativas de la organización.

⁵ Fuente: www.geoplace.com/bg.

TÉRMINOS CLAVE

Costes tangibles
Costes intangibles
Concentración (*Cluster* de empresas)
Método de los factores ponderados

Análisis del umbral de rentabilidad de la localización
Método del centro de gravedad
Modelo de transporte

UTILIZACIÓN DE SOFTWARE PARA RESOLVER PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN

Esta sección presenta tres formas de resolver los problemas de localización con programas informáticos. Primero, puede crear su propia hoja de cálculo para calcular ponderaciones de factores, el centro de gravedad y hacer el análisis del umbral de rentabilidad. En segundo lugar, puede utilizar Excel OM (gratis con este manual, e incluido en el CD-ROM del alumno) que está programado para resolver los tres modelos. Tercero, POM para Windows también está en su CD y puede resolver todos los problemas marcados con una *P*.

Creación de sus propias hojas de cálculo con Excel

Excel (y otras hojas de cálculo) permite una fácil resolución de la mayoría de los problemas de este capítulo. No ofrecemos un ejemplo aquí, pero puede ver cómo se crean las fórmulas en el Programa 8.1.



Utilización de Excel OM

Se puede utilizar Excel OM para resolver el Ejemplo 1 (con el módulo de los factores ponderados), el Ejemplo 2 (con el módulo del análisis del umbral de rentabilidad) y el Ejemplo 3 (con el módulo del centro de gravedad), así como para resolver otros problemas de localización. Para ilustrar el método de los factores ponderados, analice el caso de Five

Microsoft Excel - ExcelOM_captures.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

D7 = Denmark

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Five Flags Over Florida											
2												
3	Factor weighting											
4	Enter the data in the shaded											
5												
6	Data											
7		Weight	France	Denmark								
8	Labor	0.25	70	60								
9	Car ratio	0.05	50	60								
10	Income	0.1	85	80								
11	Tax	0.39	75	70								
12	Education	0.21	60	70								
13												
14	Results											
15	Total	1										
16	Weighted sum		70.35	68								
17												

Introduzca los nombres y ponderaciones de los factores en las columnas A y B.

Introduzca las puntuaciones (que provienen de las puntuaciones de los directivos) para Francia y Dinamarca sobre cada factor en las columnas C y D.

Aunque no es necesario en el procedimiento, si hace que las ponderaciones sumen 1 facilitará la comunicación del proceso de decisión a los demás implicados. = SUM(B8:B12)

Calcule las puntuaciones ponderadas como el producto de las ponderaciones y las puntuaciones de cada ciudad utilizando la función SUMAPRODUCTO = SUMPRODUCT(\$B\$8:\$B\$12, D8)

PROGRAMA 8.1 ■ El módulo de los factores ponderados de Excel OM, incluyendo datos, fórmulas seleccionadas y resultados para los datos de Five Flags over Florida del Ejemplo 1

Flags over Florida (Ejemplo 1) que quiere expandir su presencia a Europa. El Programa 8.1 ofrece los datos de cinco factores importantes, incluyendo sus ponderaciones y puntuaciones en una escala de 1 a 100 (donde 100 es la máxima puntuación) para cada país. Como vemos, Francia recibe la mayor puntuación, de 70,4, frente a 68 puntos para Dinamarca.



Utilización de POM para Windows

POM para Windows también incluye tres diferentes modelos de localización: el modelo de los factores ponderados, el modelo del centro de gravedad, y el análisis del umbral de rentabilidad de la localización. Para más detalles, véase el Apéndice IV en el volumen *Decisiones Tácticas*.



PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 8.1

Como hemos visto anteriormente en este capítulo, el método de los factores ponderados sirve para comparar ciudades y comunidades como sedes de una futura localización, pero también puede ser útil en la decisión de localización entre diferentes zonas o lugares dentro de una ciudad. La Tabla 8.7 muestra cuatro factores que consideran relevantes los miembros del Departamento de Sanidad de Washington D.C. para la apertura de la primera clínica pública de tratamiento de la drogadicción en la ciudad. De principal preocupación (y se le dio una ponderación 5) era la localización de la clínica ya que debería ser tan accesible como fuera posible al mayor número de pacientes. El alquiler anual del edificio también tenía su importancia, dadas las restricciones del presupuesto disponible. Una posible localización en una oficina del nuevo Ayuntamiento, entre las calles 14 y U, fue muy valorada en ese aspecto, puesto que su utilización sería gratuita. Un viejo edificio de oficinas cercano a la estación de autobuses del centro

recibió una puntuación mucho más baja a causa de su coste. De la misma importancia que el coste del alquiler era la necesidad de confidencialidad de los pacientes y, por tanto, de una clínica que no llamase la atención. Finalmente, como gran parte del personal de la clínica prestaría desinteresadamente su tiempo, la seguridad, el aparcamiento y la accesibilidad de cada posible localización también se consideraban importantes.

Utilizando el método de los factores ponderados, ¿qué localización es la mejor?

Solución

A partir de las tres columnas de la derecha de la Tabla 8.7, se obtienen las puntuaciones ponderadas. La zona de la terminal de autobuses obtiene la puntuación más baja y puede excluirse de posteriores valoraciones. Los otros dos sitios tienen una puntuación total casi idéntica. El ayuntamiento deberá tener en cuenta otros factores, incluidos los factores políticos, al elegir entre estas dos localizaciones.

FACTOR	PONDERACIÓN DE LA IMPORTANCIA	Localizaciones potenciales ^a			Puntuaciones ponderadas		
		ALBERGUE PARA VAGABUNDOS (2. ^a Y D, SE)	AYTO. HALL (14. ^a Y U, NO)	ÁREA TERMINAL DE AUTOBUSES (7. ^a Y H, NO)	ALBERGUE	AYTO.	ÁREA TERMINAL AUTOBUSES
Accesibilidad para los drogadictos	5	9	7	7	45	35	35
Coste anual del alquiler	3	6	10	3	18	30	9
Intimidad	3	5	2	7	15	6	21
Accesibilidad para el personal sanitario	2	3	6	2	<u>6</u>	<u>12</u>	<u>4</u>
				Puntuación total:	84	83	69

^a Todas las localizaciones reciben una puntuación entre 1 y 10, siendo 10 la máxima puntuación y 1 la mínima.

Fuente: De *Service Management and Operations*, 2.^a ed., por Haksever/Render/Russell/Murdick, p. 266. Copyright © 2000. Reproducido con autorización de Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.

Problema resuelto 8.2

Chuck Bimmerle está analizando la apertura de una nueva fundición en Denton, Texas, Edwardsville, Illinois, o Fayetteville, Arkansas, para producir miras de rifle de alta precisión. Ha recopilado los siguientes datos de costes fijos y variables:

LOCALIZACIÓN	COSTE FIJO POR AÑO	Costes de variables por unidad		
		MATERIAL	MANO DE OBRA	COSTES GENERALES
Denton	200,000\$	0,20\$	0,40\$	0,40\$
Edwardsville	180,000\$	0,25\$	0,75\$	0,75\$
Fayetteville	170,000\$	1,00\$	1,00\$	1,00\$

- Dibuje las rectas de costes totales.
- ¿En qué intervalo de volumen anual de producción tendrá ventaja competitiva cada una de las localizaciones?
- ¿Cuál es el volumen de producción en la intersección de las rectas de costes de Edwardsville y Fayetteville?

Solución

- El gráfico de las rectas de costes totales se muestra en la Figura 8.5.
- Por debajo de las 8.000 unidades, la instalación de Fayetteville tendría una ventaja competitiva (menor coste); entre las 8.000 y las 26.666 unidades, Edwardsville sería la opción más ventajosa, y por encima de los 26.666, lo sería Denton (en este problema hemos supuesto que otros costes, como los de transporte, intangibles, etcétera, son constantes cualquiera que sea la decisión).
- En la Figura 8.5 vemos que la intersección entre las rectas de coste corresponde al valor 8.000; no obstante, lo podemos calcular también utilizando un poco de álgebra:

$$\begin{aligned}
 180.000\$ + 1,75Q &= 170.000 + 3,00Q \\
 10.000 &= 1,25Q \\
 8.000 &= Q
 \end{aligned}$$

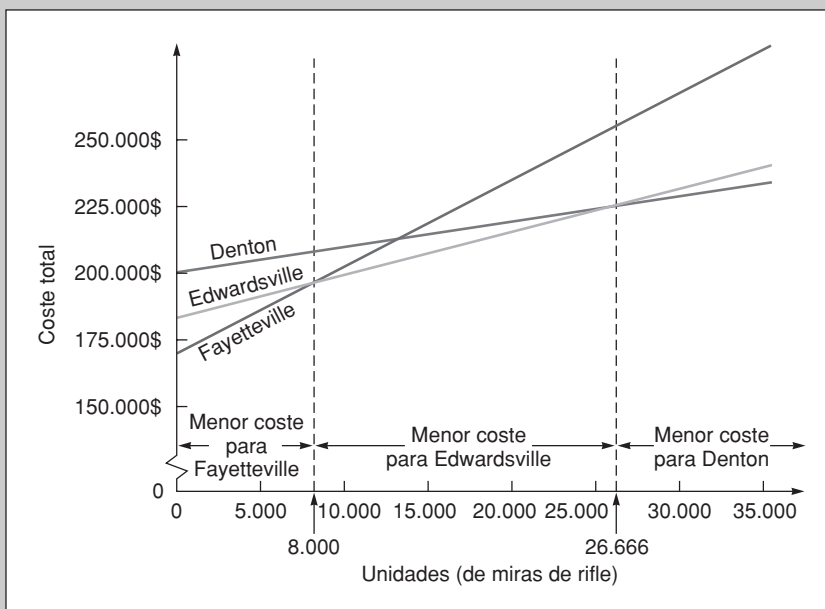


FIGURA 8.5 ■
Representación gráfica de las rectas de costes totales para Chuck Bimmerle

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice su CD-ROM del alumno para obtener material sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa
- Problemas para resolver con Internet
- Casos en Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en PowerPoint
- Videoclip y caso en vídeo
- Problemas prácticos
- Excel OM
- Archivos de datos de Excel OM
- MS Project (si se solicita)
- Ejercicio Active Model
- POM para Windows



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. ¿Por qué constituye una ventaja competitiva la localización de FedEx? Explique su respuesta.
2. ¿Por qué hay tantas empresas estadounidenses que construyen instalaciones en otros países?
3. ¿Por qué hay tantas empresas extranjeras que abren instalaciones en Estados Unidos?
4. ¿Qué es una “concentración o *cluster* de empresas”?
5. ¿Cómo incorpora el método de la ponderación de factores las preferencias personales en la elección de las localizaciones?
6. ¿Qué ventajas e inconvenientes tiene un enfoque cualitativo (en contraposición al cuantitativo) en la toma de decisiones de localización?
7. Ofrezca dos ejemplos de concentración (*cluster*) en el sector servicios.
8. ¿Cuáles son los principales factores que tienen en cuenta las empresas cuando eligen un país en el que se van a localizar?
9. ¿Qué factores afectan a las decisiones de localización en una región/comunidad?
10. Aunque la mayoría de las organizaciones no toma frecuentemente decisiones sobre localización, hay organizaciones que toman este tipo de decisiones con regularidad y a menudo. Ofrezca uno o dos ejemplos. ¿En qué pueden diferir sus enfoques a la decisión de localización respecto a la norma?
11. Ofrezca una relación de factores, distintos a la globalización, que afectan a la decisión de localización.
12. Explique los supuestos que están detrás del método del centro de gravedad. ¿Cómo podría utilizarse este modelo en la localización de instalaciones de servicios?
13. ¿Cuáles son los tres pasos en el análisis del umbral de rentabilidad de localización?
14. “Los fabricantes se ubican cerca de sus recursos, y los comerciantes cerca de sus clientes”. Analice esta afirmación, con referencia a los argumentos de proximidad a los mercados dados en el texto. ¿Puede pensar en un contraejemplo para cada caso? Respalde sus alternativas.
15. ¿Por qué no deberían ser suficientes únicamente los bajos salarios para elegir una localización?
16. Enumere las técnicas utilizadas por las organizaciones de servicios para elegir las localizaciones.
17. Compare la localización de un distribuidor de alimentos y la de un supermercado (el distribuidor envía camiones de alimentos, carnes, productos, etcétera, al supermercado). Muestre las consideraciones (factores) relevantes que comparten; muestre en cuáles difieren.
18. Elmer’s Fudge Factory está pensando en abrir diez tiendas detallistas en Oregón en los próximos dos años. Identifique y pondere los factores relevantes para la decisión. Elabore esta lista de factores y ponderaciones.



DILEMA ÉTICO

En este capítulo hemos comentado numerosas decisiones de localización. Consideremos otra más. United Airlines ha anunciado un concurso para seleccionar una ciudad para su nueva base de mil millones de dólares para la reparación de aviones. La puja (con la recompensa de obtener los 7.500 puestos de trabajo con un salario de, al menos, 25 dólares por hora) fue rápida y feroz, con Orlando ofreciendo 154 millones de dólares en incentivos, y Denver algo más del doble. El Gobernador de Kentucky retiró airadamente la oferta de Louisville de 300 millones de dólares, porque la licitación les estaba “exprimiendo hasta la última gota de sangre”.

Cuando United eligió finalmente, de entre 93 ciudades que pujaron por la base, la ganadora fue Indianápolis y su oferta de 320 millones de dólares de los impuestos de sus contribuyentes.

Pero en 2003, con United al borde de la quiebra, y habiendo cumplido su obligación legal, la empresa se fue. Esto dejó al gobierno estatal y municipal sin todo ese dinero, y nadie con quien reemplazar el hueco. El ayuntamiento ahora es incluso el propietario de las herramientas, cuidadosamente ordenadas en cada uno de los 12 hangares meticulosamente equipados. United ha contratado el mantenimiento de la mecánica a una empresa del Sur (que paga la tercera parte de lo que United pagaba en concepto de salarios y prestaciones en Indianápolis).

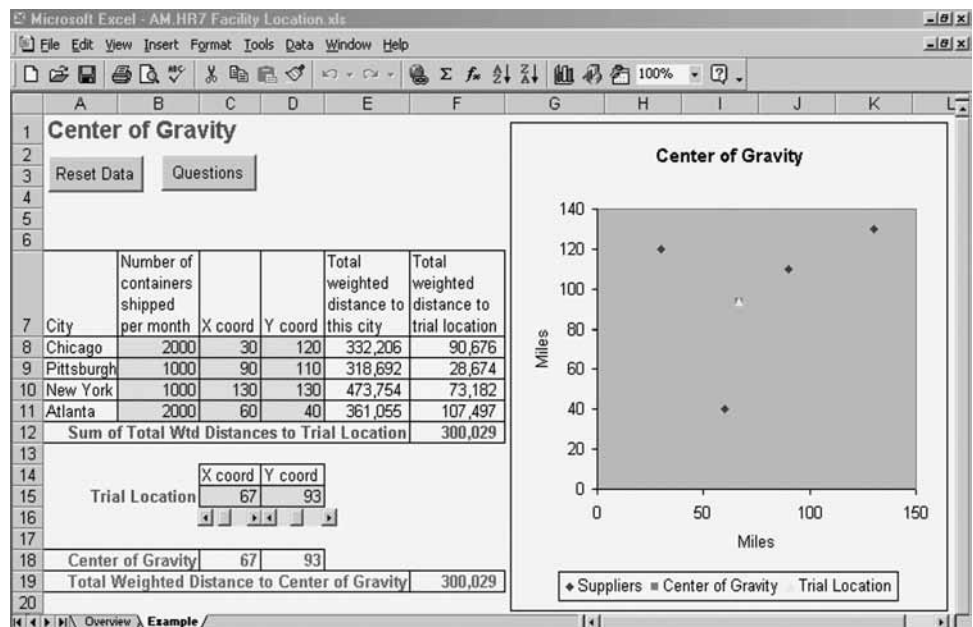
¿Cuáles son las consecuencias éticas, legales y económicas de estas guerras de licitaciones para la localización? ¿Quién paga esos regalos? ¿Se permite a los ciudadanos votar las ofertas hechas por los representantes de sus ciudades, condados o estados? ¿Deberían ponerse límites a estos incentivos?



EJERCICIO ACTIVE MODEL

Este ejercicio Active Model está en su CD-ROM. Le permite evaluar importantes aspectos del modelo del centro de gravedad.

ACTIVE MODEL 8.1 ■
Modelo del centro de gravedad utilizando los datos de la cadena comercial Quain del Ejemplo 3



Preguntas para el debate

1. ¿Cuál es la distancia ponderada total desde su viejo e inadecuado almacén actual en Pittsburgh?
2. Si reubican su almacén al centro de gravedad, ¿en cuánto se reducirá la distancia total ponderada de los envíos?
3. Observe el gráfico. Si se duplica el número de envíos de Nueva York, ¿cómo afecta esto al centro de gravedad?
4. El centro de gravedad no encuentra necesariamente la ubicación con la menor distancia ponderada total. Utilice la barra de desplazamiento para mover la localización de prueba y vea si usted puede mejorar (reducir) la distancia.
5. Si tiene la utilidad *Solver* preparada en Excel, del menú principal de Excel utilice *Tools (Herramientas), Solver (Solver), Solve (Resolver)* para ver cuál es la mejor respuesta a la pregunta anterior.



PROBLEMAS*

- **8.1.** En Camboya, seis trabajadores, cada uno con un sueldo equivalente a 3 dólares/día, producen 40 unidades/día de un determinado producto. En China, 10 trabajadores, cada uno con un sueldo equivalente a 2 dólares/día, producen 45 unidades. En Billings, Montana, dos trabajadores, cada uno con un sueldo de 64 dólares/día, producen 100 unidades. Basándonos sólo en el coste de la mano de obra, ¿qué localización sería la más económica para producir el artículo?
- **8.2.** En relación con el Problema 8.1, tenemos que el coste de envío desde Camboya a Denver, Colorado, destino final del producto, es de 1,50 dólares/unidad. El coste de envío desde China a Denver es de 1 dólar/unidad, y el coste de envío de Billings a Denver es de 0,25 dólares/unidad. Considerando a la vez el coste de la mano de obra y el de transporte, ¿cuál es la mejor localización de producción?
- **8.3.** Le han pedido que analice las ofertas de 200 discos de limpieza que se usan en paneles solares. Estas ofertas las han presentado tres suministradores: Thailand Polishing, India Shine y Sacramento Glow. Thailand Polishing ha presentado una oferta de 2.000 bahts, India Shine de 2.000 rupias, y Sacramento Glow de 200 dólares. Su banco local le informa de que un dólar equivale a 10 bahts y a 8 rupias. ¿Qué empresa debería elegir?
- **8.4.** En relación con el Problema 8.3, si el destino final de los discos es Nueva Delhi, India, donde hay una arancel a la importación del 30%, ¿qué empresa debería elegir?
- **P** **8.5.** Holiday Health, Inc. está analizando la posibilidad de abrir un nuevo spa. Hay tres localizaciones en las afueras que están siendo analizadas. La siguiente tabla muestra los factores de cada lugar. ¿En qué localización debe abrir Holiday su nuevo centro?

* Nota: **P** Significa que se puede resolver el problema con el programa POM para Windows; **W** significa que se puede resolver el problema con Excel OM, y **P_x** significa que se puede resolver el problema con POM para Windows y/o Excel OM.

Factor	Ponderación	Maitland	Crestwood	Northside Mall
Superficie del terreno	0,30	60	70	80
Coste del terreno	0,25	40	80	30
Densidad de tráfico	0,20	50	80	60
Renta del vecindario	0,15	50	70	40
Legislación urbanística	0,10	80	20	90

- **P** 8.6. Karen Fowler es propietaria de Rocky Mountain Coolers, un equipo de baloncesto semi-profesional de la zona norte de Colorado. Está pensando en llevar a los Coolers hacia el Este, bien a Atlanta o a Charlotte. La siguiente tabla muestra los factores que Karen considera importantes, sus ponderaciones, y las puntuaciones que asigna a Atlanta y a Charlotte. ¿Qué ubicación debería elegir?

Factor	Ponderación	Atlanta	Charlotte
Incentivo	0,4	80	60
Satisfacción de los jugadores	0,3	20	50
Interés por los deportes	0,2	40	90
Tamaño de la ciudad	0,2	70	30

- **P** 8.7. Insurance Company of Latin America (ILA) está analizando la posibilidad de abrir unas oficinas en Estados Unidos. Se están analizando dos posibles ciudades, Filadelfia y Nueva York. Las ponderaciones de los factores y las puntuaciones (son mejores las puntuaciones superiores) para las dos ciudades aparecen en la siguiente tabla. ¿En qué ciudad debe localizarse ILA?

Factor	Ponderación	Filadelfia	Nueva York
Comodidad para los clientes	0,25	70	80
Accesibilidad al banco	0,20	40	90
Soporte informático	0,20	85	75
Costes de alquileres	0,15	90	55
Costes de personal	0,10	80	50
Impuestos	0,10	90	50

- **P** 8.8. Beth Spenser Retailers está tratando de decidir una localización para una nueva tienda. De momento tiene tres alternativas: quedarse donde está, pero ampliando las instalaciones existentes; abrir una nueva tienda en la calle principal de la vecina Newbury; o situarse en un nuevo centro comercial, en Hyde Park. La empresa ha seleccionado los cuatro factores de la tabla siguiente como base para la evaluación, y les ha asignado las ponderaciones correspondientes.

Factor	Descripción	Ponderación
1	Renta media de la comunidad	0,30
2	Potencial de crecimiento de la población	0,15
3	Disponibilidad de transporte público	0,20
4	Disponibilidad de mano de obra, actitud y coste	0,35

Spenser ha valorado cada localización para cada uno de los factores con una escala de 0 a 100 puntos. Las puntuaciones son las siguientes:

Factor	Localización		
	Ubicación actual	Newbury	Hyde Park
1	40	60	50
2	20	20	80
3	30	60	50
4	80	50	50

¿Cuál será su decisión?



8.9. Un análisis de localización para Temponi Controls, un pequeño fabricante de componentes de sistemas de cable de alta tecnología, ha seleccionado finalmente cuatro posibles localizaciones. Temponi necesitará formar a ingenieros de montaje, ingenieros de pruebas e ingenieros de mantenimiento de robots en centros de formación locales. Cecilia Temponi, la presidenta, ha pedido a cada ubicación potencial que ofrezca programas de formación, incentivos fiscales y otros incentivos industriales. Los factores críticos, sus ponderaciones, y las puntuaciones finales de cada localización figuran en la siguiente tabla. Las puntuaciones elevadas representan valoraciones favorables.

Factor	Ponderación	Ciudad			
		Akron, OH	Biloxi, MS	Carthage, TX	Denver CO
Disponibilidad de mano de obra	0,15	90	80	90	80
Calidad de los centros de formación técnica	0,10	95	75	65	85
Costes de operación	0,30	80	85	95	85
Costes de terrenos y construcción	0,15	60	80	90	70
Incentivos industriales	0,20	90	75	85	60
Costes laborales	0,10	75	80	85	75

- a) Calcule la puntuación compuesta (media ponderada) de cada localización.
- b) ¿Qué sitio elegiría?
- c) ¿Alcanzaría la misma conclusión si se intercambiaran las ponderaciones de los costes de operación y de los costes laborales? Vuelva a hacer los cálculos y explique su respuesta.



8.10. Consolidated Refineries, con sede en Houston, debe decidir entre tres lugares la localización de su nueva refinería. La empresa ha seleccionado seis factores relevantes, y les ha dado un peso entre 1 y 5:

Factor	Número	Ponderación
1	Proximidad a instalaciones portuarias	5
2	Disponibilidad de fuentes de energía y costes	3
3	Actitud y coste de la mano de obra	4
4	Distancia a Houston	2
5	Aceptación por parte de la comunidad	2
6	Proveedores de equipos en la zona	3

La dirección ha evaluado cada localización para cada factor, y les ha dado valores entre 1 y 100.

Factor	Localización A	Localización B	Localización C
1	100	80	80
2	80	70	100
3	30	60	70
4	10	80	60
5	90	60	80
6	50	60	90

¿Qué localización debería recomendarse?

- **P** 8.11. Una compañía está planificando su expansión y construcción de una nueva planta en uno de los tres siguientes países asiáticos: Taiwán, Tailandia y Singapur. David Pentico, el directivo encargado de la decisión, ha decidido que se deben utilizar cinco factores críticos de éxito (FCE), que aparecen en la tabla adjunta, para evaluar los países candidatos. Pentico utiliza un sistema de puntuación que va de 1 (para el país menos deseable) a 5 (para el país más deseable) para evaluar cada FCE. ¿Qué país debe elegir Pentico para situar su nueva planta de refino?

Factor	Ponderación	País		
		Taiwán	Tailandia	Singapur
Tecnología	0,2	4	5	1
Nivel educativo	0,1	4	1	5
Aspectos políticos y legales	0,4	1	3	3
Aspectos sociales y culturales	0,1	4	2	3
Factores económicos	0,2	3	3	2

- **P** 8.12. Thomas Green College está analizando la posibilidad de abrir un campus europeo al que los estudiantes del campus principal acudan durante un año de los cuatro de su carrera universitaria. De momento, está analizando cinco países: Holanda, Gran Bretaña, Italia, Bélgica y Grecia. La universidad quiere considerar ocho factores en su decisión. Cada factor tiene la misma ponderación. La siguiente tabla ilustra su valoración de cada factor para cada país (5 es lo mejor).

Factor	Ponderación	Gran				
		Holanda	Bretaña	Italia	Bélgica	Grecia
1	Estabilidad del gobierno	5	5	3	5	4
2	Grado de dominio del inglés de la población local	4	5	3	4	3
3	Estabilidad del sistema monetario	5	4	3	4	3
4	Infraestructura de comunicaciones	4	5	3	4	3
5	Infraestructura de transportes	5	5	3	5	3
6	Disponibilidad de lugares históricos/culturales	3	4	5	3	5
7	Restricciones a la importación	4	4	3	4	4
8	Disponibilidad de instalaciones adecuadas	4	4	3	4	3

¿En qué país debe elegir Thomas Green College la ubicación de su campus europeo?

- **P** 8.13. ¿Cómo cambiaría la decisión del problema anterior si no se tuviera en cuenta “el grado de dominio del inglés de la población local”?

- **P** 8.14. Una empresa estadounidense de consultoría está pensando ampliar sus actividades a escala global abriendo una nueva oficina en uno de los cuatro siguientes países: Alemania, Italia, España o Grecia. El principal socio, L. Wayne Shell, tiene la responsabilidad de la decisión, y ha identificado ocho factores críticos de éxito (FCE) que considera esenciales para el éxito de cualquier consultoría. Ha utilizado un sistema de valoración de 1 (el país menos deseable) a 5 (el más deseable) para evaluar cada FCE. ¿Qué país habría que elegir para la nueva oficina?

Factores críticos del éxito	Ponderación	Puntuación de los países candidatos			
		Alemania	Italia	España	Grecia
Nivel de educación					
Número de consultorías	0,5	5	5	5	2
Tasa de alfabetización nacional	0,5	4	2	1	1
Aspectos políticos					
Estabilidad del gobierno	0,2	5	5	5	2
Legislación sobre responsabilidad civil de los productos	0,2	5	2	3	5
Normativa medioambiental	0,2	1	4	1	3
Aspectos sociales y culturales					
Similitud del idioma	0,1	4	2	1	1
Aceptabilidad de los consultores	0,1	1	4	4	3
Factores económicos					
Incentivos	0,1	2	3	1	5

- **P** 8.15. Una cadena británica de hospitales quiere entrar en el mercado estadounidense construyendo unas instalaciones médicas en el medio Oeste, una región de la que su director, Doug Moodie, tiene un gran recuerdo porque se licenció en la Universidad Northwestern. Tras un análisis preliminar, se eligieron cuatro ciudades posibles. Se las clasifica en función de los factores que se muestran a continuación:

Factor	Ponderación	Ciudad			
		Chicago	Milwaukee	Madison	Detroit
Costes	2,0	8	5	6	7
Necesidad de instalaciones médicas	1,5	4	9	8	4
Disponibilidad de personal	1,0	7	6	4	7
Incentivos locales	0,5	8	6	5	9

- a) ¿Qué ciudad hay que elegir?
- b) Suponga que se exige una puntuación mínima de 5 en cualquier factor. ¿Qué ciudad hay que elegir ahora?

- **P** 8.16. A continuación se muestran los costes fijos y variables de tres ubicaciones potenciales de una fábrica de fabricación de sillas de caña:

Lugar	Coste fijo anual	Coste variable por unidad
1	500\$	11\$
2	1.000	7
3	1.700	4

- a) ¿Para qué intervalo de producción es mejor cada una de las localizaciones?
 b) Para una producción de 200 unidades, ¿qué lugar es el mejor?

- **P** 8.17. Peter Billington Stereo, Inc., suministra radios a los fabricantes de automóviles y va a abrir una nueva planta. La empresa no se ha decidido todavía entre Detroit y Dallas como posible ubicación. Los costes fijos en Dallas son más bajos por los menores costes del terreno, pero los costes variables de Dallas son mayores porque aumentarían las distancias de envío. Dados los siguientes costes, haga un análisis del volumen de producción para el que es preferible cada localización.

Coste	Dallas	Detroit
Costes fijos	600.000\$	800.000\$
Costes variables	28\$/radio	22\$/radio

- **P** 8.18. Actualmente, su empresa compra soportes soldados a un proveedor local a un coste de 2,20 dólares/unidad. Su jefe de producción le ha presentado tres alternativas para fabricar los soportes en la misma empresa. Cada alternativa emplea un equipo distinto y distintas cantidades de mano de obra y materiales. La alternativa A requeriría la adquisición de un equipo que costaría 6.000 dólares y tendría unos costes variables de 0,95 dólares por soporte. La alternativa B requeriría un equipo con un coste de 10.000 dólares, pero los costes variables serían menores (0,45 dólares/unidad). Por último, la alternativa C utilizaría el equipo más caro (12.000 dólares), y los costes variables serían de sólo 0,30 dólares por soporte. ¿Para qué intervalo de demanda seleccionaría cada una de las alternativas?

- **P** 8.19. Hugh Leach Corp., fabricante de máquinas herramienta, quiere trasladarse a unas instalaciones mayores. Se han identificado dos lugares alternativos: Bonham y McKinney. Bonham tendría unos costes fijos de 800.000 dólares al año y unos costes variables de 14.000 dólares por unidad producida. McKinney tendría unos costes fijos anuales de 920.000 dólares y unos costes variables de 13.000 dólares por unidad. Los artículos terminados se venden a 29.000 dólares la unidad.

- a) ¿Para qué volumen de producción tendrían ambos lugares los mismos beneficios?
 b) ¿Para qué intervalo de producción sería mejor Bonham (ofrecería mayores beneficios)?
 c) ¿Para qué intervalo sería mejor McKinney?
 d) ¿Cuál es la relevancia de los umbrales de rentabilidad para estas ciudades?

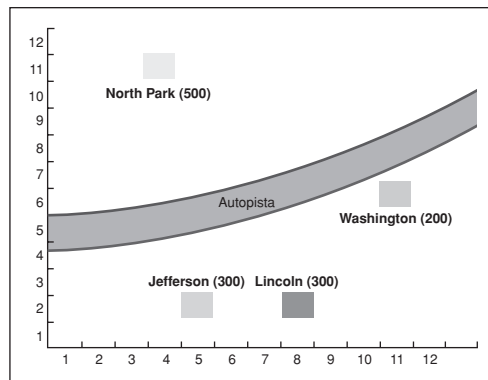
- **P** 8.20. La siguiente tabla proporciona las coordenadas geográficas y las cargas enviadas a un conjunto de ciudades que se desea conectar mediante un centro de distribución. ¿Cerca de qué coordenadas debe construirse este centro de distribución?

Ciudad	Coordenadas (x, y)	Carga enviada
A	(5, 10)	5
B	(6, 8)	10
C	(4, 9)	15
D	(9, 5)	5
E	(7, 9)	15
F	(3, 2)	10
G	(2, 6)	5

- **P** 8.21. Una cadena de empresas de asistencia sanitaria a domicilio de Luisiana tiene que ubicar su oficina central desde la que realizar auditorías internas y otras revisiones periódicas de sus instalaciones. Estas instalaciones están repartidas por todo el Estado, como se muestra en la siguiente tabla. Cada lugar, excepto el de Houma, será visitado tres veces al año por un equipo de trabajadores que tendrán que ir en automóvil desde las oficinas centrales hasta el lugar. Houma se visitará cinco veces al año. ¿Qué coordenadas representan una buena localización central para esta oficina? ¿Qué otros factores podrían influir sobre la decisión de localización de esta oficina? ¿Dónde la pondría? Explique su respuesta.

Ciudad	Coordenadas en el mapa	
	X	Y
Covington	9,2	3,5
Donaldsonville	7,3	2,5
Houma	7,8	1,4
Monroe	5,0	8,4
Natchitoches	2,8	6,5
New Iberia	5,5	2,4
Opelousas	5,0	3,6
Ruston	3,8	8,5

- **P** 8.22. Una pequeña región rural viene experimentando un desarrollo sin precedentes en los seis últimos años y, por ello, la administración del distrito escolar local construyó la nueva escuela elemental de North Park para 500 alumnos. El distrito tiene tres escuelas elementales más viejas y más pequeñas: Washington, Jefferson y Lincoln. Ahora, la presión del desarrollo empieza a notarse también en la enseñanza secundaria. El distrito escolar quisiera construir una escuela de enseñanza media ubicada en el centro del distrito para dar cabida a los estudiantes y reducir los costes de transporte en autobús. La antigua escuela de enseñanza media está al lado del instituto, y va a pasar a formar parte del campus de ésta.
 - a) ¿Cuáles son las coordenadas de la localización céntrica?
 - b) ¿Qué otros factores deberían considerarse antes de construir una escuela?



- **P** 8.23. Todd's Video, una importante cadena de venta de televisores y alquiler de vídeos, con sede en Nueva Orleans, está a punto de abrir su primer local en Mobile, Alabama, y quiere elegir un lugar que esté en el centro del núcleo de población de Mobile. Todd analiza los siete distritos de Mobile, marca en un mapa las coordenadas del centro de cada distrito, y se fija

en la población para utilizarla como ponderación. La información recopilada se resume en la siguiente tabla. ¿En qué coordenadas de centro de gravedad debe abrirse el nuevo local?

Distrito	Población del distrito	Coordenadas X, Y
101	2.000	(25, 45)
102	5.000	(25, 25)
103	10.000	(55, 45)
104	7.000	(50, 20)
105	10.000	(80, 50)
106	20.000	(70, 20)
107	14.000	(90, 25)

- ⋮ **8.24.** Eagle Electronics debe ampliarse construyendo una segunda fábrica. La búsqueda ha quedado reducida a localizar las nuevas instalaciones en una de las cuatro siguientes ciudades: Atlanta (A), Baltimore (B), Chicago (C) o Dallas (D). Los factores, puntuaciones y ponderaciones son los siguientes:

<i>i</i>	Factor	Ponderación	Puntuaciones por lugar			
			A	B	C	D
1	Calidad de mano de obra	20	5	4	4	5
2	Calidad de vida	16	2	3	4	1
3	Transporte	16	3	4	3	2
4	Proximidad a los mercados	14	5	3	4	4
5	Proximidad a los proveedores	12	2	3	3	4
6	Impuestos	12	2	5	5	4
7	Suministros de energía	10	5	4	3	3

- a) Utilizando el método de los factores ponderados, ¿cuál es el sitio recomendado para las nuevas instalaciones de Eagle Electronics?
- b) ¿Para qué intervalo de valores de la ponderación $w_7 = 10$ sigue siendo la respuesta al apartado anterior una respuesta válida?

- ⋮ **P** **8.25.** La unificación europea ha traído consigo cambios en la reglamentación de las empresas aéreas que han afectado profundamente a las principales empresas europeas de transporte aéreo, como British International Air, SAS, KLM, Air France, Alitalia y Swiss. Dados sus ambiciosos planes de expansión, British International Air (BIA) ha decidido que necesita una segunda base de operaciones en el continente para complementar las grandes instalaciones de reparación que posee en Heathrow (Londres). La selección de la localización es crucial, y con la posibilidad de 4.000 nuevos puestos de trabajo altamente especializados necesarios en la nueva instalación, prácticamente cualquier ciudad de Europa occidental licitará para ser seleccionada.

Tras investigaciones iniciales a cargo del jefe de operaciones, Holmes Miller, BIA ha reducido la lista a 9 ciudades. Cada una de ellas ha sido valorada según 12 factores, y se han obtenido los resultados que se muestran en la tabla de la página siguiente.

- a) Ayude a Miller a clasificar las tres mejores ciudades para su nuevo centro de mantenimiento de aviones.
- b) Después de más indagaciones, Miller decide que la existencia previa de hangares para reparaciones no es, ni con mucho, tan importante como se pensaba. Si baja el peso de este factor a 30, ¿cambia el orden de preferencias?

- c) Una vez realizado el cambio citado en el apartado (b), Alemania anuncia que ha reconsiderado su oferta inicial y eleva sus incentivos financieros a 200 millones de euros para seducir a BIA. De acuerdo con esto, BIA eleva su valoración de Alemania a 10 en este factor. ¿Se produce algún cambio en la clasificación obtenida en (b)?

Tabla para el Problema 8.25

FACTOR	PONDERACIÓN	Localización								
		Italia			Francia			Alemania		
		MILÁN	ROMA	GÉNOVA	PARÍS	LYON	NIZA	MÚNICH	BONN	BERLÍN
Incentivos financieros	85	8	8	8	7	7	7	7	7	7
Mano de obra experta	80	4	6	5	9	9	7	10	8	9
Existencia previa de instalaciones	70	5	3	2	9	6	5	9	9	2
Nivel de salarios	70	9	8	9	4	6	6	4	5	5
Competencia para puestos de trabajo	70	7	3	8	2	8	7	4	8	9
Facilidad de acceso para tráfico aéreo	65	5	4	6	2	8	8	4	8	9
Costes inmobiliarios	40	6	4	7	4	6	6	3	4	5
Vías de comunicación	25	6	7	6	9	9	9	10	9	8
Atractivo para el traslado de ejecutivos	15	4	8	3	9	6	6	2	3	3
Consideraciones políticas	10	6	6	6	8	8	8	8	8	8
Posibilidades de expansión	10	10	2	8	1	5	4	4	5	6
Fuerza de los sindicatos	10	1	1	1	5	5	5	6	6	6



PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

Visite nuestro sitio web en www.prenhall.com/heizer para ver estos problemas adicionales: 8.26 a 8.34.

■ *Caso de estudio* ■

Southern Recreational Vehicle Company

En octubre de 2005, la alta dirección de Southern Recreational Vehicle Co. de Saint Louis, Missouri, anunció sus planes para cambiar de lugar sus operaciones de fabricación y montaje con la construcción de una nueva fábrica en Ridgecrest, Mississippi. La empresa, un importante fabricante de camionetas y autocaravanas, había sufrido cinco años consecutivos de disminución de beneficios tras haber entrado en una espiral alcista de los costes de producción. Los costes de mano de obra y de materias primas se habían incrementado de forma alarmante, los costes de suministros se habían

disparado bruscamente, y los impuestos y costes de transporte habían crecido ininterrumpidamente. A pesar del aumento de ventas, la empresa había sufrido sus primeras pérdidas netas desde el inicio de su actividad en 1982.

Cuando la dirección empezaba a considerar un cambio de lugar, examinó a fondo varias áreas geográficas. Los factores de máxima importancia para la decisión de relocalización eran: la existencia de instalaciones de transporte adecuadas, los sistemas fiscales municipales y estatales, una adecuada oferta de mano de obra, actitudes positivas de la comunidad, costes del lugar razonables e incentivos financieros. Aunque muchas comu-

nidades ofrecían incentivos parecidos, la dirección de Southern Recreational Vehicle Co. quedó favorablemente impresionada por los esfuerzos de Mississippi Power and Light Co. para atraer empresas “limpias e intensivas en mano de obra” y por el entusiasmo mostrado por los responsables de la administración local y estatal, que trataban de reforzar activamente la economía del Estado atrayendo a empresas manufactureras a instalarse dentro de sus fronteras.

Dos semanas antes de anunciar su decisión, la dirección de Southern Recreational Vehicle Co. finalizaba sus planes de traslado. Fue seleccionado un edificio existente en el parque industrial de Ridgecrest (el edificio había albergado antes a un fabricante de casas móviles que había quebrado por culpa de una financiación inadecuada y una mala gestión). Inicialmente, el reclutamiento de mano de obra se llevó a cabo a través de la oficina de empleo estatal, a la vez que se iniciaban prospecciones para poder alquilar o vender la fábrica de Saint Louis. Entre los incentivos ofrecidos a Southern Recreational Vehicle Co. para ubicarse en Ridgecrest estaban los siguientes:

1. Exención de impuestos municipales y del condado durante cinco años.
2. Servicios gratuitos de agua y alcantarillado.
3. Construcción gratuita de un segundo muelle de carga en la fábrica.
4. Un acuerdo para la emisión de 500.000 dólares de bonos industriales para futuras ampliaciones.
5. Formación de los trabajadores financiada por la administración pública en la escuela local de formación profesional.

Además de estos incentivos, otros factores tuvieron un fuerte peso en la decisión de instalarse en la pequeña ciudad de Mississippi. Los costes de la mano de obra serían significativamente inferiores a los de Saint Louis,

el poder de los sindicatos sería menor (Mississippi es un Estado donde no es obligatoria la afiliación a un sindicato y con el “derecho a trabajar”), y los costes en servicios e impuestos serían moderados. Con todo ello, la dirección de Southern Recreational Vehicle Co. se convenció de que su decisión era acertada.

El 15 de octubre se adjuntó el siguiente comunicado a la nómina de los empleados:

A: Empleados de Southern Recreational Vehicle Co.

De: Gerald O'Brian, Presidente

Sintiéndolo mucho, la dirección de Southern Recreational Vehicle Co. anuncia sus planes de cesar toda actividad de fabricación en Saint Louis el 31 de diciembre. Debido a los incrementos de los costes de operación y a las poco razonables demandas impuestas por los sindicatos a la empresa, se ha hecho imposible operar de forma rentable. Agradezco sinceramente el buen trabajo que cada uno de ustedes ha prestado a la empresa desde hace años. Si pueden ayudarles a encontrar un trabajo adecuado en otra empresa, por favor háganmelo saber. Muchas gracias de nuevo por su cooperación y servicios prestados.

Preguntas para el debate

1. Evalúe los incentivos ofrecidos a Southern Recreational Vehicle Co. por las autoridades de Ridgecrest, Mississippi.
2. ¿Qué problemas puede tener una empresa al trasladar a sus ejecutivos de un área industrial altamente poblada a un pequeño pueblo rural?
3. Evalúe las razones mencionadas por O'Brian para la relocalización. ¿Son justificables?
4. ¿Qué responsabilidades legales y éticas tiene una empresa con sus empleados cuando se toma la decisión de cesar las operaciones?

Fuente: Reimpresión autorizada por el profesor Jerry Kinard (Universidad de Western Carolina).



Caso de estudio en vídeo

Dónde situar el próximo local de Hard Rock Café

Algunos dirían que Oliver Munday, vicepresidente de Desarrollo de Locales de Hard Rock, tiene el mejor tra-

bajo del mundo. Viaja por todo el mundo para elegir un país para el próximo restaurante de Hard Rock Café, elige una ciudad y busca el lugar ideal. Es cierto que la elección de un local requiere andar de incógnito por todas partes, visitar restaurantes agradables e irse de

copas a bares. Pero no es así como empieza el trabajo del señor Munday, ni tampoco como acaba. Para comenzar, elegir un país y una ciudad implica un gran trabajo de investigación. Y después Munday no sólo elige el lugar y negocia el acuerdo, sino que entonces trabaja con arquitectos y planificadores y permanece en el proyecto hasta la inauguración y supervisa las ventas durante el primer año.

Munday está actualmente analizando la expansión global en Europa, América Latina y Asia. “Tenemos que analizar el riesgo político, cambiario y las normas sociales, para ver si nuestra marca tiene cabida en el país”, afirma. Una vez elegido un país, Munday se centra en la región y la ciudad. La lista de requisitos que debe tener en cuenta es extensa.

Informe estándar de Hard Rock (para locales en el extranjero)

- A. Cuestiones demográficas (locales, ciudad, región, condiciones sociales y económicas en esa área, clima, etc.) con análisis de tendencias.
 - 1. Población de la zona.
 - 2. Indicadores económicos.
- B. Mercado de visitantes, con análisis de tendencias.
 - 1. Turistas/hombres de negocio de visita.
 - 2. Hoteles.
 - 3. Centros de convenciones.
 - 4. Ocio.
 - 5. Deportes.
 - 6. Comercio al por menor.
- C. Transporte.
 - 1. Aeropuertos.
 - 2. Ferrocarriles.
 - 3. Carreteras.
 - 4. Mar/tríos.
- D. Restaurantes y bares de copas (una selección en zonas clave de mercado objetivo).
- E. Riesgo político.
- F. Mercado inmobiliario.
- G. Análisis de mercado comparable de Hard Rock Café.

Las subcategorías incluyen:

- a) antigüedad del aeropuerto
- b) n.º de pasajeros
- c) compañías aéreas
- d) vuelos directos
- e) centros de distribución (*hub*)

que eligió Munday en Moscú y Bogotá, aunque en ambos lugares optó por buscar a un socio local y franquiciar la operación. En estos dos entornos políticos, “Hard Rock no soñaría con actuar por su cuenta”, afirma Munday. La decisión de localización es un compromiso de, al menos, 10 a 15 años por parte de Hard Rock, que utiliza técnicas como el análisis del umbral de rentabilidad para ayudar a tomar la decisión de comprar terrenos y edificios, o de reformar un local.

Actualmente Munday está analizando cuatro ciudades europeas para la próxima expansión de Hard Rock. Aunque no pudo decir los nombres de las ciudades, por cuestiones de competencia, se conocen los siguientes datos:

FACTOR	Ciudad europea en consideración				IMPOR- TANCIA DE ESTE FACTOR EN ESTA OCASIÓN
	A	B	C	D	
A. Cuestiones demográficas	70	70	60	90	20
B. Mercado de visitantes	80	60	90	75	20
C. Transporte	100	50	75	90	20
D. Restaurantes y bares de copas	80	90	65	65	10
E. Riesgo político	90	60	50	70	10
F. Mercado inmobiliario	65	75	85	70	10
G. Análisis de mercado comparable de Hard Rock Café	70	60	65	80	10

Preguntas para el debate

1. Del informe de mercado estándar de Munday, elija cuatro categorías cualesquiera, como población (A1), hoteles (B2) o restaurantes/bares de copas (D) y plantee tres subcategorías que deben evaluarse [véase el apartado C1 (aeropuerto) como guía].
2. ¿Cuál es la ciudad europea mejor clasificada utilizando la tabla anterior?
3. ¿Por qué pone Hard Rock tanto esfuerzo en su análisis de localización?
4. ¿En qué circunstancias cree usted que Hard Rock prefiere franquiciar un café?

* Puede que quiera ver este caso en vídeo en su CD-ROM antes de responder a estas preguntas.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

La localización del local tiende a centrarse ahora hacia la enorme recuperación de los “centros urbanos”, donde tiende a concentrarse la vida nocturna. Eso fue lo

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestra página personal www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Consolidated Bottling (A):** Trata de calcular una localización centralizada para la oficina de un equipo de calidad.
- **Southwester University (E):** La universidad tiene tres posibilidades para elegir la localización de su estadio de fútbol.
- **El centro de distribución de Ambrose:** Una cadena regional de tiendas detallistas tiene que decidir si debe abrir uno o dos centros de distribución.

Harvard ha seleccionado estos casos de la Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Filene's Basement (#594-018):** Esta cadena detallista está intentando decidir dónde debe abrir dos nuevas tiendas en Chicago.
- **Move or no move: Cathy Pacific Airlines. (#HKU-003):** ¿Debe esta compañía aérea relocalizar su centro de datos desde Hong Kong a otro país?
- **Wriston Manufacturing (#698-049):** Un fabricante de componentes de automóvil está intentando decidir si debe cerrar una de sus plantas de Detroit.
- **Ellis Manufacturing (#682-103):** Este fabricante de electrodomésticos de cocina tiene duplicidad de recursos en sus plantas.



BIBLIOGRAFÍA

- Ballou, Ronald H., *Business Logistics Management*, 5.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2004.
- Bartness, A. D., "The Plant Location Puzzle", *Harvard Business Review* 72, n.º 2 (marzo-abril 1994).
- Chung, Wilbur, y Juan Alcacer, "Knowledge Seeking and Location Choice of Foreign Direct Investment in the United States", *Management Science* 48, n.º 12 (diciembre 2002): pp. 1534-1554.
- Drezner, Z., *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*, Secaucus, NJ: Springer-Verlag, 1995.
- Francis, Richard L., Leon F. McGinnis Jr., y John A. White, *Layout and Location: An Analytical Approach*, 3.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998.
- Grimshaw, David J., *Bringing Geographical Information Systems into Business*. New York: Wiley, 2000.
- Haksever, C., B. Render, y R. Russell, *Service Management and Operations*, 2.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- Porter, Michael E., y Scott Stern, "Innovation: Location Matters", *MIT Sloan Management Review* (verano 2001): pp. 28-36.
- Render, B., R. M., Stair, y R. Balakrishnan, *Managerial Decision Modeling with Spreadsheets*, 2.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2006.
- Render, B., R. M. Stair, y M. Hanna, *Quantitative Analysis for Management*, 9.^a ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2006.
- Tallman, Stephen, et al., "Knowledge, Clusters, and Competitive Advantage", *The Academy of Management Review* 29, n.º 2 (abril 2004): pp. 258-271.
- Wan, William P., y Robert E. Hoskisson, "Home Country Environments, Corporate Diversification Strategies, and Firm Performance", *Academy of Management Journal* 46, n.º 1 (2003): pp. 27-45.



RECURSOS EN INTERNET

Economic Development Service (consulting service):

<http://www.sitelocationassistance.com/>

Location Strategies:

<http://locationstrategies.com>

National Association of Manufacturers:

<http://www.nam.org/>

Site Selection Magazine:

<http://www.conway.com/>

Transparency International Maintains a Bribe Payers

Perception Index (BPI) and a Corruption Perceptions Index:

<http://www.transparency.org>

ESTRATEGIA DE LAYOUT

9

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: McDONALD'S

IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LAS DECISIONES DE LAYOUT

TIPOS DE LAYOUT

LAYOUT DE OFICINAS

LAYOUT DE COMERCIOS

Entorno del servicio

LAYOUT DE ALMACENES

Cross docking

Almacenamiento aleatorio

Personalización

LAYOUT DE POSICIÓN FIJA O DE PROYECTO

LAYOUT ORIENTADO AL PROCESO

Programas informáticos para
determinar el layout orientado al
proceso

CÉLULAS DE TRABAJO

Requisitos de las células de trabajo

Dotación de personal para células de
trabajo

El centro de trabajo enfocado y la
fábrica enfocada

LAYOUT REPETITIVO Y ORIENTADO AL PRODUCTO

Equilibrado de la línea de montaje

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

CÓMO UTILIZAR PROGRAMAR INFORMÁTICOS
PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS DE
DIRECCIÓN DE PROYECTOS

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL
ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

DILEMA ÉTICO

EJERCICIO ACTIVE MODEL

PROBLEMAS

PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

CASO DE ESTUDIO: RENOVACIÓN DE LOS
PERMISOS DE CONDUCIR

CASOS DE ESTUDIO EN VÍDEO: LAYOUT DEL
NUEVO EDIFICIO DEL HOSPITAL ARNOLD
PALMER; LAYOUT DE INSTALACIONES EN
WHEELED COACH

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

*Cuando haya
completado este
capítulo, debe ser
capaz de:*

Identificar o definir:

Layout de posición fija
o de proyecto

Layout orientada al
proceso

Células de trabajo

Centro de trabajo
enfocado

Layout de oficinas

Layout de comercios

Layout de almacenes

Layout orientado al
producto

Línea de montaje

Describir o explicar:

Cómo conseguir un
buen layout para las
instalaciones
orientadas al
proceso.

Cómo equilibrar el flujo
de producción en
una instalación
repetitiva u orientada
al producto.



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: McDONALD'S

McDonald's busca ventajas competitivas con la nueva organización de su cocina de alta tecnología

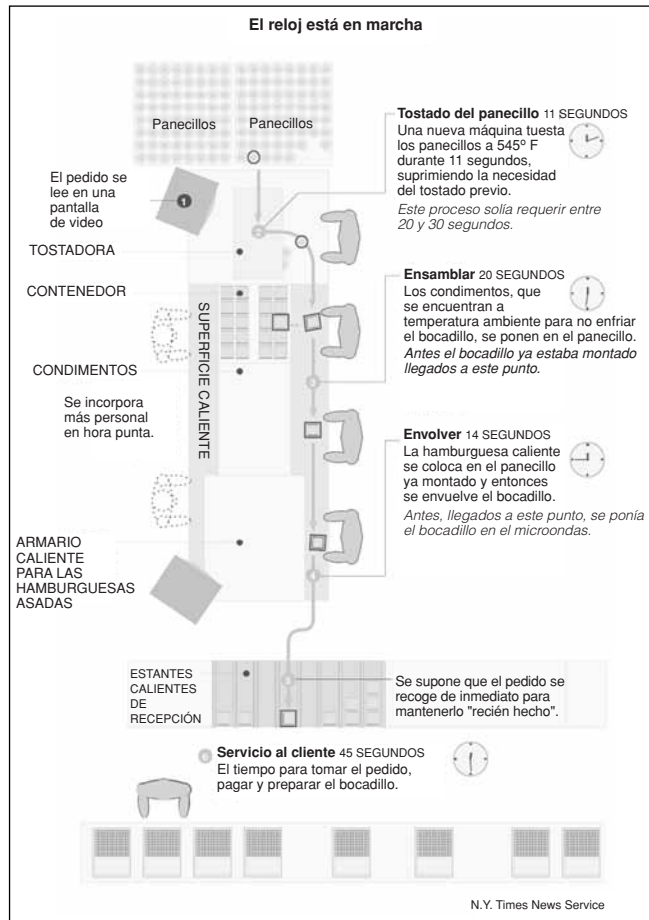
En su medio siglo de existencia como empresa, McDonald's ha revolucionado la industria de la restauración inventando el restaurante de comida rápida y menú limitado, habiendo introducido también cinco innovaciones fundamentales. La primera, el colocar asientos en el interior de los locales (década de 1950), fue un aspecto estratégico del layout de las instalaciones; como también lo fue la segunda, las ventanillas de autoservicio para la atención directa a los conductores en sus automóviles (década de 1970). La tercera, la incorporación de desayunos al menú (década de 1980), fue una estrategia de producto. La cuarta, la creación de áreas de juego (década de 1990), fue de nuevo una decisión de layout.

Ahora, a principios de la década de 2000, McDonald's está llevando a cabo su quinta innovación fundamental, y, como cabía esperar, consiste en un nuevo layout para facilitar un proceso de personalización a gran escala. Esta vez la empresa se basa en un nuevo diseño de las cocinas en sus 13.500 locales de Norteamérica. Conocido como

el sistema de cocina "hecho para usted", ahora los bocadillos se montan contra pedido, y los niveles de producción se controlan por ordenadores. El nuevo layout está pensado con el doble objetivo de mejorar el sabor de la comida, asegurando que siempre está recién hecha, y de facilitar la introducción de nuevos productos.

Según el nuevo diseño del restaurante, no se prepara ninguna comida por adelantado salvo la porción de carne, que se mantiene caliente en una gaveta térmica. Para acortar el proceso total de producción hasta 45 segundos se han eliminado o acortado algunos pasos. Por ejemplo, la empresa desarrolló un tostador que dora, es decir, tuesta ligeramente los panecillos en 11 segundos en lugar del medio minuto anterior. Los suministradores de pan tuvieron que cambiar la textura de los panecillos para que soportasen mayores temperaturas. Los trabajadores también encontraron que podían ahorrar 2 segundos si los recipientes de los condimentos se cambiaban de sitio, de forma que la mostaza se pusiera en los bocadillos con un solo movimiento en vez de dos.

¿Los beneficios del cambio de disposición? McDonald's ahorrará 100 millones de dólares anuales en costes de comida, básicamente porque sólo la carne, y no el panecillo ni los demás ingredientes, se desechará si el ritmo de venta de las hamburguesas es insuficiente. La empresa confía en que el nuevo layout supondrá una mejora de la eficiencia y unos clientes más satisfechos, lo que se traducirá en una ventaja competitiva.



IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LAS DECISIONES DE LAYOUT

Las decisiones sobre la layout son una de las decisiones clave para determinar la eficiencia a largo plazo de las operaciones. El layout de las operaciones tiene numerosas implicaciones estratégicas, porque establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costes, así como también respecto de la calidad de vida en el trabajo, del contacto con el cliente y de la imagen. Un layout eficaz puede ayudar a una organización a conseguir una estrategia que esté basada en diferenciación, bajos costes o rapidez de respuesta. Benetton, por ejemplo, mantiene una estrategia de *diferenciación* mediante fuertes inversiones en layout de almacenes que permite que sus productos sean preparados y enviados de manera exacta y rápida a sus 5.000 tiendas. El layout de las tiendas de Wal-Mart favorece una estrategia de *bajo coste*, como también lo hacen el layout y las técnicas empleadas en sus almacenes. El layout de las oficinas de Hallmark, donde muchos profesionales trabajan en células de trabajo con un entorno de comunicación abierta, permite un *rápido desarrollo* del producto, en este caso tarjetas de felicitación. El *objetivo de la estrategia de layout es desarrollar un layout económico que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa*. Estas empresas lo han hecho.

En todos los casos, el diseño del layout debe tener en cuenta cómo conseguir lo siguiente:

1. Mayor utilización del espacio, equipos y personas.
2. Mejora del flujo de información, materiales y personas.
3. Mejora de la moral y la seguridad de las condiciones de trabajo de los empleados.
4. Mejora de la interacción con el cliente.
5. Flexibilidad (sea como sea actualmente el layout, tendrá que cambiar en algún momento).

En un mundo con ciclos de vida de los productos cada vez más cortos, y con una mayor demanda de personalización en masa, los diseños del layout tienen que concebirse de manera dinámica. Esto implica que hay que pensar en equipos ligeros, móviles y flexibles. Los expositores de las tiendas tienen que ser móviles, las mesas de trabajo y las divisiones de las oficinas deben ser modulares, y los estantes de los almacenes tienen que ser prefabricados. Para poder hacer cambios rápidos y fáciles en los modelos de productos y en los niveles de producción, los directores de operaciones deben planificar flexibilidad en sus layouts. Para obtener esa flexibilidad en el layout los directores forman a sus empleados para que puedan ser polivalentes, mantienen los equipos adecuadamente, procuran que las inversiones sean bajas, colocan los puestos de trabajo próximos entre sí, y utilizan equipos pequeños y móviles. En algunos casos, es adecuado recurrir a equipos con ruedas, anticipándose así al próximo cambio en el producto, proceso o volumen.

TIPOS DE LAYOUT

Las decisiones de layout buscan determinar la mejor ubicación de la maquinaria (en entornos de producción), de despachos y mesas de trabajo y demás mobiliario (en entornos de oficinas), o de centros de servicio (en entornos como hospitales o grandes almacenes). Un layout eficaz facilita el flujo de materiales, personas e información dentro de cada área y entre ellas. Para alcanzar estos objetivos, se ha desarrollado un abanico de posibilidades. Comentaremos siete en este capítulo:

Diez Decisiones Estratégicas de Dirección de Operaciones

Diseño de bienes y servicios

Gestión de la calidad

Estrategia de proceso

Estrategias de localización

Estrategias de layout

Recursos humanos

Gestión de la cadena de suministros

Gestión del inventario

Programación

Mantenimiento

El objetivo de la estrategia de layout es desarrollar un layout económico que satisfaga las necesidades competitivas de la empresa.

1. *Layout de oficinas*: sitúa a los empleados, sus equipos y espacios/despachos para favorecer el movimiento de la información.
2. *Layout de comercios*: organiza y distribuye el espacio de estantes/expositores y responde al comportamiento del cliente.
3. *Layout de almacenes*: busca el equilibrio entre necesidades de espacio y manejo de materiales.
4. *Layout de posición fija o de proyecto*: trata de los requerimientos del layout de grandes y voluminosos proyectos, como barcos y edificios.
5. *Layout orientado al proceso*: trata de la producción de bajo volumen y alta variedad (también llamada producción tipo “taller” o intermitente).
6. *Layout de célula de trabajo*: organiza la maquinaria y los equipos para centrarse en la producción de un único producto o grupo de productos relacionados.
7. *Layout orientado al producto*: busca la mejor utilización del personal y la maquinaria en una producción repetitiva o continua.

En la Tabla 9.1 se pueden ver ejemplos de cada uno de estos tipos de layouts y sus problemas y aspectos relacionados.

Dado que sólo se pueden definir modelos matemáticos para algunos de estos siete tipos, el layout y el diseño de las instalaciones físicas tienen todavía algo de arte. Sin embargo, sí sabemos que un buen layout debe determinar lo siguiente:

1. *El equipo de manejo de materiales*. Los directivos deben decidir qué equipo debe emplearse (cintas transportadoras, grúas, sistemas de almacenamiento y recupera-

TABLA 9.1 ■ Estrategias de organización

Oficinas	Comercios	Almacenes (almacena- miento)	Proyectos (posición fija)	Taller (orientada al proceso)	Célula de trabajo (familias de productos)	Repetitivo/ Continuo (orientado al producto)
Ejemplos						
All state Insurance	Supermercado Kroger's Walgreens	Almacén de Federal- Mogul	Ingal Ship Building Corp.	Hospital Arnold Palmer Hard Rock	Tarjetas Hallmark	Línea de montaje de televisores de Sony
Microsoft Corp.	Bloomingdale's	Centro de distribución de The Galp	Trump Plaza Aeropuerto de Pittsburg	Café	Wheeled Coach Standard Aero	Mínifurgonetas Dodge
Problemas/Cuestiones						
Poner juntos a los trabajadores que necesitan tener un contacto frecuente entre sí	Exponer los artículos con márgenes elevados al consumidor	Equilibrar el almacena- miento de bajo coste con un manejo de materiales de bajo coste	Mover los materiles a las limitadas áreas de almacena- miento que hay en la ubicación	Gestionar flujos de distintos materiales para cada producto	Identificar una familia de productos, crear equipos, dar formación multidisci- plinar a los miembros del equipo	Igualar el tiempo de trabajo a realizar en cada estación de trabajo

ción automática, y carretillas automáticas para entregar y almacenar material, etcétera).

2. *Necesidades de capacidad y espacio.* Sólo cuando se conocen las necesidades de personal, máquinas y equipos se puede proceder a organizar y asignar el espacio a cada componente. En el caso del trabajo de oficina, los directores de operaciones deben evaluar las necesidades de espacio para cada trabajador. Pueden ser compartimentos de 2×2 metros, más asignaciones para vestíbulos, pasillos, aseos, cafeterías, escaleras, ascensores, etcétera, o pueden ser amplios despachos para los ejecutivos y salas de conferencias. La dirección debe considerar también las necesidades de seguridad e higiene referidas a ruidos, polvo, humo y temperatura, así como el espacio necesario alrededor de los equipos y máquinas.
3. *Entorno y estética.* El layout requiere a menudo tomar decisiones sobre ventanas, plantas y altura de las particiones para facilitar el flujo del aire, reducir el ruido, proporcionar intimidad, etcétera.
4. *Flujos de información.* La comunicación es importante para cualquier empresa, y debe ser facilitada por el layout. Puede ser necesario tomar decisiones sobre la proximidad, así como optar entre espacios abiertos frente a divisiones con separadores de media altura o frente a despachos privados.
5. *Coste del movimiento entre diferentes áreas de trabajo.* Puede haber consideraciones relativas al movimiento de materiales o a la importancia de que ciertas áreas estén próximas a otras. Por ejemplo, transportar acero fundido es más difícil que transportar acero frío.

LAYOUT DE OFICINAS

El **layout de las oficinas** requiere agrupar a trabajadores, sus equipos y espacios de forma que se asegure un lugar de trabajo cómodo, seguro y que facilite el movimiento de la información. La principal distinción del layout de las oficinas es la importancia que se asigna al flujo de la información. Los layouts de las oficinas están en un cambio permanente ya que los cambios tecnológicos que se manifiestan en toda la sociedad alteran la forma en que funcionan las oficinas.

Aunque el movimiento de información se realiza cada vez más de forma electrónica, el análisis del layout de las oficinas sigue requiriendo un enfoque basado en las tareas. La correspondencia en papel, los contratos, los documentos legales, los historiales confidenciales de los pacientes y los guiones en papel, las ilustraciones o material gráfico y los diseños siguen desempeñando un importante papel en muchas oficinas. Por tanto, los directivos examinan a la vez las pautas de comunicación electrónicas y las convencionales, sus diferentes necesidades y otras condiciones que afectan a la eficacia de los empleados¹. Una herramienta útil para ese análisis es el *gráfico de relaciones* mostrado en la Figura 9.1. Este gráfico, elaborado para una oficina de desarrollo de software, indica que el directivo responsable de tecnología debe estar (1) cerca del área de los ingenieros, (2) menos cerca de la secretaría y de los ficheros centrales, y (3) de ninguna manera cerca de la fotocopidora o el almacén.

Las pautas generales en las oficinas asignan una media de unos 9 metros cuadrados por persona (incluyendo pasillos). A un alto ejecutivo se le asignan unos 37 metros cuadrados, y el tamaño de una sala de conferencias debe estar pensado para disponer de unos 2,3 metros cuadrados por persona.

Layout de oficinas

Agrupación de trabajadores, sus equipos y espacios/despachos para asegurar mayor comodidad, seguridad y traspaso de información.

¹ Jacqueline C. Vischer, "Strategic Work-Space Planning", *MIT Sloan Management Review* (otoño de 1995), p. 37.

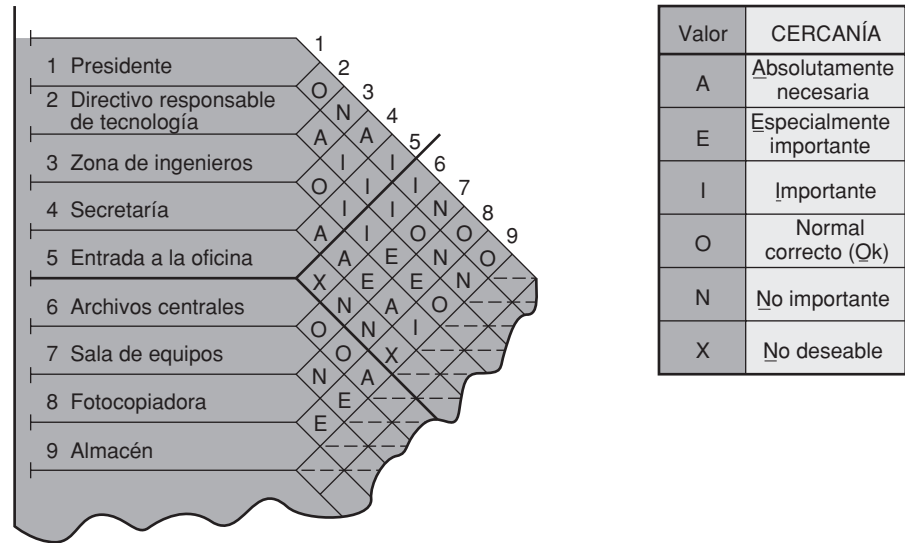


FIGURA 9.1 ■ Gráfico de relaciones en la oficina

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

Sin embargo, estos conceptos sobre el espacio no son universales. En la oficina de Toyota en Tokio, por ejemplo, alrededor de 110 personas trabajan en una gran sala. Como es habitual en las oficinas japonesas, trabajan en áreas abiertas, sin mamparas de separación, con las mesas apiñadas en grupos llamados “islas”. Las islas se disponen en largas filas, y los directivos se sientan a los extremos de las filas, con una visión de todos sus subordinados. (Cuando acuden visitas importantes para una reunión, se las lleva a salas especiales y no ven estas abarrotadas oficinas).

Por otro lado, sí existen algunas consideraciones o factores universales acerca del layout (muchas de ellas de aplicación tanto a fábricas como a oficinas). Tienen que ver con condiciones de trabajo, trabajo en equipo, autoridad y estatus. ¿Deben ser los despachos cerrados o cubículos abiertos, tener archivadores bajos para fomentar comunicaciones informales o archivadores altos para reducir el ruido y contribuir a la privacidad? ¿Deben utilizar todos los empleados la misma entrada, lavabos, taquillas y cafetería? Como se ha indicado anteriormente, las decisiones de layout tienen parte de arte y parte de ciencia. Sólo la parte que es ciencia, que estudia el flujo de materiales e información, puede analizarse de la misma forma que el flujo de componentes en un layout de proceso.

Como comentario final sobre el layout en las oficinas, conviene apuntar dos tendencias principales. La primera es que la *tecnología* (teléfonos móviles, localizadores, faxes, Internet, oficinas en casa, ordenadores portátiles y “PDA”, es decir, agendas personales digitales) permite una flexibilidad cada vez mayor en el layout gracias a la transferencia electrónica de la información. La segunda es que las *empresas virtuales* (tratadas en el Capítulo 1 del libro *Dirección de la producción: decisiones tácticas*) crean necesidades dinámicas de espacios y servicios. Estos dos cambios llevan a necesitar menos empleados de oficina *in situ*. Por ejemplo, cuando en la oficina de Chicago de la empresa de contabilidad Ernst & Young se advirtió que de un 30 a un 40% de los despachos siempre estaban vacíos, la empresa desarrolló su nuevo “programa de hoteling” (compartir despacho y espacio con otros, a través de un sistema de reservas que asigna lugares los días en que el



Vídeo 9.1

Layout en las organizaciones de servicios

empleado no trabaja fuera de la oficina). Quinientos consultores júnior han perdido sus despachos fijos, y quien tenga pensado estar en la oficina (en lugar de con clientes) durante más de medio día, debe reservar un despacho a través de un “conserje”, que cuelga el nombre de ese consultor en la puerta para ese día.

LAYOUT DE COMERCIOS

El **layout de los comercios**, ya sean grandes almacenes o pequeñas tiendas, se basa en la idea de que las ventas y los beneficios varían directamente con la exposición de los productos a los clientes. Por eso, muchos directores de operaciones de tiendas tratan de que los clientes puedan ver la mayor cantidad posible de artículos. Los estudios muestran que, en efecto, cuanto mayor es el grado de exposición, mayores son las ventas y la rentabilidad de la inversión. El director de operaciones puede influir en ambas magnitudes mediante la organización general de la tienda, es decir, su layout, *así como* con la asignación de espacio a los diferentes productos dentro de ese layout.

Hay cinco ideas que nos ayudan a determinar el layout general de muchas tiendas:

1. Colocar los artículos de mucha venta en la periferia de la tienda. Así, nos solemos encontrar los productos lácteos en un lado, y la panadería y pastelería en el otro. Un ejemplo de esta táctica se muestra en la Figura 9.2.
2. Utilizar localizaciones destacadas para los productos de compra impulsiva y de alto margen, como productos de limpieza, belleza y champú.
3. Distribuir los artículos conocidos en la jerga del comercio como “artículos de reclamo” (es decir, artículos que dominan la lista de la compra) a ambos lados de un pasillo y dispersos, para incrementar la visibilidad de otros artículos.
4. Utilizar los extremos finales de los pasillos, porque tienen un alto grado de exposición.

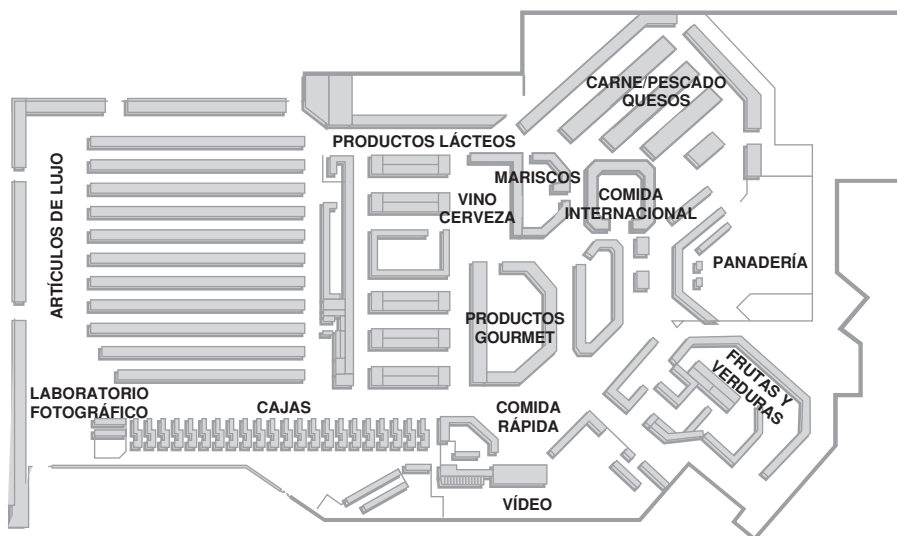


FIGURA 9.2 ■ Layout de un supermercado con los productos lácteos, el pan y los productos de mucha venta en diferentes áreas de la tienda

Layout de comercios

Un enfoque que organiza flujos, asigna espacios, y responde al comportamiento de los clientes.

Un elemento crítico que contribuye a los buenos resultados de Hard Rock Café es el layout del restaurante y de la tienda anexa. El espacio comercial, que tiene entre 180 y 400 metros cuadrados, se distribuye en combinación con la zona de restaurante para crear el máximo flujo de personas antes y después de comer. Hard Rock aborda el layout de la tienda como una ciencia, con unos beneficios impresionantes. En un local de Londres se muestra el layout de flujo libre que aumenta el acceso al producto, proporciona una mayor visibilidad y reduce el tiempo de transacción en el punto de venta. Casi la mitad de la facturación anual del local proviene de estas pequeñas tiendas, que tienen la mayor facturación por metro cuadrado de cualquier comercio estadounidense.

Pago por tener espacio en los estantes del comercio (Slotting fees)

Cantidades que pagan los fabricantes para lograr espacio para sus productos en los estantes de los supermercados.

Entorno del servicio

Referido al entorno físico en el que se presta un servicio, y en qué medida ese entorno afecta a clientes y empleados.

5. Transmitir cuál es la misión de la tienda seleccionando cuidadosamente el primer departamento al que se accede. Por ejemplo, si la comida preparada es parte de la misión, colocar la panadería y los productos gourmet en primer término, para así atraer a los clientes que buscan platos preparados.

Una vez que se ha decidido el layout general de un comercio, se deben organizar los productos para su venta. Deben tenerse en cuenta muchos factores en esta organización. Sin embargo, *el objetivo principal del layout de un comercio es maximizar el beneficio por metro cuadrado de espacio* (o, en algunas tiendas, por metro de espacio de estantería). Los productos caros pueden proporcionar grandes ventas en caja, pero el beneficio por metro cuadrado puede ser más bajo. Existen programas informáticos para ayudar a los directivos a evaluar la rentabilidad de diferentes planes de merchandising para cientos de categorías de productos: esta técnica se conoce como gestión de categorías.

Un tema adicional y, en ocasiones, controvertido sobre el layout en los comercios es el pago de derechos de ingreso a las cadenas de supermercados (*slotting fees*). Este **pago por tener espacio en los estantes del comercio** son cuotas que pagan los productores por conseguir que la cadena de supermercados o la tienda ponga sus bienes en el estante. Debido a la enorme cantidad de introducciones de nuevos productos, los comerciantes pueden exigir en la actualidad hasta 25.000 dólares para colocar un producto en su cadena de establecimientos. Durante la última década, la evolución económica de los mercados, las consolidaciones de empresas y la tecnología han otorgado a los comerciantes este poder. La competencia por el espacio en los estantes se ha visto potenciada por los sistemas informáticos del punto de venta (*point of sale*) y la tecnología de escáneres de códigos de barra, que mejoran la gestión y el control de los inventarios. Muchas empresas pequeñas dudan de la legalidad y la ética de estas cuotas, afirmando que ahogan a los nuevos productos, su capacidad de crecer y cuestan dinero a los consumidores² (véase el Dilema ético al final de este capítulo).

Entorno del servicio

Aunque el objetivo principal del layout de los comercios es el de maximizar los beneficios a través de la exposición de los productos a los clientes, existen otros aspectos del servicio que tienen en cuenta los directivos. La expresión **entorno del servicio** describe el entorno físico en el que se presta el servicio y cómo este entorno tiene un efecto humanístico sobre los clientes y los empleados³. Para conseguir un buen layout del servicio, una empresa debe considerar estos tres elementos:

1. *Condiciones ambientales*: Características de segundo plano, como la iluminación, el sonido, los olores y la temperatura. Todas ellas influyen en los empleados y en los clientes, y pueden afectar a cuánto se gasta y a cuánto tiempo permanece una persona en el edificio.
2. *Layout y funcionalidad espacial*: Incide en la planificación de los pasillos de circulación de clientes, en las características de éstos (anchura, dirección, ángulo y reparto del espacio en estantes), y en el agrupamiento de los productos.

² Para un interesante análisis de las cuotas por espacio en los estantes (*slotting fees*), véase cualquiera de las siguientes referencias: *Quantitative Marketing and Economics* (junio de 2004), 141; *Knight Ridder Tribune Business News* (14 de enero de 2004), p. 1; *Progressive Grocer* (1 de septiembre de 2003), p. 74; y *Forbes* (12 de junio de 2000), pp. 84-85.

³ Véase, o bien A. Tombs y J. R. McColl-Kennedy, "Social Servicescapes Conceptual Model", *Marketing Theory* (diciembre de 2003), p. 447; o Mary Jo Bitner, "Servicescapes: The Impact of Physical Surroundings on Customers and Employees", *Journal of Marketing* 56 (abril de 1992), pp. 57-71.

3. *Carteles, símbolos y aparatos*: Características del diseño del edificio que conlleven un significado social (como las áreas enmoquetadas de un supermercado, que animan a los compradores a ir más despacio y mirar).

Ejemplos de estos tres elementos del entorno del servicio son:

- Condiciones ambientales: Restaurante elegante con manteles de lino y candelabros; la pastelería de Mrs. Field esparce su olor por todo el centro comercial.
- Layout /funcionalidad: Los largos pasillos y altos estantes de Kroger.
- Carteles, símbolos, aparatos: El logotipo de bienvenida a la puerta de Wal-Mart. El mural de guitarras de Hard Rock Café.

LAYOUT DE ALMACENES

El objetivo del **layout de los almacenes** es encontrar el mejor equilibrio entre los costes de manutención y los costes asociados con el espacio de almacenamiento. Por consiguiente, la tarea de la dirección es la de maximizar la utilización del volumen total del almacén; es decir, aprovechar todo su volumen al mismo tiempo que se mantienen bajos los costes de manipulación de los materiales. Definimos los *costes de manipulación del material o costes de manutención* como todos los costes relacionados con una operación. Ésta consiste en el transporte de entrada, el almacenamiento y el transporte de salida de los materiales a almacenar. Estos costes incluyen equipos, personas, material, supervisión, seguros y depreciación. Un layout eficaz de almacén también reduce, por supuesto, los daños y robos del material dentro del almacén.

La dirección minimiza los recursos gastados en encontrar y mover el material, así como el deterioro y los daños causados al mismo. La diversidad de artículos almacenados y el número de artículos “recogidos” tiene relación directa con el layout óptimo. Un almacén que tiene pocos artículos tiende a una mayor densidad que un almacén que contiene variedad de artículos. La gestión moderna de los almacenes es, en muchos casos, un procedimiento automatizado que utiliza sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS, *Automated Storage and Retrieval Systems*).

Un importante componente del layout de almacenes es la relación entre el área de recepción/descarga y la de carga/envío. El diseño de las instalaciones tiene en cuenta el tipo de suministros descargados, de dónde se descargan (camiones, vagones, barcas, etcétera), y dónde se descargan. En algunas empresas, las instalaciones de recepción y envío, o “muelles”, como se las llama, son las mismas. A veces son muelles de recepción por la mañana y muelles de envío por la tarde.

Cross docking

El sistema **cross docking** consiste en evitar situar materiales o suministros en el almacén, procesándolos a medida que se reciben. En una instalación industrial se recibe el producto directamente en la cadena de montaje. En un centro de distribución las cargas, previamente etiquetadas y clasificadas, llegan al muelle de envío, para su inmediato reenvío, evitando así las actividades de recepción formal, almacenamiento y selección de pedidos. Como estas actividades no añaden ningún valor al producto, su eliminación supone un ahorro de costes del cien por cien. Wal-Mart, uno de los primeros defensores del *cross docking*, usa la técnica como un componente fundamental de su continuada estrategia de bajo coste. Con *cross docking*, Wal-Mart reduce los costes de distribución y acelera el reabas-

Layout de almacenes

Diseño que procura minimizar el coste total tratando los equilibrios entre espacio y el manejo de los materiales.

Según los informes disponibles, los sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación mejoran la productividad en torno a un 500% sobre los métodos manuales.

Cross docking

Sistema por el que se evita la colocación de materiales o suministros en almacenamiento procesándolos para enviarlos a medida que se reciben.

La empresa The Gap se esfuerza por conseguir a la vez alta calidad y bajos costes. Lo consigue (1) diseñando su propia ropa, (2) asegurando el control de calidad entre sus distribuidores, y (3) manteniendo una presión a la baja sobre los costes de distribución. Un nuevo centro de distribución automática próximo a Baltimore permite a The Gap abastecer a diario a las tiendas de la Costa Este, en lugar de sólo 3 veces por semana.

Almacenamiento aleatorio

Utilizado para colocar el stock dondequiera que haya una ubicación de almacén libre.

Personalización

Utilización del almacenamiento para añadir valor al producto mediante modificación de componentes, reparación, etiquetado y empaquetado.

tecimiento de las tiendas, con lo que mejora el servicio al cliente. Aunque el sistema de *cross docking* reduce la manipulación del producto, el inventario y los costes de las instalaciones, debe señalarse que necesita tanto (1) una programación rigurosa como (2) que los envíos recibidos lleven una identificación exacta del producto, normalmente con códigos de barras, de forma que puedan ser trasladados rápidamente al correspondiente muelle de envío.

Almacenamiento aleatorio

Los sistemas de identificación automática (AIS, *Automatic Identification Systems*), generalmente en forma de códigos de barras, permiten una identificación rápida y precisa de los artículos. Cuando se combinan los sistemas de identificación automática con sistemas de información de gestión eficaces, los directores de operaciones saben la cantidad y la ubicación de cada unidad. Esta información puede ser gestionada por operarios o por sistemas automáticos de almacenamiento y recuperación para colocar los artículos en cualquier ubicación del almacén, y aleatoriamente. El conocer exactamente las cantidades de inventario y las ubicaciones, implica el aprovechamiento potencial de toda la instalación, porque no se necesita reservar un espacio concreto para determinadas unidades o familias de piezas a almacenar (SKU, *Stock-keeping units*). Los sistemas informáticos de **almacenamiento aleatorio** realizan habitualmente, entre otras, las siguientes tareas:

1. Mantener una lista de ubicaciones de almacén “abiertas (vacías)”.
2. Mantener registros exactos del inventario existente y de sus ubicaciones.
3. Secuenciar los artículos de los pedidos para minimizar el tiempo de desplazamiento necesario para “recogerlos”.
4. Combinar los pedidos para reducir el tiempo de recogida (*picking*).
5. Asignar algunos artículos o clases de artículos, tales como artículos de mucho uso, a áreas específicas del almacén, de forma que la distancia total recorrida dentro del almacén se reduzca al mínimo.

Los sistemas de almacenamiento aleatorio pueden aumentar la utilización de las instalaciones y disminuir el coste de la mano de obra, pero exigen que se mantenga registros exactos.

Personalización

Aunque se espera que los almacenes tengan tan pocos productos como sea posible y durante el menor tiempo posible, ahora se les pide que personalicen los productos. Los almacenes pueden ser sitios donde se aporte valor añadido al producto a través de la **personalización**. La personalización en los almacenes es una forma especialmente útil de generar una ventaja competitiva en mercados donde los productos cambian rápidamente. Por ejemplo, un almacén puede ser un lugar donde se ensamblan los componentes de computadoras, se carga el software y se hacen reparaciones. Los almacenes también pueden realizar un etiquetado y empaquetado personalizado para los comerciantes, de forma que los artículos les lleguen listos para ser expuestos.

Cada vez es más habitual que este trabajo se sitúe cerca de los aeropuertos, en instalaciones como las de la terminal de Federal Express en Memphis. La incorporación de valor añadido en almacenes situados junto a los grandes aeropuertos facilita la entrega de un día para otro. Por ejemplo, si se ha estropeado su ordenador, se le puede mandar uno de repuesto desde un almacén de este tipo para que se le entregue en la mañana siguiente. Cuando su viejo terminal vuelve al almacén, es reparado y mandado a otra persona. Estas

actividades de valor añadido que se efectúan en “cuasi-almacenes”, contribuyen a las estrategias de personalización, bajo coste y respuesta rápida.

LAYOUT DE POSICIÓN FIJA O DE PROYECTO

En un **layout de posición fija o de proyecto**, el proyecto (producto) permanece fijo en un lugar, y los trabajadores y equipos acuden a esa única área de trabajo. Ejemplos de este tipo de proyectos son la construcción de barcos, autopistas, puentes, casas, y la mesa de operaciones en el quirófano de un hospital.

Las técnicas para tratar el layout de posición fija no están bien desarrolladas, y se complican por tres factores. Primero, hay un espacio limitado en prácticamente cualquier lugar donde se haga el producto/proyecto. Segundo, en las diversas etapas del proyecto se necesitan materiales diferentes, por lo que diferentes artículos se hacen críticos a medida que se desarrolla el proyecto. Tercero, el volumen de materiales requeridos es dinámico. Por ejemplo, la cantidad de paneles de acero que se usan en la construcción del casco de un barco va cambiando a medida que el proyecto avanza.

Estos problemas se tratan de diferentes maneras según los sectores. En la industria de la construcción suele realizarse una reunión entre los distintos proveedores para asignar el espacio en cada periodo de tiempo. Como puede suponerse, esto da una solución que dista de ser óptima, ya que la discusión puede ser más política que analítica. Los astilleros, sin embargo, tienen áreas de carga junto al barco, llamadas *plataformas*, que se utilizan siguiendo las directrices de un departamento de programación.

Puesto que resulta tan difícil resolver *in situ* los problemas del layout de posición fija, una estrategia alternativa consiste en realizar tanto como se pueda del proyecto fuera del lugar. Este enfoque se aplica en la industria de construcción de barcos, donde unidades estándar (por ejemplo, abrazaderas para tuberías) se ensamblan en una cadena de montaje próxima (instalación centrada en el producto). En su intento de mejorar la eficiencia de la construcción de barcos, Ingall Ship Building Corp. se ha decantado por la producción orientada a producto cuando varias secciones de un barco (módulos) son similares, o cuando tiene un contrato para construir la misma sección de varios barcos similares. En esta misma línea, otros astilleros están experimentando con tecnología de grupo (véase el Capítulo 5) para agrupar los componentes. Además, como refleja la fotografía, muchos constructores de casas están cambiando su estrategia de layout de posición fija por otra más orientada al producto. Alrededor de un tercio de todas las nuevas casas de Estados Unidos se construye de esta manera. Además, muchas casas que se construyen *in situ* (posición fija) tienen la mayoría de los componentes, como puertas, ventanas, tuberías, escaleras, barandillas, etcétera, contruidos como módulos en instalaciones fuera de obra más eficientes.

LAYOUT ORIENTADO AL PROCESO

El **layout orientado al proceso** puede realizar simultáneamente una amplia variedad de productos o servicios. Ésta es la forma tradicional para apoyar una estrategia de diferenciación del producto. Es el layout más eficiente cuando se fabrican productos con requisitos diferentes, o a la hora de tratar con clientes o pacientes con necesidades diferentes. Un layout orientado al proceso se identifica típicamente con la estrategia de bajo volumen y alta variedad analizada en el Capítulo 7. En este entorno de taller cada producto o pequeño grupo de productos sigue una secuencia distinta de operaciones. Un producto o una pequeña orden se produce trasladándolo de un departamento a otro según la secuencia requerida por el producto. Un buen ejemplo de un layout orientada al proceso es un hospital o una clíni-

Layout de posición fija o de proyecto

Resuelve los problemas de layout de proyectos fijos en un lugar.

Una casa edificada según el layout tradicional de posición fija se construiría in situ, llevando materiales, equipos y trabajadores a ese lugar. Sin embargo, una solución imaginativa de dirección de operaciones permite que una casa pueda ser construida con un coste mucho más bajo. La casa se construye en una fábrica con dos módulos móviles, donde el manejo del equipo y del material es más sencillo. Un andamiaje y unas grúas, previamente colocadas, hacen el trabajo más fácil, rápido y barato. El trabajo bajo cubierto contribuye a la productividad, elimina los retrasos provocados por el mal tiempo y los robos durante la noche.

Layout orientada al proceso

Un tipo de layout que se emplea para una producción de bajo volumen y alta variedad; se agrupan maquinaria y equipos similares.

Los layouts orientados al proceso son corrientes no sólo en manufacturas, sino en universidades, bancos, talleres de reparación de automóviles, aeropuertos y bibliotecas.

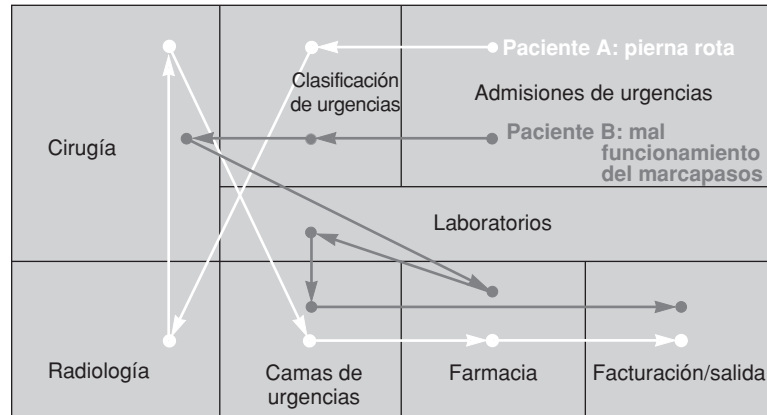


FIGURA 9.3 ■ Layout orientada al proceso de una sala de urgencias donde se muestra la ruta de dos pacientes

El paciente A (pierna rota) sigue la siguiente ruta (flecha blanca): sala de clasificación de urgencias, radiología, cirugía, camas, farmacia, facturación. Al paciente B (problema con el marcapasos) se le traslada (flecha oscura) a clasificación de urgencias, y de allí a cirugía, a la farmacia, al laboratorio, a una cama y a facturación.

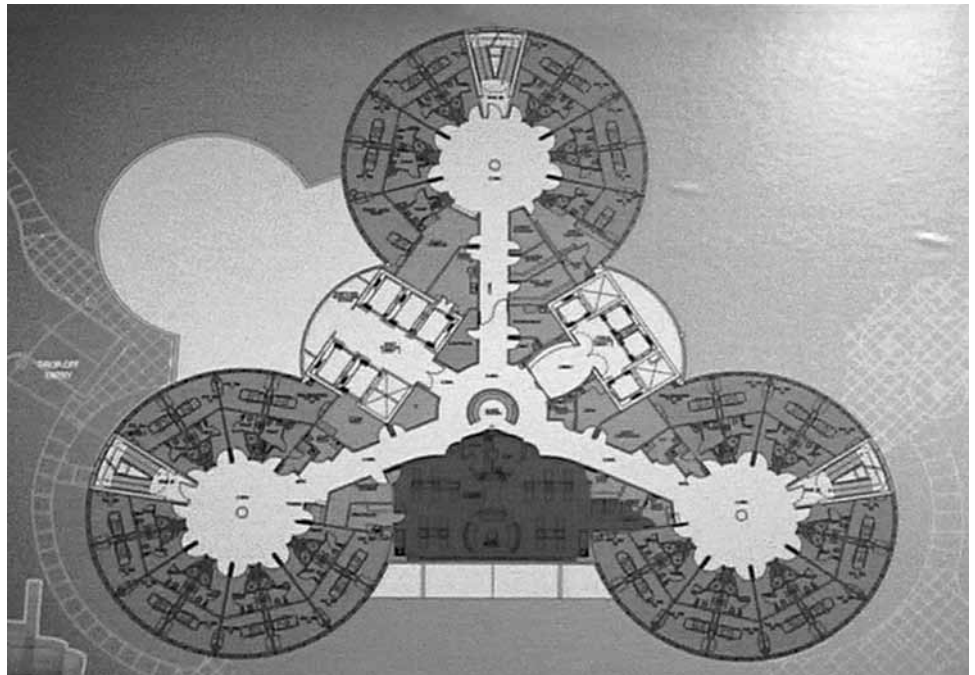


Vídeo 9.2

Layout en el hospital Arnold Palmer

ca. La Figura 9.3 ilustra el proceso para dos pacientes, A y B, en una clínica de urgencias de Chicago. Una entrada de pacientes, cada uno con sus propias necesidades, requiere enviarlos a través de diferentes departamentos (lo que se denomina “ruta”), admisiones, laboratorios, quirófanos, radiología, farmacias, camas de atención, etcétera. Equipos, habilidades y conocimientos y supervisión se organizan alrededor de estos procesos.

Éste es el innovador layout “circular centralizado” del nuevo edificio anexo de 11 plantas del hospital Arnold Palmer. El nuevo diseño de layout circular centralizado implica que ninguna habitación de un paciente esté a más de 4,3 metros de un box de enfermería. En el antiguo edificio, con un layout de pasillos largos y rectos, una enfermera debía andar más de 37 metros para llegar al paciente (véase el caso de estudio al final de este capítulo).



Una gran ventaja del layout orientado al proceso es su flexibilidad en la asignación de equipos y tareas. La avería de una máquina, por ejemplo, no tiene por qué detener todo un proceso; el trabajo puede ser transferido a otras máquinas del departamento. El layout orientado al proceso también está particularmente indicado para tratar la manufactura de piezas en pequeños grupos, o **lotes de trabajo**, y para la producción de una gran variedad de piezas en diferentes tamaños o formas.

Las desventajas del layout orientado al proceso derivan del uso de equipos de utilización general o multifuncional. Los órdenes de producción necesitan más tiempo para moverse por el sistema, debido a una difícil programación, a las preparaciones y cambios en los equipos, y al singular movimiento de materiales. Además, los equipos multifuncionales o de utilización general requieren altas habilidades de la mano de obra, y los inventarios de trabajo en proceso de fabricación o semielaborado (*work in process*) son mayores debido al desequilibrio existente entre los procesos de producción. Las necesidades de mano de obra altamente formada también elevan el nivel de formación y experiencia necesario, y el elevado nivel de trabajo en curso aumenta la inversión en capital.

Cuando se diseña un layout orientado al proceso, la táctica más común es colocar las secciones o centros de trabajo de forma que se minimicen los costes de movimiento de materiales. En otras palabras, deben colocarse juntos los departamentos con grandes flujos de componentes o personas entre ellos. El coste de manejo de materiales en este enfoque depende de: (1) el número de cargas (o personas) a mover entre dos departamentos durante un periodo de tiempo y (2) los costes relacionados con la distancia entre secciones o departamentos. El coste se asume que es una función de la distancia entre secciones. Se puede expresar la función objetivo como sigue:

$$\text{Minimizar coste} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} \quad (9.1)$$

donde n = número total de centros de trabajo o secciones
 i, j = secciones individuales
 X_{ij} = número de cargas movidas de la sección i a la j
 C_{ij} = coste de transportar una carga entre la sección i y la j

Las instalaciones orientadas al proceso, y también las organizaciones de posición fija, tratan de minimizar el producto de las cargas o desplazamientos por los costes relacionados con la distancia. El término C_{ij} combina la distancia y otros costes en un solo factor. De este modo, damos por sentado que no sólo la dificultad de transporte es igual, sino que los costes de recogida y entrega son constantes. Aunque no son siempre constantes, por motivos de simplificación resumimos estos datos (es decir, coste, dificultad y costes de recogida y entrega) en esta única variable. La mejor manera de entender las etapas que comprende el diseño de un layout orientado al proceso es analizar un ejemplo.

Diseño de un layout de un proceso

La dirección de Walters Company desea organizar la distribución en planta de los seis departamentos de su fábrica de modo que se minimicen los costes de manejo de materiales entre los departamentos. Se toma la hipótesis inicial (para simplificar el problema) de que cada departamento mide 20×20 pies y de que el edificio mide 60 pies de largo por 40 de ancho. El procedimiento de diseño del layout del proceso que se sigue tiene seis pasos:

Paso 1. Construir una “matriz de-hasta” que muestre el flujo de componentes o materiales de departamento a departamento (Figura 9.4).

Lotes de trabajo

Grupos o lotes de piezas procesadas juntas.

EJEMPLO 1



Archivo de datos de Excel OM Ch09Ex1.xls

Secciones	Número de cargas por semana					
	Montaje (1)	Pintura (2)	Taller mecánico (3)	Recepción (4)	Envíos (5)	Pruebas (6)
Montaje (1)		50	100	0	0	20
Pintura (2)			30	50	10	0
Taller mecánico (3)				20	0	100
Recepción(4)					50	0
Envíos(5)						0
Pruebas (6)						

FIGURA 9.4 ■ Flujo de los componentes entre secciones

Los altos flujos entre 1 y 3, y 3 y 6 destacan inmediatamente. Los departamentos 1, 3 y 6, por tanto, deben estar juntos.



Active Model 9.1

El Ejemplo 1 se ilustra aún más en el ejercicio Active Model 9.1 del CD-ROM y en un ejercicio al final del capítulo.

Paso 2. Determinar las necesidades de espacio para cada departamento (la Figura 9.5 muestra el espacio en planta disponible).

Paso 3. Desarrollar un diagrama esquemático inicial que muestre la secuencia de departamentos a través de los que se transportarán los componentes. Tratar de colocar los departamentos con mayor flujo de materiales o piezas unos cerca de otros.

Paso 4. Calcular el coste de este layout utilizando la ecuación del coste de manejo de material:

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

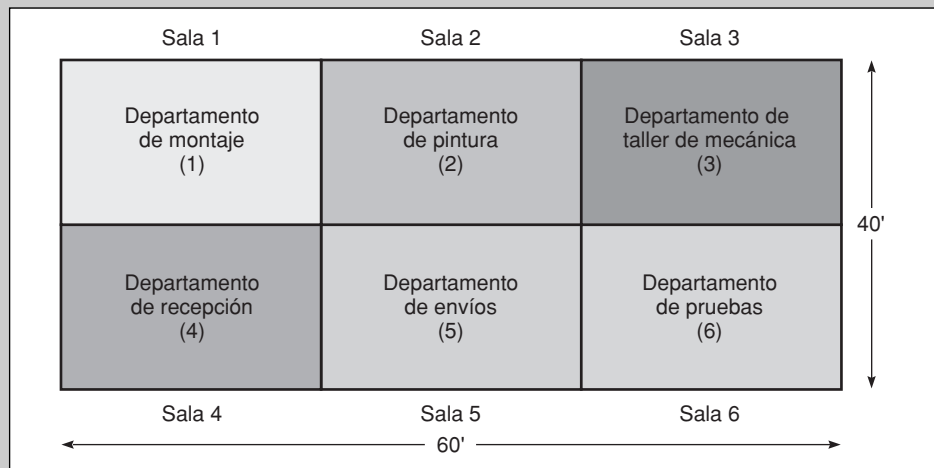


FIGURA 9.5 ■ Dimensiones del edificio y posible layout de los departamentos

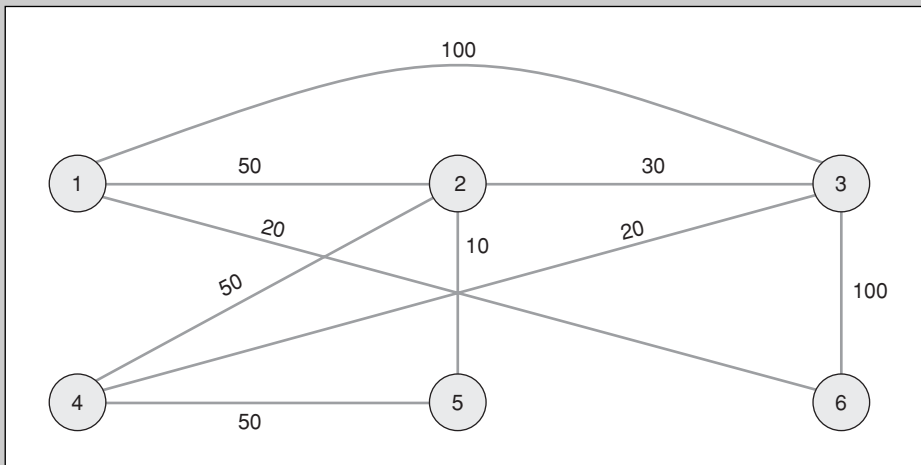


FIGURA 9.6 ■ Gráfico de flujo entre departamentos mostrándose el número de cargas semanales

Para este problema, Walters Company supone que una carretilla elevadora transporta todas las cargas entre departamentos. El coste de transportar una carga entre departamentos adyacentes se estima en un dólar. Trasladar una carga entre departamentos no adyacentes cuesta 2 dólares. Por consiguiente, el coste de transporte entre los departamentos 1 y 2 es de 50 dólares ($1\$ \times 50$ cargas), de 200 dólares entre la 1 y la 3 ($2\$ \times 100$ cargas), de 40 dólares entre la sección 1 y la 6 ($2\$ \times 20$ cargas), etcétera. El coste total para el layout mostrado en la Figura 9.6 es:

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

Paso 5. Por el método de prueba y error (o mediante un sofisticado programa informático que se comentará luego), *intentar mejorar* el layout representado en la Figura 9.5 para establecer un layout razonablemente bueno de los departamentos.

Teniendo en cuenta tanto el gráfico de flujos (Figura 9.6) como los cálculos de costes, parece razonable colocar los departamentos 1 y 3 juntos. Actualmente no están juntos, y el alto volumen de flujo entre ellos provoca un elevado coste de manipulación. Observando la situación, se necesita comprobar el efecto de cambiar departamentos, y posiblemente aumentar (en lugar de disminuir) los costes totales.

Una posibilidad es intercambiar los departamentos 1 y 2. Este cambio da lugar a un segundo gráfico de flujos entre departamentos (Figura 9.7), que muestra que se puede reducir el coste a 480 dólares, con un ahorro en el coste de transporte de materiales de 90 dólares.

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

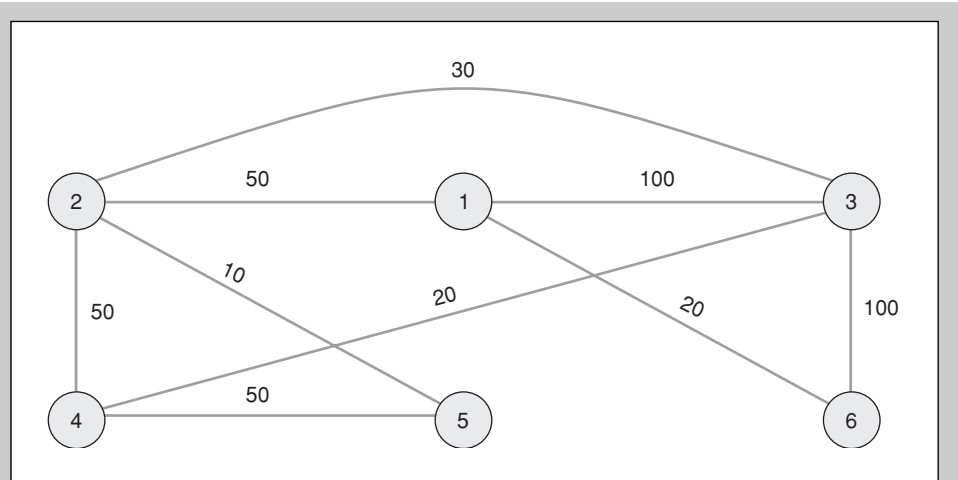


FIGURA 9.7 ■ Segundo gráfico de flujos entre departamentos

Este cambio, por supuesto, es sólo uno de los muchos posibles. Para un problema con seis departamentos, existen potencialmente 720 (o $6! = 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$) distribuciones posibles. En los problemas de layout raramente encontramos la solución óptima y puede que tengamos que conformarnos con una “razonable”, hallada después de algunos intentos. Supongamos que Walters Company queda satisfecha con la cifra de 480 dólares en costes y el gráfico de flujos de la Figura 9.7. El problema puede no estar resuelto aún. A menudo, es necesario un sexto paso:

Paso 6. *Preparar un plan detallado* en el que se ajuste la colocación de los departamentos a la forma del edificio y a sus áreas inamovibles (como muelles de carga, lavabos y escaleras). A menudo, este paso implica asegurar que el plan final pueda adaptarse a las instalaciones eléctricas, cargas del suelo, estética y otros factores.

En el caso de Walters Company, las necesidades de espacio son sencillas (véase la Figura 9.8).

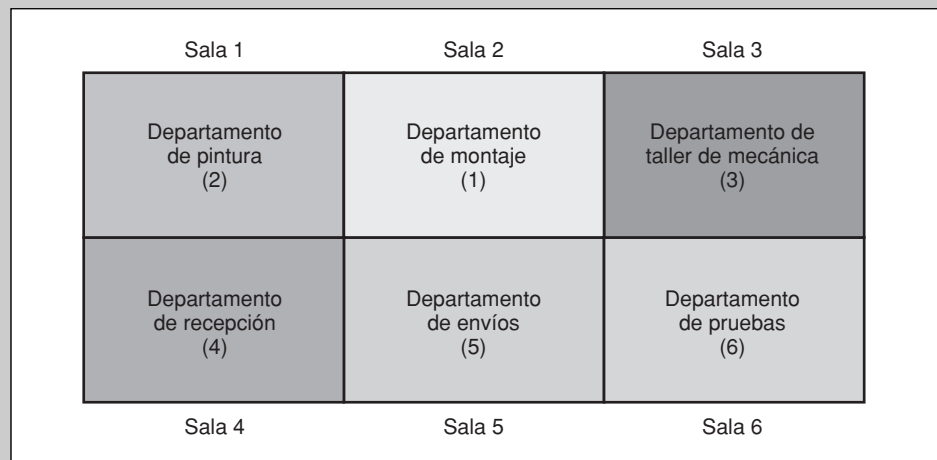


FIGURA 9.8 ■ Un layout viable para Walters Company

Programas informáticos para determinar el layout orientado al proceso

El enfoque gráfico del Ejemplo 1 da buenos resultados para problemas pequeños. Sin embargo, este método no es adecuado para problemas más grandes. Cuando en un problema de layout están involucradas 20 secciones o departamentos, existen más de 600 billones de configuraciones distintas. Afortunadamente, se han desarrollado programas informáticos para hacer frente a los problemas de layout de hasta 40 secciones. El más conocido es el programa **CRAFT** (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*: técnica informática de asignación relativa de instalaciones), un programa que proporciona “buenas” soluciones, aunque no siempre “óptimas”. CRAFT es una técnica de búsqueda que examina sistemáticamente ordenaciones alternativas de los departamentos para reducir el coste total de transporte de materiales (véase la Figura 9.9). CRAFT tiene la ventaja añadida de analizar no sólo las cargas transportadas y la distancia, sino también un tercer factor: una clasificación de la dificultad⁴. Otros programas informáticos utilizados sobre layout por procesos son *Automated Layout Design Program* (ALDEP), *Computerized Relationship Layout Planning* (CORELAP) y *Factory Flow*.

CRAFT

Programa informático que analiza sistemáticamente disposiciones alternativas de los departamentos para reducir el coste total de manejo del material.

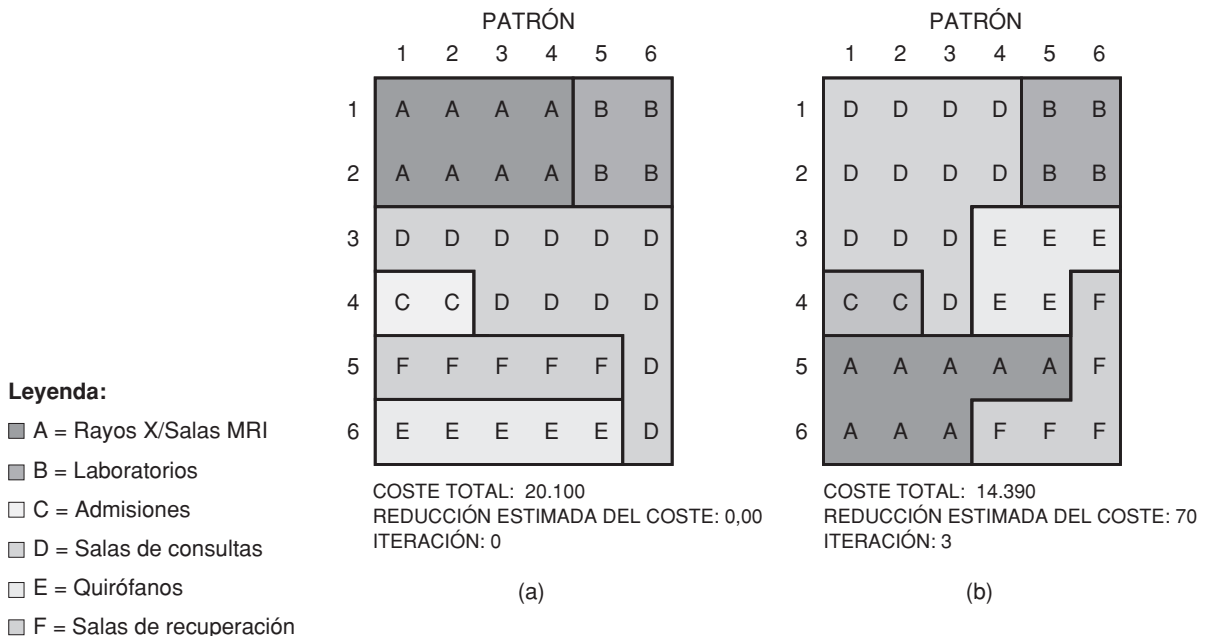


FIGURA 9.9 ■ En este ejemplo de un hospital de consultas externas de seis secciones, CRAFT ha reorganizado el layout inicial (a), que tenía un coste de 20.100\$, para dar lugar a un nuevo layout (b), con un coste menor (14.390\$). CRAFT lo logra probando sistemáticamente pares de departamentos, para ver si poniéndolos más cerca se reduce el coste total

⁴ Y. A. Bozer, R. R. Meller y S. J. Erlebacher, “An Improvement-Type Layout Algorithm for Single and Multiple Floor Facilities,” *Management Science* 40, n.º 7 (1994), pp. 918-933.

CÉLULAS DE TRABAJO

Célula de trabajo

Una organización de máquinas y personal que se centra en la fabricación de un único producto o familia de productos relacionados.

Una **célula de trabajo** reorganiza a personas y máquinas que normalmente estarían dispersas en diferentes departamentos en un grupo de forma que puedan centrarse en la producción de un único producto o grupo de productos relacionados (Figura 9.10). Una organización en célula de trabajo se utiliza cuando el volumen justifica una organización especial de maquinaria y equipos. En un entorno manufacturero, la *tecnología de grupos* (Capítulo 5) identifica los productos que tienen características similares y que, en consecuencia, se prestan a ser procesados en una célula de trabajo específica. Motorola, por ejemplo, forma células de trabajo para fabricar y probar sistemas de control de motores para los tractores John Deere. Estas células de trabajo se reconfiguran a medida que cambia el diseño del producto o varía el volumen. Aunque la idea de las células de trabajo fue presentada por primera vez por R. E. Flanders en 1925, ha sido únicamente con el uso cada vez mayor de la tecnología de grupos cuando esa técnica ha acabado asentándose. Las ventajas de las células de trabajo son:

1. *Reducción del inventario de trabajo en curso*, porque la célula de trabajo está preparada para suministrar un flujo unitario (de una pieza) de máquina a máquina.
2. *Se requiere menor espacio de planta*, ya que se necesita menos espacio entre máquinas para contener el también menor inventario de trabajos en curso.
3. *Reducción de los inventarios de materias primas y de productos acabados*, porque el menor trabajo en curso permite un movimiento más rápido de los materiales a través de la célula de trabajo.
4. *Reducción del coste de mano de obra directa*, debido a una mejor comunicación entre los trabajadores, a un mejor flujo de materiales y a una mejor programación.
5. *Mayor sentimiento de participación del trabajador* en la empresa y en el producto: los empleados asumen la responsabilidad adicional de la calidad del producto porque está directamente vinculada con ellos y con su célula de trabajo.
6. *Mayor utilización de equipos y maquinaria*, gracias a la mejor programación y al flujo más rápido de los materiales.
7. *Reducida inversión en maquinaria y equipos*, porque la buena utilización de las instalaciones reduce el número de máquinas necesario y la cantidad de equipos y herramientas.

Requisitos de las células de trabajo

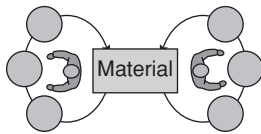
Los requisitos para la producción en células de trabajo incluyen:

1. Identificación de las familias de productos, a menudo mediante la utilización de códigos de tecnología de grupos o equivalentes.
2. Un alto nivel de formación y flexibilidad por parte de los empleados.
3. Personal de apoyo, o bien empleados flexibles e imaginativos, para montar inicialmente las células de trabajo.
4. Control (*poka-yoke*) en cada estación de la célula.

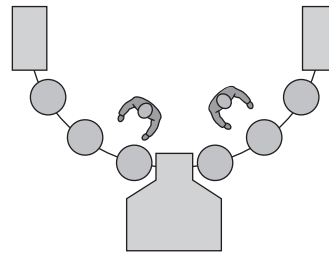
Las células de trabajo tienen al menos cinco ventajas sobre las líneas de montaje y las instalaciones enfocadas a proceso: (1) como las tareas están agrupadas, la inspección es, a menudo, inmediata; (2) se necesitan menos trabajadores; (3) los trabajadores pueden abarcar más espacio del área de trabajo; (4) el área de trabajo puede equilibrarse más eficazmente; y (5) la comunicación mejora. Las células de trabajo se organizan a veces en forma de U, como se muestra en la parte derecha de la Figura 9.10.

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

(a)

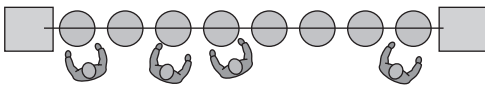


Organización actual: trabajadores en áreas pequeñas y cerradas. No se puede aumentar la producción sin un tercer trabajador.

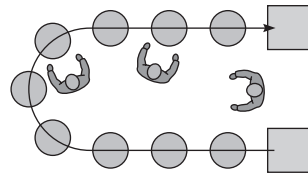


Organización mejorada: los trabajadores multifuncionales pueden ayudarse los unos a los otros. También es posible añadir un tercer trabajador si se necesita más producción.

(b)



Organización actual: las instalaciones en línea hacen difícil equilibrar las tareas, porque el trabajo no puede dividirse de manera uniforme.



Organización mejorada: con la forma de U, los trabajadores tienen mejor acceso al área de trabajo. Se ha pasado de cuatro trabajadores a tres.



Vídeo 9.1

Células de trabajo en Kurt Manufacturing

FIGURA 9.10 ■ Mejora de la layout mediante la utilización del concepto de célula de trabajo

Alrededor del 40% de las fábricas de Estados Unidos con menos de 100 empleados utiliza algún tipo de sistema de células, mientras que el 74% de las grandes plantas ha adoptado métodos de producción celular. Bayside Controls, en Queens, Nueva York, por ejemplo, ha incrementado sus ventas en la última década, de 300.000 dólares al año hasta 11 millones. Gran parte de la mejora se atribuyó a su reconversión a la fabricación celular. Como se ve en el recuadro sobre *Dirección de producción en acción*, Rowe Furniture ha tenido un éxito similar gracias a las células de trabajo.

Dotación de personal para células de trabajo

Una vez que la célula de trabajo dispone de los equipos adecuados ubicados en la secuencia apropiada, la siguiente tarea consiste en dotar a la célula de trabajo de personal y equilibrarla. Una producción eficiente en una célula de trabajo requiere que se disponga del personal adecuado. Esto implica dos pasos. Primero, hay que calcular el **tiempo takt**⁵, o tiempo ciclo, que es el ritmo (frecuencia) necesario de producción en unidades para satisfacer los pedidos de los clientes:

$$\text{Tiempo takt (ciclo)} = \text{Tiempo total de trabajo disponible} / \text{Unidades requeridas} \quad (9.2)$$

⁵ *Takt* es un vocablo alemán que significa “tiempo, medida, ritmo” y se utiliza en este contexto como el ritmo al que hay que producir unidades completas para satisfacer la demanda del consumidor.

Tiempo takt o ciclo
Ritmo de producción para satisfacer las demandas del cliente.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

CÉLULAS DE TRABAJO EN ROWE FURNITURE

A muchos consumidores les disgusta comprar el producto estándar. Sobre todo a los clientes de muebles, que generalmente quieren una variedad mucho más amplia de la que la mayoría de las tiendas de exposición y venta de muebles puede ofrecer. Los clientes ciertamente desean personalización, pero no les gusta esperar durante meses a que lleguen sus pedidos especiales. Así pues, Rowe Furniture Corp., de Salem, Virginia, creó una red informática en la que los clientes podían encargarse combinaciones personalizadas de tapizados y estilos. Esta estrategia proporcionaba personalización, pero la verdadera baza era ésta: ¿cómo podía el personal de operaciones fabricar los muebles encargados rápidamente y sin incrementar los costes?

Para empezar, Rowe acabó con la vieja cadena de montaje. A continuación creó células de trabajo, cada una con equipos de trabajadores debidamente preparados

(personas preparadas para encolar, coser, grapar y rellenar). En vez de estar dispersos en una cadena de montaje, cerca de 3 docenas de personas se destinaron a miembros de equipos de células de trabajo. Las células de trabajo mejoraban la comunicación; incluso obligaban en cierto modo a que existiera alguna comunicación entre los miembros del equipo. La formación multifuncional vino después; los encoladores empezaron a entender lo que los grapadores necesitaban, y los encargados de rellenar empezaron a entender las necesidades de los que cosían. Muy pronto, los miembros de los equipos comprobaron que podían solucionar problemas cotidianos, y empezaron a desarrollar métodos mejorados. Además, tanto los miembros de los equipos como la dirección empezaron a trabajar juntos para resolver problemas.

Hoy, la fábrica de Rowe funciona con una productividad récord. "Todo el mundo está mucho más contento", dice la trabajadora del taller Sally Huffman.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (18 de noviembre de 2004), D1; y *Upholstery Design and Manufacturing* (febrero de 2001), 16-22.

Segundo, hay que calcular el número de operarios necesario. Esto exige dividir el tiempo total de operación en la célula de trabajo por el tiempo takt (ciclo):

$$\text{Trabajadores necesarios} = \text{Tiempo total de operación requerido} / \text{Tiempo takt} \quad (9.3)$$

El ejemplo 2 analiza estos dos pasos cuando se dota de personal a una célula de trabajo.

También es valioso disponer de un *gráfico de equilibrio de trabajo* (como el que se muestra en el Ejemplo 2) para evaluar los tiempos de operación en las células de trabajo.

EJEMPLO 2

Dotación de personal para células de trabajo

Su empresa cliente, la planta de todoterrenos deportivos de Mercedes en Alabama, espera recibir 600 retrovisores al día, y su célula de trabajo que fabrica los retrovisores está programada para ocho horas, de forma que el tiempo takt o tiempo ciclo es de 48 segundos:

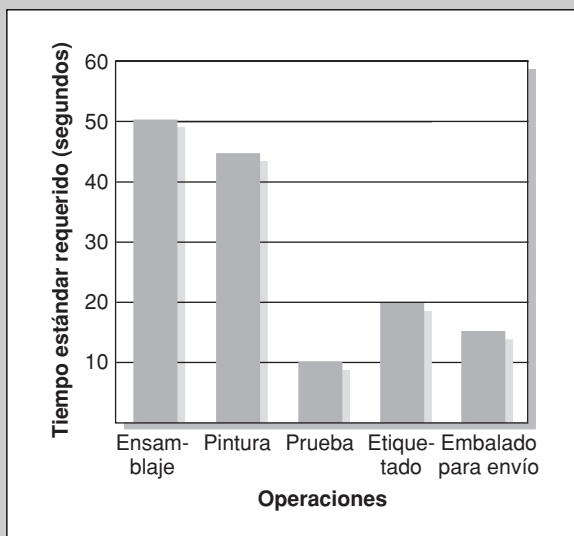
$$\text{Tiempo takt} = (8 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos}) / 600 \text{ unidades} = 480/600 = 0,8 \text{ minutos} = 48 \text{ segundos}$$

Por tanto, la necesidad del cliente es un retrovisor cada 48 segundos.

Un *gráfico de equilibrio de trabajo* como el que se muestra en la Figura 9.11 es útil para determinar el tiempo de cada operación en la célula, así como el tiempo total. La Figura 9.11 muestra que se necesitan cinco operaciones, con un tiempo total de operación de 140 segundos.

$$\begin{aligned} \text{Trabajadores necesarios} &= \text{Tiempo total de operación requerido} / \text{Tiempo takt} \\ &= (50 + 45 + 10 + 20 + 15) / 48 = \\ &= 140 / 48 = 2,91 \end{aligned}$$

FIGURA 9.11 ■
Gráfico de equilibrio de
trabajo para la producción
de retrovisores



Por tanto, para fabricar una unidad cada 48 segundos harán falta 2,91 personas. Con tres operarios en esta célula de trabajo se producirá una unidad cada 46,67 segundos ($140 \text{ segundos} / 3 \text{ empleados} = 46,67$) y 617 unidades al día ($480 \text{ minutos disponibles} \times 60 \text{ segundos} / 46,67 \text{ segundos para cada unidad} = 617$).

Asimismo debemos dar algunas consideraciones para determinar las operaciones cuello de botella. Las operaciones cuello de botella pueden limitar el flujo dentro de una célula. El desequilibrio en una célula de trabajo no suele ser un problema si la operación es manual, puesto que, por definición, los miembros de una célula forman parte de un equipo con formación multidisciplinar. Sin embargo, si el desequilibrio es una restricción provocada por una máquina, entonces quizás es necesario hacer un ajuste en la maquinaria, en el proceso o en las operaciones. En estas situaciones puede resultar útil recurrir al análisis tradicional de equilibrado de la línea de montaje, que será el tema de nuestra próxima sección.

Las múltiples ventajas de las células de trabajo compensan los pequeños problemas de desequilibrio dentro de una célula. En muchas disposiciones de trabajo, sin células y sin formación multidisciplinar, si se detiene una operación por cualquier razón (hay que mirar un plano, coger una herramienta, hacer el mantenimiento de la maquinaria, etcétera), se detiene todo el flujo de trabajo. Por tanto, se prefieren las células con múltiples operarios.

El éxito de las células de trabajo no se limita a las empresas de manufactura. Hallmark, en Kansas City, que tiene la mitad del mercado estadounidense de tarjetas de felicitación y produce unas 40.000 tarjetas distintas, ha modificado sus oficinas para imponer un diseño celular. Antes sus 700 creativos tardaban hasta dos años para desarrollar una nueva tarjeta. La decisión de la empresa de crear células de trabajo compuestas por artistas, escritores, técnicos en litografía, promotores de ventas y contables, todos en la misma zona, ha dado lugar a que se preparen las tarjetas en una mínima parte del tiempo que se necesitaba con el antiguo layout. Las células de trabajo también han permitido obtener un mayor rendimiento y un mejor servicio en el proceso de donación de sangre de la Cruz Roja norteamericana⁶.

Los programas informáticos, como Factory Flow, de UGS (www.UGS.com), abordan las complejas relaciones entre rutas, equipos de manejo de materiales y volúmenes de producción. Las evaluaciones de alternativas, como el paso de un layout tradicional orientado al proceso a dos células de trabajo, pueden hacerse de forma sencilla moviendo los símbolos de los equipos con el ratón y volviendo a calcular los resultados.

⁶ Mark Pagell y Steven A. Melnyk, "Assessing the Impact of Alternative Manufacturing Layouts in a Service Setting", *Journal of Operations Management* 22 (2004), pp. 413-429.

Existen programas informáticos, como ProPlanner y Factory Flow, para ayudar a los directivos a hacer la transición a las células de trabajo. Factory Flow se utiliza para optimizar el layout a partir de las distancias de los flujos de materiales, la frecuencia y los costes. Estos programas suelen requerir información que incluye planos del layout con AutoCAD, datos de rutas de los componentes, y costes, tiempos y velocidad de los sistemas de manipulación de materiales.

El centro de trabajo enfocado y la fábrica enfocada

Cuando una empresa ha *identificado una familia de productos similares que tienen una demanda elevada y estable*, puede organizar un centro de trabajo enfocado. Un **centro de trabajo enfocado** traslada la producción desde una instalación de propósito general con un layout orientado al proceso a una gran célula de trabajo que sigue siendo parte de la fábrica actual. Si el centro de trabajo enfocado está en unas instalaciones separadas, se lo suele llamar **fábrica enfocada**. Un restaurante de comida rápida es una fábrica enfocada. La mayoría de los centros o fábricas enfocadas puede reconfigurarse fácilmente para ajustarse al mix y volumen de productos. Burger King, por ejemplo, cambia el número de empleados y la asignación de tareas en lugar de mover la maquinaria y los equipos. De esta manera, la empresa equilibra la línea de montaje para adaptarse a los cambios en las demandas a producción. De hecho, el “layout” cambia numerosas veces al día.

La expresión *fábrica enfocada* también puede hacer referencia a instalaciones enfocadas de formas diferentes que por línea o layout orientado al producto. Por ejemplo, las instalaciones pueden estar enfocadas en conseguir calidad, o introducir nuevos productos, o en las necesidades de flexibilidad.

Las instalaciones enfocadas, tanto las de fabricación como las de servicios, parecen más adecuadas para sintonizar con sus clientes, producir productos de calidad y operar con márgenes más altos. Esto es cierto ya se trate de fábricas de acero como SMI, Nucor o Chaparral, de restaurantes como McDonald’s o Burger King, o de un hospital como el hospital Arnold Palmer.

La Tabla 9.2 resume lo que hemos visto sobre células de trabajo, centros de trabajo enfocados y fábricas enfocadas.

TABLA 9.2 ■ Células de trabajo, centros de trabajo enfocados y fábricas enfocadas

Célula de trabajo	Centro de trabajo enfocado	Fábrica enfocada
Una célula de trabajo es una disposición temporal, orientada al producto, compuesta de máquinas y personal, en lo que es habitualmente una instalación orientada al proceso.	Un centro de trabajo enfocado es una organización permanente orientada al producto, compuesta de máquinas y personal, en unas instalaciones habitualmente orientadas al proceso.	Una fábrica enfocada es una instalación permanente para producir un producto o componente en una instalación orientada al producto. Muchas de las fábricas enfocadas actualmente construidas eran originariamente parte de una instalación orientada al proceso.
<i>Ejemplo:</i> Un taller con maquinaria y personal reorganizado para producir 300 paneles de control especiales.	<i>Ejemplo:</i> Fabricación de portes de tuberías en un astillero.	<i>Ejemplo:</i> una planta para producir mecanismos para ventanillas de automóviles.

Centros de trabajo enfocados

Una organización permanente o semipermanente de maquinaria y personal orientada al producto.

Fábrica enfocada

Una instalación diseñada para fabricar productos o componentes similares.

El Boeing 737, el avión comercial más popular del mundo, se fabrica en una línea de fabricación móvil que se desplaza a un ritmo de 5 centímetros por minuto a través del proceso de ensamblaje final. La línea móvil, una de las diversas innovaciones de fabricación ajustada (lean) en las instalaciones de Renton, Washington, ha mejorado la calidad, reducido el tiempo de flujo, recortado drásticamente los niveles de inventario y las necesidades de espacio. El ensamblaje final sólo dura 11 días y el inventario ha disminuido un 55%.

LAYOUT REPETITIVO Y ORIENTADO AL PRODUCTO

Los *layouts orientados al producto* se organizan alrededor de productos o familias de productos similares con altos volúmenes y baja variedad. La producción repetitiva y la producción continua, tratadas en el Capítulo 7, utilizan layouts orientados al producto. Las hipótesis son las siguientes:

1. El volumen es adecuado para una alta utilización de los equipos.
2. La demanda del producto es lo suficientemente estable para justificar altas inversiones en equipos especializados.
3. El producto está estandarizado, o se acerca a una fase de su ciclo de vida que justifica inversiones en equipos especializados.
4. Los suministros de materias primas y componentes son adecuados y de calidad uniforme (adecuadamente estandarizados), para garantizar que funcionarán con el equipo especializado.

Dos tipos de layout orientado al producto son las líneas de montaje y las de fabricación. La **línea de fabricación** elabora componentes, como ruedas para automóviles o piezas metálicas de una nevera, en una serie de máquinas. Una **línea de montaje** ensambla las piezas fabricadas en una serie de estaciones o puestos de trabajo. Ambos son procesos repetitivos, y en ambos casos la línea tiene que estar “equilibrada”. Esto significa que el tiempo empleado para realizar un trabajo en una máquina debe coincidir o estar “equilibrado” con el tiempo empleado para realizar el trabajo en la siguiente máquina de la línea de fabricación, al igual que el tiempo empleado en una estación de trabajo por un operario de una línea de montaje debe estar “equilibrado” con el tiempo que emplee en la siguiente estación de trabajo el siguiente operario. Surgen las mismas cuestiones cuando se diseñan las “líneas de despiece” de los mataderos y las de desguace de los fabricantes de automóviles (*véase* el recuadro sobre *Dirección de producción en acción*, “Líneas de desguace de automóviles: ecológicamente correctas”).

Las líneas de fabricación tienden a ir al ritmo de las máquinas, y necesitan cambios mecánicos y de ingeniería para facilitar el equilibrio. Las líneas de montaje, por el contrario, tienden a ir al ritmo de las tareas de trabajo asignadas a personas o estaciones de trabajo; por lo tanto, pueden equilibrarse moviendo tareas de una persona a otra. El problema central, en consecuencia, en la planificación del layout orientado al producto es equilibrar las tareas en cada estación de trabajo de la línea de producción de manera que el tiempo en cada una de las estaciones sea aproximadamente el mismo, con la condición de que se obtenga la cantidad de producción deseada de la línea.

La meta de la dirección es crear un flujo fluido y continuo a lo largo de la línea de montaje, con un tiempo mínimo de inactividad en cada estación de trabajo. Una línea de montaje bien equilibrada proporciona una alta utilización del personal y las instalaciones, y una carga de trabajo similar entre los empleados. Algunos convenios colectivos exigen que las cargas de trabajo sean aproximadamente las mismas para todos los trabajadores de la misma línea de montaje. La expresión más usada para definir este proceso es la de **equilibrado de líneas de montaje**. Sin duda, *el objetivo del layout orientado al producto es minimizar el desequilibrio en la línea de fabricación o montaje*.

Las principales ventajas del layout orientado al producto son:

1. El bajo coste variable por unidad, normalmente asociado a productos estandarizados de alto volumen.
2. Bajos costes de manejo de materiales.



Video 9.4

Layout de las instalaciones en Ambulancias Wheeled Coach

Línea de fabricación

Una instalación “dirigida” por el ritmo de las máquinas y orientada al producto para construir componentes.

Línea de montaje

Un enfoque que ensambla piezas fabricadas en una serie de estaciones de trabajo; se usa en procesos repetitivos.

Equilibrado de la línea de montaje

Técnica para lograr la producción deseada en cada estación de trabajo de línea de producción, de modo que se reduzcan al mínimo los retrasos.

El layout orientado al producto puede tratar sólo unos pocos productos y diseños de proceso.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

LÍNEAS DE DESGUACE DE AUTOMÓVILES: ECOLÓGICAMENTE CORRECTAS

Visionarios como Walter Chrysler y Louis Chevrolet no podían imaginarse los extensos cementerios de automóviles y camiones oxidados, testimonios de la cultura del automóvil que ellos ayudaron a crear. Hoy en día, sin embargo, los cementerios están reduciéndose un poco. “Creemos que muy pronto —dice el director de reciclaje de vehículos de Ford— la gente comprará automóviles teniendo en cuenta lo ecológicos que sean”. En BMW, Horst Wolf está de acuerdo: “A largo plazo, todos los vehículos nuevos tendrán que ser diseñados de forma que sus materiales puedan reutilizarse en la siguiente generación de automóviles”.

En 1990 BMW, sensible al poder político del movimiento verde en Alemania, construyó una fábrica piloto de “desguace de automóviles”. En Estados Unidos, la empresa ofrece 500 dólares de bonificación en la compra de un nuevo modelo BMW a cualquiera que lleve un BMW viejo a sus centros de recuperación de Nueva York, Orlando o Los Ángeles.

La línea de desguace implica quitar la mayor parte de las piezas de plástico y clasificarlas para su reciclaje. Pero esto no es fácil. Sólo desmontar el coche puede requerir el

trabajo de cinco personas durante una hora. BMW también tuvo que inventar herramientas para perforar y vaciar de forma segura y sin peligro los depósitos de combustible con gasolina. Dado que los diversos plásticos se reciclan de distinta manera, cada uno debe etiquetarse o codificarse con color. Algunos tipos de plástico, como los tubos de admisión de aire, pueden ser fundidos de nuevo y convertidos en piezas nuevas. Nissan Motor, con centros de desguace en Alemania y Japón, convierte ahora 2.000 para choques al mes en conductos de aire, reposapiés, piezas de para choques y palés para envíos.

El tratamiento de la chatarra de metal de la línea de desguace es más fácil. Con trituradoras e imanes, se clasifican trozos de metal del tamaño de una pelota de béisbol después de haber desmontado y extraído los motores, transmisiones, radios, baterías y tubos de escape. Los fabricantes de acero han ayudado a lo largo de los 20 últimos años construyendo miniaceras que usan la chatarra metálica.

Lo paradójico es que una industria que se ha visto forzada a mejorar la resistencia de sus vehículos a los choques, también tiene que diseñar automóviles y camiones que se desmonten con más facilidad.

Fuentes: Automotive Design and Production (agosto de 2004), 20-22; y Businessline (4 de junio de 2002), 1.

3. Reducidos inventarios de trabajo en curso de fabricación.
4. Formación y supervisión más fáciles.
5. Producción rápida.

Los inconvenientes del layout orientado al producto son los siguientes:

1. Es necesario un alto volumen de producción, debido a las grandes inversiones que hacen falta para montar el proceso.
2. La detención del trabajo en cualquier punto de la línea provoca la parada de todo el proceso.
3. Existe falta de flexibilidad cuando se manejan diversos productos o diferentes tasas de producción.

Dado que los problemas de las líneas de fabricación y montaje son similares, nos centraremos en las líneas de montaje. En una línea de montaje el producto se desplaza, por lo general, por medios automáticos, como una cinta transportadora, a través de una serie de estaciones de trabajo hasta que se completa el ensamblaje. Así es como se producen los automóviles y algunos aviones, los televisores y hornos, y se hacen las hamburguesas. Los layouts orientados al producto utilizan más equipos automatizados y diseñados especialmente que los layouts orientados al proceso.

Equilibrado de la línea de montaje

El equilibrado de una línea se realiza normalmente para minimizar los desequilibrios entre máquinas o personal, al mismo tiempo que se obtiene la producción deseada de la línea. Para producir a una tasa determinada de producción, los directivos deben conocer las herramientas, equipos y métodos de trabajo empleados. A continuación hay que determinar el tiempo necesario para cada tarea de montaje (como taladrar un agujero, apretar una tuerca o pintar una pieza). La dirección también tiene que saber cuáles son las *relaciones de precedencia* entre las actividades; es decir, el orden en que deben realizarse las tareas. El Ejemplo 3 muestra cómo transformar estos datos de las tareas en un diagrama de precedencias.

Una vez elaborado un diagrama de precedencias que resuma las secuencias y tiempos de realización, pasamos a agrupar las tareas en las estaciones de trabajo de forma que podamos alcanzar la tasa de producción especificada. Este proceso supone tres pasos:

Desarrollo de diagrama de precedencias para una línea de montaje

Deseamos desarrollar un diagrama de precedencias para una fotocopiadora electrostática que necesita un tiempo total de montaje de 66 minutos. La Tabla 9.3 y la Figura 9.12 proporcionan las tareas, tiempos de montaje y necesidades de secuencia para la fotocopiadora.

TABLA 9.3 ■ Datos de precedencias

Tarea	Tiempo de realización (minutos)	La tarea debe seguir a:
A	10	—
B	11	A
C	5	B
D	4	B
E	12	A
F	3	C, D
G	7	F
H	11	E
I	3	G, H
Tiempo total	66	

Esto significa que las tareas B y E no pueden realizarse hasta que haya finalizado la tarea A.

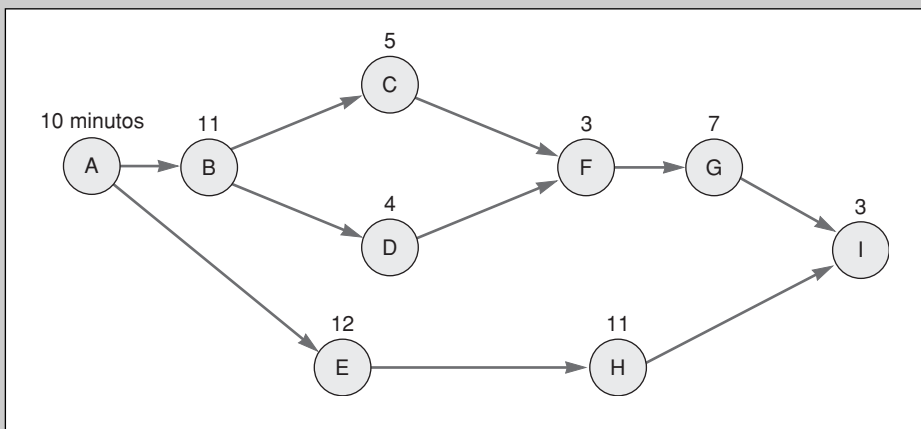


FIGURA 9.12 ■ Diagrama de precedencias

EJEMPLO 3

Tiempo ciclo

Tiempo máximo que se permite que pase el producto en cada estación de trabajo.

1. Dividir el tiempo productivo disponible diario (en minutos o segundos) por las unidades de demanda diaria (o tasa de producción). Esta operación nos da lo que en equilibrado se denomina el **tiempo ciclo**⁷; es decir, el tiempo máximo que puede estar el producto en cada estación si se quiere alcanzar la tasa de producción:

$$\text{Tiempo del ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Demanda diaria de unidades}} \quad (9.4)$$

2. Calcular el número mínimo teórico de estaciones de trabajo. Esto es igual a la duración total de las tareas dividida por el tiempo ciclo. Las fracciones se redondean al entero inmediatamente superior.

$$\text{Número mínimo de estaciones} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Tiempo para la tarea } i}{\text{Tiempo ciclo}} \quad (9.5)$$

donde n es el número de tareas de montaje.

3. Equilibrar la línea, asignando tareas de montaje específicas a cada estación de trabajo. Un equilibrado eficaz es el que completa el montaje requerido, siguiendo la secuencia especificada, y manteniendo al mínimo el tiempo de inactividad de cada estación. Un procedimiento formal para hacer esto es:
 - a. Establecer una lista maestra de tareas.
 - b. Eliminar aquellas tareas que ya han sido asignadas.
 - c. Eliminar aquellas tareas cuya relación de precedencia no se haya satisfecho.
 - d. Eliminar aquellas tareas cuyo tiempo de realización es superior al tiempo aún disponible en la estación de trabajo.
 - e. Utilizar una de las “heurísticas” de equilibrado de líneas descritas en la Tabla 9.4. Las cinco opciones son: (1) tiempo de tarea más largo, (2) más tareas siguientes, (3) pesos posicionales, (4) tiempo de tarea más corto, y (5) menor

Sencillamente, es imposible agrupar algunas tareas en una misma estación de trabajo. Puede haber diversas razones físicas para ello.

TABLA 9.4 ■ Heurísticas de layout que pueden usarse para asignar tareas a estaciones de trabajo en un equilibrado de línea de montaje

1. <i>Tiempo de tarea más largo</i>	Entre las tareas disponibles, elegir la que tenga el tiempo de realización más largo.
2. <i>Más tareas siguientes</i>	Entre las tareas disponibles, elegir la que tenga más tareas que le suceden en el diagrama.
3. <i>Pesos posicionales</i>	Entre las tareas disponibles, elegir aquella para la que la suma del tiempo de realización de la tarea y los tiempos de realización de cada una de las tareas que le suceden (siguientes y siguientes de las siguientes). (En el Ejemplo 4 veremos que peso de la tarea $C = 5(C) + 3(F) + 7(G) + 3(I) = 18$, mientras que el peso de $D = 4(D) + 3(F) + 7(G) + 3(I) = 17$; por tanto, se elegiría C en primer lugar).
4. <i>Tiempo de tarea más corto</i>	Entre las tareas disponibles, elegir la que tenga el tiempo de realización más corto.
5. <i>Menor número de tareas siguientes</i>	Entre las tareas disponibles, elegir la que tenga el menor número de tareas siguientes.

⁷ El *tiempo ciclo* es el tiempo real necesario para realizar una tarea o etapa de un proceso. Puede que sean necesarias varias etapas de un proceso para completar un producto. El *tiempo takt*, analizado anteriormente, viene dado por el cliente y es la velocidad a la que hay que producir las unidades completas para satisfacer la demanda del consumidor.

número de tareas siguientes. Se pueden probar varias de estas **heurísticas** para ver cuál genera la “mejor” solución (es decir, el menor número de estaciones de trabajo y la mayor eficiencia). Recuerde, sin embargo, que, aunque las heurísticas proporcionan soluciones, no garantizan una solución óptima.

El Ejemplo 4 muestra un sencillo procedimiento de equilibrado de la línea.

Heurística

Resolución de problemas mediante procedimientos y reglas en vez de por optimización matemática.

Equilibrado de la línea de montaje

Equilibre la línea de montaje del Ejemplo 3 a partir del diagrama de precedencias y los tiempos de las actividades dados allí, y de que la empresa ha determinado que hay 480 minutos de tiempo productivo disponible al día. Además, la planificación de la producción requiere que se completen al día 40 unidades de producto en la línea de montaje. Por tanto:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo ciclo (en minutos)} &= \frac{480 \text{ minutos}}{40 \text{ unidades}} \\ &= 12 \text{ minutos/unidad} \\ \text{Número mínimo de estaciones de trabajo} &= \frac{\text{Tiempo total de tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}} = \frac{66}{12} \\ &= 5,5 \text{ o } 6 \text{ estaciones}\end{aligned}$$

Utilice la heurística de *más tareas siguientes* para asignar tareas a las estaciones de trabajo.

La Figura 9.13 muestra una solución que no incumple los requisitos de la secuencia, y en la que las tareas están agrupadas en seis estaciones de trabajo. Para obtener esta solución, se asignarán las actividades adecuadas a cada estación de trabajo, utilizando como máximo el tiempo ciclo disponible de 12 minutos. La primera estación consume 10 minutos, y tiene un tiempo de inactividad de 2 minutos.

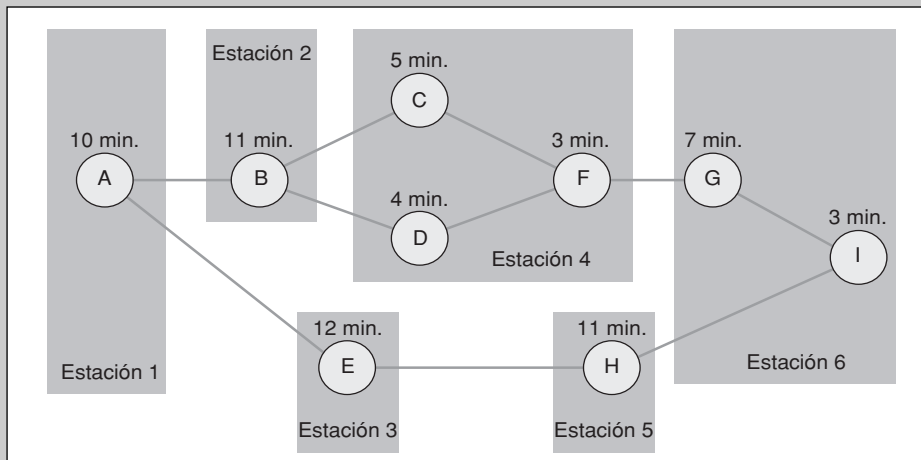


FIGURA 9.13 ■ Una solución con seis estaciones al problema del equilibrado de la línea

La segunda estación de trabajo emplea 11 minutos, y la tercera consume completamente los 12 minutos. La cuarta estación agrupa tres pequeñas tareas, y se equilibra perfectamente en 12 minutos. La quinta tiene 1 minuto de tiempo muerto, y la sexta (integrada por las tareas G e I) tiene 2 minutos de tiempo muerto (o de inactividad) por ciclo. El tiempo inactivo total para esta solución es de 6 minutos por ciclo.

EJEMPLO 4

En el caso de las operaciones de despiece en los mataderos, la línea de montaje es, de hecho, una línea de desmontaje. Los procedimientos de equilibrado de línea que se han descrito en este capítulo son los mismos para el caso de una línea de desmontaje. El centro de procesamiento de pollos tiene que equilibrar el trabajo de varios cientos de empleados. La especialización contribuye a la eficiencia porque (1) las habilidades del trabajador se desarrollan con la repetición; (2) hay menos tiempo perdido en cambiar herramientas, y (3) se desarrollan herramientas especializadas. El contenido total de mano de obra en cada uno de los pollos procesados es de unos pocos minutos. ¿Cuánto tiempo tardaría en procesar totalmente un pollo usted solo?

Podemos calcular la eficiencia del equilibrado de la línea dividiendo el tiempo total de las tareas entre el producto del número de estaciones de trabajo por el tiempo ciclo asignado (real) de la estación de trabajo que lo tenga más largo.

Dos cuestiones importantes en el equilibrado de líneas son la tasa de producción y la eficiencia.

$$\text{Eficacia} = \frac{\sum \text{tiempos de tareas}}{(\text{número de estaciones de trabajo}) \times (\text{tiempo ciclo asignado más largo})} \quad (9.6)$$

Los directores de operaciones comparan a menudo distintos niveles de eficiencia para diversos números de estaciones de trabajo. De este modo, la empresa puede determinar la sensibilidad de la línea a los cambios en la tasa de producción y en las asignaciones a las estaciones de trabajo.

EJEMPLO 5

Cálculo de la eficiencia de la línea

Podemos calcular la eficacia del equilibrado del Ejemplo 4 como sigue:

$$\text{Eficacia} = \frac{66 \text{ minutos}}{(6 \text{ estaciones}) \times (12 \text{ minutos})} = \frac{66}{72} = 91,7\%$$

Obsrve que la apertura de una séptima estación, por la razón que fuese, disminuiría la eficacia del equilibrado al 78,6%:

$$\text{Eficiencia} = \frac{66 \text{ minutos}}{(7 \text{ estaciones}) \times (12 \text{ minutos})} = 78,6\%$$

Los problemas de equilibrado de líneas a gran escala, como los problemas de layout de grandes procesos, se resuelven a menudo con computadoras. Existen diferentes programas informáticos para realizar la asignación de tareas a estaciones de trabajo en las líneas de montaje con 100 (o más) actividades o tareas de trabajo. Dos programas de ordenador, COMSOAL (*Computer Method for Sequencing Operations for Assembly Lines*)⁸ y ASYBL (*General Electric's Assembly Line Configuration program*), son ampliamente utilizados en grandes problemas para evaluar los miles, o incluso millones, de posibles combinaciones de estaciones de trabajo de manera mucho más eficiente que la que se podría conseguir con cualquier procedimiento manual.

RESUMEN

Los distintos tipos de layout generan una considerable diferencia en la eficiencia operativa. Los siete layouts analizados en este capítulo son: (1) oficinas, (2) comercios, (3) almacenes, (4) posición fija o de proyecto, (5) orientado al proceso, (6) células de trabajo y (7) orientado al producto. Se han desarrollado diferentes técnicas para intentar resolver estos problemas de layout. El layout de las oficinas a menudo pretende maximizar los flujos de información, los comercios se centran en la exposición del producto, y los almacenes intentan optimizar el equilibrio entre espacio de almacenamiento y coste de manipulación de los materiales.

⁸ G. W. De Puy, "Applying the COMSOAL Computer Heuristic", *Computers & Industrial Engineering* 38, n.º 3 (octubre de 2000), pp. 423-422.

El layout de posición fija intenta minimizar los costes de manipulación de las mercancías dentro de la restricción del limitado espacio de la ubicación. El layout orientado al proceso minimiza el producto de las distancias de traslado por el número de viajes. El layout orientado al producto se centra en reducir los desperdicios y los desequilibrios en una línea de montaje. Las células de trabajo son el resultado de identificar una familia de productos que justifica una configuración especial de maquinaria y equipos que reduce el movimiento de materiales y ajusta los desequilibrios con personal multidisciplinar.

A menudo, los aspectos a considerar en un problema de layout son de tal variedad y número como para excluir la posibilidad de identificación de una solución óptima. Por ello, las decisiones de layout, aunque han sido objeto de un considerable esfuerzo de investigación, siguen siendo, en parte, un arte.

Layout de oficinas	Lotes de trabajo
Layout de comercios	CRAFT
Pago por tener espacio en los estantes del comercio (<i>slotting fees</i>)	Célula de trabajo
Entorno del servicio	Tiempo takt o tiempo ciclo
Layout de almacenes	Centro de trabajo enfocado
<i>Cross docking</i>	Fábrica enfocada
Almacenamiento aleatorio	Línea de fabricación
Personalización	Línea de montaje
Layout de posición fija	Equilibrado de la línea de montaje
Layout orientada al proceso	Tiempo ciclo
	Heurística

TÉRMINOS
CLAVE

CÓMO UTILIZAR PROGRAMAS INFORMÁTICOS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Además de los muchos programas informáticos comerciales para tratar los problemas de layout, Excel OM, que viene con este manual, puede ayudar a resolver los problemas de layout orientado al proceso. POM para Windows, que también se incluye en el CD-ROM, incluye módulos para resolver el problema de proceso y el problema de equilibrado de líneas de montaje.



Utilización de Excel OM

Excel OM puede ayudarle a evaluar una serie de asignaciones de salas-a-secciones o departamentos, como vimos en el Ejemplo 1 sobre Walters Company. El módulo de layout puede generar una solución óptima por enumeración o calculando el coste de “movimiento total” para cada layout que quiera examinar. Para ello, proporciona un cálculo rápido para cada emparejamiento flujo-distancia.

El Programa 9.1 muestra nuestros datos de entrada en las dos tablas de arriba. Primero se introducen los flujos entre secciones, y luego proporcionamos las distancias entre las salas. Mediante el método de prueba y error vamos introduciendo las asignaciones de departamentos a salas en la parte superior izquierda de la tabla de arriba, y entonces se generan y muestran los cálculos de los movimientos (distancias recorridas) al pie de la

Microsoft Excel - HR6.captures.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

1 Walters Company

2

3 Operations Layout

4 Enter the flow table and the distance table in the shaded area. Then either enter the room NUMBERS into which you want to place each process in the column labeled 'Room assignment' or use the SOLVE button to find the optimal layout.

5 Solve

6 Data

7 Process num	Room assign	Flow table	Dept. 1	Dept. 2	Dept. 3	Dept. 4	Dept. 5	Dept. 6
8 1	1	Dept. 1		50	100			20
9 2	2	Dept. 2			30	50	10	
10 3	5	Dept. 3				20		100
11 4	3	Dept. 4					50	
12 5	6	Dept. 5						
13 6	4	Dept. 6						

Distance to	Room 1	Room 2	Room 3	Room 4	Room 5	Room 6
Room 1		1	2	1	1	2
Room 2	1		1	1	1	1
Room 3	2	1		2	1	1
Room 4	1	1	2		1	2
Room 5	1	1	1	1		1
Room 6	2	1	1	2	1	

21

22

23 Total movement 430

24

25 Movement computations

26 First dept	Second dept	Flow	First room	Second room	Distance	Product
27 1	1	0	1	1	0	0
28 1	2	50	1	2	1	50
29 1	3	100	1	5	1	100

28 = C28*F28

Callouts:

- Las columnas 1 y 2 juntas incluyen todas las combinaciones posibles 6 por 6 = 36 combinaciones de pares de salas.
- Se obtiene el flujo de la tabla de flujos superior utilizando = INDEX (\$D\$8: \$L\$18, A28, B28).
- Busque la distancia como = INDEX (\$D\$16:\$I\$21, D28, E28).
- Los cálculos prosiguen por debajo de la fila 29.

PROGRAMA 9.1 ■ Uso del módulo de layout de proceso de Excel OM, para resolver el problema de Walters Company en el Ejemplo 1

pantalla. El movimiento total se calcula de nuevo cada vez que probamos una nueva asignación de salas. Se obtiene que la asignación que se muestra es la óptima con una distancia total recorrida en movimientos de 131 metros (430 pies).

Excel OM no incluye un módulo de equilibrado de líneas de montaje.



Utilización de POM para Windows

El módulo de layout de instalaciones de POM para Windows puede usarse para ubicar hasta 10 secciones (departamentos) en 10 salas, para minimizar la distancia total recorrida, en función de las distancias entre las salas y el flujo entre departamentos. El programa intercambia secciones (departamentos) hasta que no hay ningún intercambio que reduzca la cantidad total de movimientos que se tiene, lo que significa que se ha obtenido una solución óptima.

El módulo de POM para Windows para el equilibrado de líneas puede analizar una línea con hasta 99 tareas, cada una con hasta seis predecesoras inmediatas. En este programa se puede introducir el tiempo ciclo de dos formas: (1) *directamente*, si se conoce, o (2) introduciendo la tasa de *demanda* con el tiempo disponible tal y como se muestra en el programa. Pueden utilizarse las cinco “reglas heurísticas” que hemos visto anteriormente: (1) tiempo de tarea más largo, (2) más tareas siguientes, (3) pesos posicionales, (4) tiempo de tarea más corto y (5) menor número de tareas siguientes. Ninguna de las reglas puede garantizar una solución óptima, así que POM para Windows muestra el número de estaciones necesarias con cada regla.

El Apéndice IV del volumen *Decisiones tácticas* comenta más detalles con respecto a POM para Windows.



PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 9.1

Aero Maintenance es una instalación de mantenimiento de motores de avioneta en Wichita, Kansas. Su nueva administradora, Ann Daniel, decide mejorar el flujo de materiales en la instalación, utilizando un método de layout de procesos que estudió en la Wichita State University. El layout actual de los ocho departamentos de Aero Maintenance se muestra en la Figura 9.14.

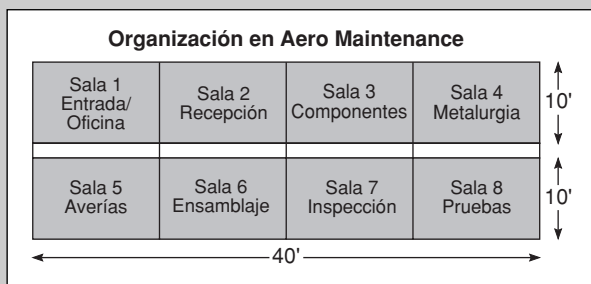


FIGURA 9.14 ■ Layout en Aero Maintenance

La única restricción física que tiene Daniel es la necesidad de mantener la combinación entrada/oficina

en su localización actual. El resto de las secciones o salas (cada una de 10 pies cuadrados) puede cambiar de lugar si el análisis de layout indica que sería beneficioso.

En primer lugar, Daniel analiza los registros de datos que posee para determinar el número de movimientos de materiales entre departamentos en un mes normal. Los datos se muestran en la Figura 9.15. El objetivo de Daniel es disponer las salas de forma que se minimice el movimiento total (la distancia total recorrida) de los materiales en la instalación. Formula su objetivo de la siguiente forma:

$$\text{Minimizar movimiento del material} = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 X_{ij} C_{ij}$$

donde X_{ij} = número de movimientos de material por mes (cargas o desplazamientos) que se trasladan del departamento (sección) de i al j

C_{ij} = distancia en pies entre las secciones (departamentos) i y j (que, en este caso, es equivalente al coste de mover una carga entre secciones).

FIGURA 9.15 ■ Número de movimientos de material (cargas) entre departamentos durante un mes

								Departamento
1	2	3	4	5	6	7	8	
	100	100	0	0	0	0	0	1. Entrada y oficina
		0	50	20	0	0	0	2. Recepción
			30	30	0	0	0	3. Componentes
				20	0	0	20	4. Metalurgia
					20	0	10	5. Averías
						30	0	6. Ensamblaje
							0	7. Inspección
								8. Pruebas

Observe que ésta es una pequeña modificación de la ecuación de costes mostrada anteriormente en este capítulo.

Daniel supone que para las secciones que están juntas, como la entrada/oficina (sala 1) y recepción (sala 2), existe una distancia caminando de 10 pies (unos 3,3 metros). Las secciones en diagonal también se consideran adyacentes, por lo que se les asigna una distancia de 10 pies. Las secciones no adyacentes, como la entrada/oficina y la sala de componentes (sala 3) o la entrada

y la inspección (sala 7), están separadas por 20 pies, y las salas no adyacentes, como la entrada/oficina y metalurgia (sala 4), están a una distancia de 30 pies (de aquí que se considere que 10 pies representan un coste de 10 unidades, 20 pies un coste de 20 unidades, y 30 pies un coste de 30 unidades).

Dada la información anterior, vuelva a diseñar la layout de Aero Maintenance para mejorar la eficiencia de su flujo de materiales.

Solución

Primero, se establece el layout actual de Aero Maintenance, que se muestra en la Figura 9.16. Analizando el layout actual de Aero Maintenance, se puede calcular el movimiento de materiales:

$$\begin{aligned}
 \text{Movimiento total} &= (100 \times 10') + (100 \times 20') + (50 \times 20') + (20 \times 10') \\
 &\quad 1 \text{ a } 2 \quad 1 \text{ a } 3 \quad 2 \text{ a } 4 \quad 2 \text{ a } 5 \\
 &+ (30 \times 10') + (30 \times 20') + (20 \times 30') + (20 \times 10') \\
 &\quad 3 \text{ a } 4 \quad 3 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 8 \\
 &+ (20 \times 10') + (10 \times 30') + (30 \times 10') \\
 &\quad 5 \text{ a } 6 \quad 5 \text{ a } 8 \quad 6 \text{ a } 7 \\
 &= 1.000 + 2.000 + 1.000 + 200 + 300 + 600 + 600 \\
 &\quad + 200 + 200 + 300 + 300 \\
 &= 6.700 \text{ pies}
 \end{aligned}$$

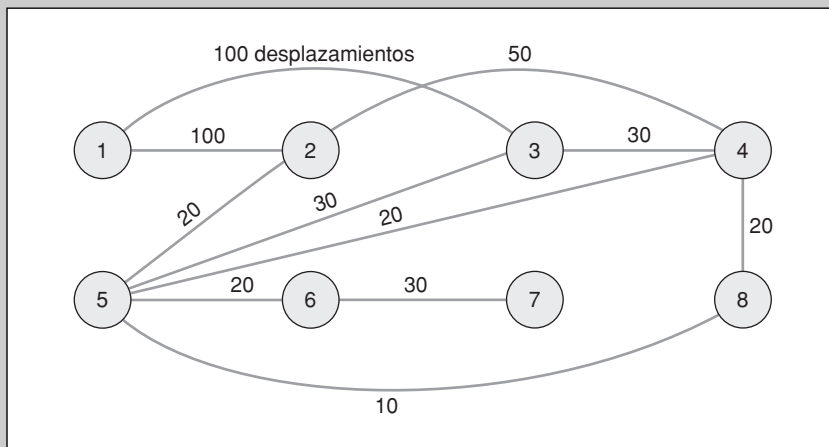


FIGURA 9.16 ■ Flujo actual de materiales

Proponga un nuevo layout que reduzca la cifra actual de 6.700 pies. Dos cambios útiles, por ejemplo, consisten en intercambiar las salas 3 y 5 y luego las salas 4 y 6. Este cambio daría un nuevo layout mostrado esquemáticamente en la Figura 9.17.

$$\begin{aligned}
 \text{Movimiento total} &= (100 \times 10') + (100 \times 10') + (50 \times 10') + (20 \times 10') \\
 &\quad \begin{array}{cccc}
 & 1 \text{ a } 2 & 1 \text{ a } 3 & 2 \text{ a } 4 & 2 \text{ a } 5 \\
 + & (30 \times 10') & + (30 \times 20') & + (20 \times 10') & + (20 \times 20') \\
 & 3 \text{ a } 4 & 3 \text{ a } 5 & 4 \text{ a } 5 & 4 \text{ a } 8 \\
 + & (20 \times 10') & + (10 \times 10') & + (30 \times 10') \\
 & 5 \text{ a } 6 & 5 \text{ a } 8 & 6 \text{ a } 7
 \end{array} \\
 &= 1.000 + 1.000 + 500 + 200 + 300 + 600 + 200 \\
 &\quad + 400 + 200 + 100 + 300 \\
 &= 4.800 \text{ pies}
 \end{aligned}$$

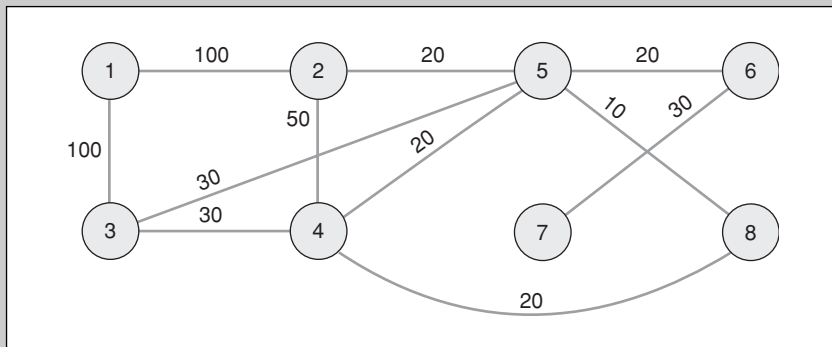


FIGURA 9.17 ■ Layout mejorado

¿Ve aún alguna posibilidad de mejora?

Problema resuelto 9.2

La línea de montaje cuyas tareas se muestran en la Figura 9.18 tiene un tiempo ciclo de ocho minutos. Elabore el diagrama de precedencias y calcule cuál sería el menor número posible de estaciones de trabajo. Organice a continuación las tareas en estaciones de trabajo para equilibrar la línea. ¿Cuál es la eficiencia de este equilibrado de la línea?

Tarea	Tiempo de realización (minutos)	La tarea debe seguir a la tarea
A	5	—
B	3	A
C	4	B
D	3	B
E	6	C
F	1	C
G	4	D, E, F
H	2	G
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 28	

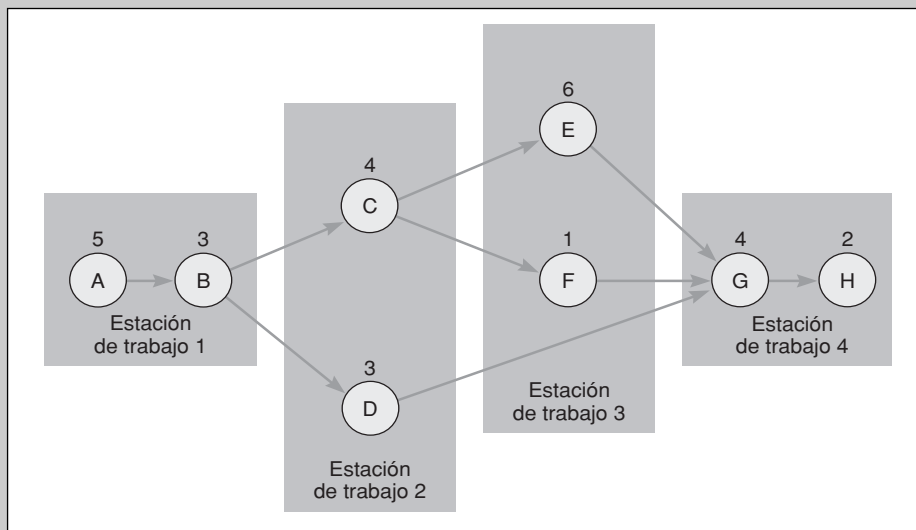


FIGURA 9.18 ■ Solución con cuatro estaciones al problema de equilibrado de la línea

Solución

El mínimo teórico de estaciones de trabajo es:

$$\frac{\sum t_i}{\text{Tiempo ciclo}} = \frac{28 \text{ minutos}}{8 \text{ minutos}} = 3,5 \text{ o } 4 \text{ estaciones}$$

En la Figura 9.18 se muestra el gráfico de precedencias y un buen layout.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo total de las tareas}}{(\text{Número de estaciones de trabajo}) \times (\text{Tiempo de ciclo más largo})} = \frac{28}{(4)(8)} = 87,5\%$$

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice el CD-ROM del alumno para obtener material sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas para resolver con Internet
- Casos en Internet
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa



En su CD-ROM del alumno

- Lección en PowerPoint
- Problemas prácticos
- Videoclip y casos en vídeo
- Ejercicio Active Model
- Excel OM
- Archivos de datos de Excel OM
- POM para Windows



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. ¿Cuáles son las siete estrategias de layout presentadas en este capítulo?
2. ¿Cuáles son los tres factores que complican el layout de posición fija?
3. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del layout orientado al proceso?
4. Indique cómo obtendría datos un analista y determinaría el número de desplazamientos en:
 - a. un hospital
 - b. un taller de maquinaria
 - c. un taller de reparación de automóviles.
5. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del layout orientado al producto?
6. ¿Cuáles son los cuatro supuestos (o condiciones previas) para diseñar un layout para productos de elevado volumen y baja variedad?
7. ¿Qué tres formas de células de trabajo se han analizado en el capítulo?
8. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las células de trabajo?
9. ¿Qué condiciones son necesarias para que sea adecuado un centro de trabajo enfocado o una fábrica enfocada?
10. ¿Cuáles son las dos principales tendencias que influyen en el layout de oficinas?
11. ¿Qué variables de layout puede considerar especialmente importantes en el layout de una oficina donde se hacen programas informáticos?
12. ¿Qué innovaciones de layout ha percibido recientemente en los establecimientos comerciales (tiendas minoristas)?
13. ¿Cuáles son las variables con las que un directivo puede jugar en el layout de una tienda?
14. Visite un supermercado local y haga un esbozo de su layout. ¿Cuáles son sus principales observaciones con respecto a los departamentos y a sus localizaciones?
15. ¿Qué es el almacenamiento aleatorio?
16. ¿Qué información es necesaria para que funcione el almacenamiento aleatorio?
17. Explique el concepto de *cross docking*.
18. ¿Qué es una heurística? Nombre varias que se puedan utilizar en el equilibrado de las líneas de montaje.



DILEMA ÉTICO

Aunque están desbordadas por la personalización en masa y la proliferación de nuevos productos de diversos tamaños y variaciones, las cadenas de supermercados siguen intentando maximizar el rendimiento de su layout. Su layout incluye una “mercancía” comerciable, espacio en los estantes (lineales), y cobran por él. Esta tarifa se conoce como “*pago por tener espacio en los estantes del comercio (slotting fees)*”. Estimaciones recientes afirman que los fabricantes de alimentos ahora gastan un 13% de las ventas en promociones comerciales, que se pagan a los supermercados para dar publicidad y vender el producto

del fabricante. Una parte de estos pagos va al espacio en el estante; pero estos pagos elevan a su vez los costes del fabricante. También ponen en situación de desventaja a las empresas pequeñas que ofertan un nuevo producto, porque las pequeñas empresas con recursos limitados serán expulsadas del mercado. Los pagos por espacio en los estantes también pueden implicar que los consumidores pueden verse incapaces de encontrar en el futuro su estupenda marca local. ¿Qué problemas éticos plantean estos pagos por lograr espacio en los estantes de los supermercados?



EJERCICIO ACTIVE MODEL

Este ejercicio Active Model aparece en su CD-ROM. Le permite evaluar parámetros en un análisis de layout orientado a proceso. El ejercicio Active Model 9.1 incluye un dispositivo para el intercambio de pares de procesos en salas. Hay un menú desplegable que indica al programa informático cuáles son los dos procesos que tiene que intercambiar. Hay un botón llamado *Swap* (intercambiar) que realizará el intercambio. Si este cambio no resul-

ACTIVE MODEL 9.1 ■
Modelo de layout de procesos Active Model 9.1 utilizando los datos de la empresa Walters Co. del Ejemplo 1

The screenshot displays the 'Active Model 9.1 Facility Layout' spreadsheet. It includes a 'Process Layout' section with a 'Load Summary Chart' table, a 'Cost table' matrix, and 'Movement computations' data. The 'Load Summary Chart' table shows the flow of materials between departments (Assembly, Painting, Machine Shop, Receiving, Shipping, Testing) across six rooms. The 'Cost table' shows the interaction costs between rooms. The 'Movement computations' table shows the flow of materials between departments and rooms. The spreadsheet also features a 'Swap' button and a 'Total cost \$ 570' display.

Dpt no	Room assignment	Load Summary Chart	Assembly	Painting	Machine Shop	Receiving	Shipping	Testing
1	1	Assembly		50	100	0	0	20
2	2	Painting			30	50	10	0
3	3	Machine Shop				20	0	100
4	4	Receiving					50	0
5	5	Shipping						0
6	6	Testing						

Cost table	Room 1	Room 2	Room 3	Room 4	Room 5	Room 6
Room 1						
Room 2		1	2	1	2	2
Room 3			1	1	1	2
Room 4				2	2	1
Room 5					1	2
Room 6						1

Movement computations

First dept	Second dept	Flow	First room	Second room	Distance	Product
1	1	0	1	1	0	0
1	2	50	1	2	1	50

ta útil, volviendo a presionar el botón *Swap* por segunda vez se volverán a colocar los dos procesos en la posición en la que estaban antes del cambio.

Preguntas

1. ¿Cuál es el coste total actual?
2. Ensamblaje y Taller Mecánico tienen el mayor grado de interacción. ¿Sería mejor intercambiar Ensamblaje y Pintura o Taller Mecánico y Pintura para conseguir que Ensamblaje y Mecánica estuvieran juntas?
3. Utilice el botón *Swap* para hacer un cambio de cada vez. Si con esto avanza, pase al siguiente par. En caso contrario vuelva a hacer clic en *Swap* para volver a cambiar las secciones a la situación anterior. ¿Cuál es el mínimo coste total tras intentar todos los cambios posibles?
4. Fíjese en las dos tablas de datos y utilice la segunda columna para poner procesos en las salas. ¿Qué asignaciones de salas generan el coste mínimo? ¿Cuál es este coste?



PROBLEMAS*

- **P** 9.1. El periodo de matrícula en la Southwestern University siempre ha sido una época de emoción, conmoción y colas. Los estudiantes deben pasar por cuatro puestos para completar el duro proceso semestral. La matriculación del último semestre, celebrada en el complejo deportivo, se describe en la Figura 9.19. Puede verse, por ejemplo, que 450 estudiantes

* Nota: **P** Significa que el problema se puede resolver con POM para Windows; **X** que se puede resolver con Excel OM, y **P_X** que se puede resolver con POM para Windows y/o Excel OM.

Flujo de estudiantes entre puestos

	Recogida de impresos y formularios (A)	Puesto de recomendaciones (B)	Recogida de carnés de clase (C)	Verificación de la situación y pago (D)
Formularios (A)	---	450	550	50
Recomendaciones (B)	350	---	200	0
Carnés de clase (C)	0	0	---	750
Verificación/pago (D)	0	0	0	---

Organización existente

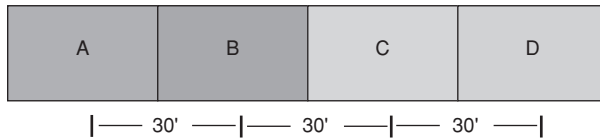


FIGURA 9.19 ■ Flujo de matriculación de los estudiantes

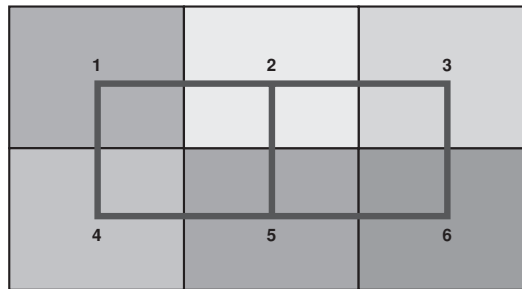
se desplazaron del puesto de recogida de impresos y formularios de matriculación (A) al de recomendaciones sobre matriculación (B), y que 550 fueron directamente de A a recoger sus carnés de clase (C). Los estudiantes de postgrado, la mayor parte de los cuales habían hecho prematrícula, fueron directamente de A al puesto donde se comprueba la matrícula y se realiza el pago (D). El layout empleado en el semestre pasado se muestra también en la Figura 9.19. El jefe de matriculación se está preparando para montar los puestos, y prevé unas cifras de afluencia similares.

- a) ¿Cuál es la “carga × distancia”, o coste, del layout descrito?
- b) Elabore un layout mejorado y calcule su coste.

9.2. Roy Creasey Enterprises, un taller mecánico, está pensando en trasladarse a una localización nueva y más grande. El nuevo edificio tendrá 60 metros de largo por 40 de ancho. Creasey se imagina el edificio con seis áreas diferenciadas de producción, aproximadamente de igual tamaño. Le concede mucha importancia a la seguridad, y pretende que haya pasillos señalizados por todo el edificio para facilitar el movimiento de personas y materiales. Vea el esquema del edificio que se ofrece a continuación. Su capataz ha llevado a cabo un estudio de un mes de duración sobre el número de cargas de material que se han movido de un proceso a otro en el edificio actual. Esta información se encuentra en la siguiente matriz de flujos. ¿Cuál es el layout adecuado para el nuevo edificio?

Matriz de flujo entre procesos de producción						
De \ A	Materiales	Soldadura	Taladros	Tornos	Muelas	Dobladoras
Materiales	0	100	50	0	0	50
Soldadura	25	0	0	50	0	0
Taladros	25	0	0	0	50	0
Tornos	0	25	0	0	20	0
Muelas	50	0	100	0	0	0
Dobladoras	10	0	20	0	0	0

Esquema del edificio (salas 1 a 6)



Distancia entre áreas (salas)

	1	2	3	4	5	6
1		20	40	20	40	60
2			20	40	20	40
3				60	40	20
4					20	40
5						20
6						

- : P 9.3.** Hay que disponer seis procesos en seis salas a lo largo de un largo pasillo en el Servicio de Teneduría de Libros de Linda Babat. La distancia entre centros de trabajo adyacentes es de 40 metros. El número de viajes entre centros de trabajo viene dado por la siguiente tabla:

Desplazamiento entre salas

Desde	A					
	A	B	C	D	E	F
A		18	25	73	12	54
B			96	23	31	45
C				41	22	20
D					19	57
E						48
F						

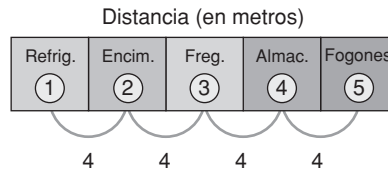
- a) Asigne los procesos a las salas de forma que se minimice el flujo total utilizando un método que ponga a las salas con mayores flujos unas al lado de otras.
- b) ¿Qué asignación minimiza el flujo total de tráfico?
- : P 9.4.** Acaba de ser contratado como director de operaciones de Reid Chocolates, un productor de bombones muy selectos. Reid Chocolates está considerando dos layouts de cocina para su departamento de elaboración de recetas y pruebas. La estrategia es la de proporcionar el mejor layout posible para la cocina para que los “científicos de la alimentación” puedan dedicar su tiempo y energías a la mejora del producto, y no lo desperdicien en la cocina. Se le ha pedido que evalúe estos dos layout de cocina y que prepare una recomendación para su jefe, el señor Reid, para que de esta forma pueda proceder a la concesión del contrato de construcción de las cocinas (véase la Figura 9.20).

Número de desplazamientos entre centros de trabajo:

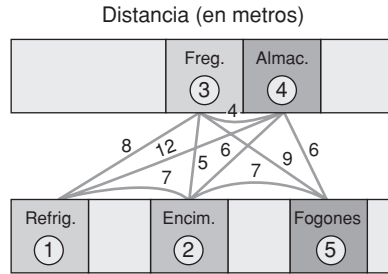
A: De:		A:				
		Nevera	Encimera	Fregadero	Despensa	Fogones
		1	2	3	4	5
Nevera	1	0	8	13	0	0
Encimera	2	5	0	3	3	8
Fregadero	3	3	12	0	4	0
Despensa	4	3	0	0	0	5
Fogones	5	0	8	4	10	0

(a)

Organización de cocina n.º 1



Organización de cocina n.º 2

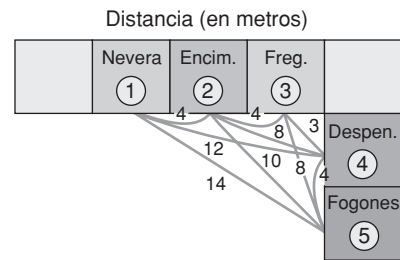


(b)

FIGURA 9.20 ■ Opciones de layout

• P 9.5. Reid Chocolates (véase el Problema 9.4) está considerando un tercer layout, que se muestra al margen. Evalúe su eficacia en cuanto a la distancia en desplazamientos.

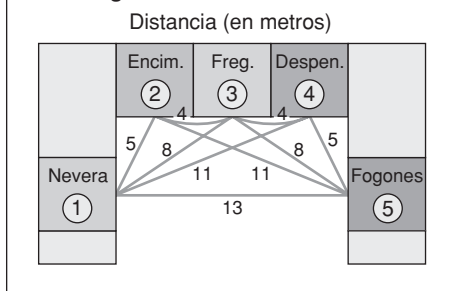
Organización de cocina n.º 3



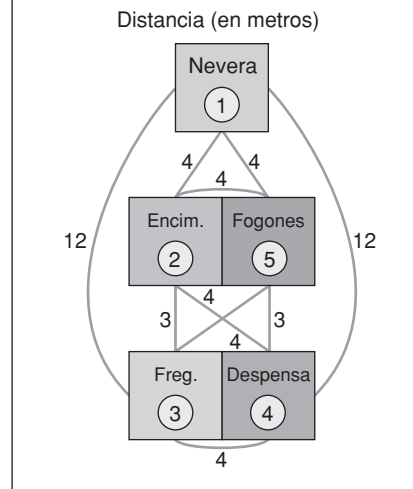
• P 9.6. Reid Chocolates (véanse los Problemas 9.4 y 9.5) tiene dos modelos de layout más en consideración.

- a) El layout n.º 4 se muestra más abajo. ¿Cuál es la distancia total de desplazamientos?
- b) ¿Qué distancia total de desplazamientos tiene el layout n.º 5, mostrada también más abajo?

Organización de cocina n.º 4



Organización de cocina n.º 5



- : P 9.7.** The Temple Toy Company ha decidido fabricar un nuevo tractor de juguete, cuya producción se ha dividido en seis pasos. La demanda del juguete será de 4.800 unidades por semana de trabajo de 40 horas:

Tarea	Tiempo de realización (segundos)	Predecesoras
A	20	Ninguna
B	30	A
C	15	A
D	15	A
E	10	B, C
F	30	D, E

- a) Dibuje un diagrama de precedencias para esta operación.
 b) Dada la demanda existente, ¿cuál es el tiempo ciclo para esta operación?
 c) ¿Cuál es número mínimo *teórico* de estaciones de trabajo?
 d) Asigne las tareas a las estaciones de trabajo.
 e) ¿Cuánto tiempo de inactividad hay en cada ciclo?
 f) ¿Cuál es la eficiencia global de la línea de montaje con 4 estaciones; con 5 estaciones; con 6 estaciones?
- : P 9.8.** La empresa South Carolina Furniture, Inc., fabrica todo tipo de mobiliario de oficina. La Executive Secretary es una silla diseñada ergonómicamente para proporcionar comodidad durante largas horas de trabajo. La silla se vende por 130 dólares. Se dispone de 480 minutos de trabajo durante el día, y la demanda media diaria viene siendo de 50 sillas. Hay ocho tareas.

Tarea	Tiempo de realización (minutos)	La tarea debe seguir a
A	4	—
B	7	—
C	6	A, B
D	5	C
E	6	D
F	7	E
G	8	E
H	6	F, G

- a) Dibuje un diagrama de precedencias para esta operación.
 b) ¿Cuál es el tiempo ciclo de esta operación?
 c) ¿Cuál es el número mínimo *teórico* de estaciones de trabajo?
 d) Asigne las tareas a las estaciones de trabajo.
 e) ¿Cuánto tiempo total de inactividad hay cada día?
 f) ¿Cuál es la eficiencia total de la línea de montaje?
- : P 9.9.** En la siguiente tabla se muestran las tareas necesarias para fabricar una aspiradora industrial totalmente portátil, en T. Liscio Industries, de Dallas. Los tiempos dados en la tabla

están en minutos. Las previsiones de la demanda indican que hay que operar con un tiempo ciclo de 10 minutos.

Actividad	Descripción de la actividad	Predecesoras inmediatas	Tiempo
A	Poner ruedas en la cuba	—	5
B	Sujetar motor a la tapa	—	1,5
C	Incorporar batería	B	3
D	Instalar corte de seguridad	C	4
E	Instalar filtros	B	3
F	Incorporar tapa a cuba	A, E	2
G	Ensamblar componentes	—	3
H	Prueba de funcionalidad	D, F, G	3,5
I	Inspección final	H	2
J	Embalaje	I	2

- a) Dibuje la red correspondiente a esta línea de fabricación.
- b) ¿Qué tareas se asignan a cada estación de trabajo, y cuánto tiempo muerto o de inactividad hay en cada ciclo?
- c) Analice cómo se puede mejorar este equilibrado hasta un cien por cien.
- d) ¿Cuál es el número mínimo *teórico* de estaciones de trabajo?

: P 9.10. Tailwind, Inc. produce zapatillas para corredores, de alta calidad pero caras. La zapatilla Tailwind, que se vende por 110 dólares, tiene compartimentos de gas y de líquido para conseguir una mayor estabilidad y mejor protección contra daños en los pies, rodillas y espalda. La fabricación de estas zapatillas requiere 10 tareas distintas. Hay 400 minutos disponibles para fabricar las zapatillas en la fábrica cada día. La demanda diaria es de 60 unidades. La información de las tareas es la siguiente:

Tarea	Tiempo de realización (minutos)	Sigue a la tarea
A	1	—
B	3	A
C	4	B
D	4	B
E	1	C, D
F	3	A
G	2	F
H	5	G
I	1	E, H
J	3	I

- a) Dibuje el diagrama de precedencias.
- b) Asigne tareas al mínimo número posible de estaciones de trabajo de acuerdo con la regla de decisión de los “pesos posicionales”.
- c) ¿Cuál es la eficiencia del proceso?
- d) ¿Cuál es el tiempo muerto por ciclo?

- : P 9.11.** El *Mach 10* es un velero unipersonal diseñado para navegar en el mar. Fabricado por Creative Leisure, el *Mach 10* puede hacer frente a vientos de 65 km/h y a olas de más de 3 metros. La planta de montaje final está en Cupertino, California. En estos momentos se dispone de 200 minutos al día para fabricar el *Mach 10*. La demanda diaria es de 60 barcos. Dada la información que sigue,
- Dibuje el diagrama de precedencias y asigne tareas al menor número de estaciones de trabajo posible.
 - ¿Cuál es la eficiencia de la línea de montaje?
 - ¿Cuál es el número mínimo *teórico* de estaciones de trabajo?
 - ¿Cuál es el tiempo muerto por ciclo?

Tarea	Tiempo de realización (minutos)	Sigue a la tarea
A	1	—
B	1	A
C	2	A
D	1	C
E	3	C
F	1	C
G	1	D, E, F
H	2	B
I	1	G, H

- : P 9.12.** Debido a la alta demanda prevista del *Mach 10*, Creative Leisure ha decidido aumentar el tiempo de fabricación disponible para producir el *Mach 10* (véase el Problema 9.11). Si la demanda permaneciese igual y se dispusiera de 300 minutos diarios, ¿cuántas estaciones de trabajo se necesitarían? ¿Cuál sería la eficiencia del sistema? ¿Cuál sería el impacto en el sistema si se dispusiera de 400 minutos?
- : P 9.13.** Si se dispusiera únicamente de 375 minutos al día (después de suplementos por fatiga personal y retrasos), ¿cuál es el mayor número de veleros *Mach 10* que Creative Leisure (véase el Problema 9.11) podría producir en un día?
- : P 9.14.** Nearbeer Products, Inc. fabrica cerveza sin alcohol. Con los cambios demográficos y de la legislación sobre bebidas alcohólicas, se ha apreciado un creciente interés hacia Nearbeer Lite. Esta cerveza tiene menos calorías que la cerveza habitual, llena menos y tiene muy buen sabor. La operación final de empaquetado de Nearbeer Lite requiere 13 tareas. Nearbeer embotella Nearbeer Lite durante cinco horas al día, cinco días a la semana. La demanda semanal es de 3.000 botellas de Nearbeer Lite.
- Dada la siguiente información, dibuje el diagrama de precedencias.
 - Asigne las tareas al menor número posible de estaciones de trabajo según la regla de decisión del “mayor tiempo restante o de los pesos posicionales”.
 - ¿Cuál es la eficiencia del proceso?
 - ¿Cuál es el tiempo muerto o de inactividad?

e) ¿Cuál es el número mínimo *teórico* de estaciones de trabajo?

Datos para el Problema 9.14

Tarea	Tiempo de realización (minutos)	Sigue a la tarea
A	0,1	—
B	0,1	A
C	0,1	B
D	0,2	B
E	0,1	B
F	0,2	C, D, E
G	0,1	A
H	0,1	G
I	0,2	I
J	0,2	F
K	0,2	F
L	0,2	J, K
M	0,1	L

9.15. Tras un extenso análisis del producto utilizando tecnología de grupo, Bob Buerlein ha identificado un producto que cree que hay que sacar de su instalación orientada al proceso y debe realizarse en una célula de trabajo. Bob ha identificado las siguientes operaciones como necesarias para la célula de trabajo. El cliente espera que se le entreguen 250 unidades al día, y la jornada laboral tiene 420 minutos.

- a) ¿Cuál es el tiempo takt o ciclo?
- b) ¿Cuántos empleados deben recibir formación multidisciplinar para la célula?
- c) ¿Qué operaciones deben recibir una consideración especial?

Operación	Tiempo estándar (minutos)
Cortar	1,1
Doblar	1,1
Soldar	1,7
Pulir	3,1
Pintar	1,0

9.16. Suponga que aumentan las necesidades de producción del Problema resuelto 9.2, y que es necesario reducir el tiempo ciclo de ocho a siete minutos. Equilibre de nuevo la línea utilizando el nuevo tiempo ciclo. Observe que no es posible combinar los tiempos de las tareas, ni tampoco agrupar tareas en el número mínimo de estaciones de trabajo. Esta situación se produce en los problemas reales de equilibrado de líneas con bastante frecuencia.

9.17. La doctora Lori Baker, directora de operaciones de Nesa Electronics, se enorgullece de su excelente equilibrado de líneas. Se le ha dicho que la empresa tiene que hacer 96 instrumentos por jornada de 24 horas. Las actividades de la línea de montaje son las siguientes:

Tarea	Tiempo de realización (minutos)	Predecesoras
A	3	Ninguna
B	6	Ninguna
C	7	A
D	5	A, B
E	2	B
F	4	C
G	5	F
H	7	D, E
I	1	H
J	6	E
K	<u>6</u>	G, I, J
	50	

- Dibuje el diagrama de precedencias.
- Si la tasa de producción diaria (24 horas) es de 96 unidades, ¿cuál es el mayor tiempo ciclo posible?
- Si el tiempo ciclo tras suplementos es de 10 minutos, ¿cuál es la tasa de producción diaria (24 horas)?
- Con un tiempo ciclo de 10 minutos, ¿cuál es el número mínimo teórico de estaciones de trabajo con que se puede equilibrar la línea?
- Con un tiempo ciclo de 10 minutos y seis estaciones de trabajo, ¿cuál es la eficiencia?
- ¿Cuál es el tiempo total de inactividad por ciclo con un tiempo ciclo de 10 minutos y seis estaciones de trabajo?
- ¿Cuál es la mejor asignación de estaciones de trabajo que puede hacer sin superar el tiempo ciclo de 10 minutos, y cuál es su eficiencia?

: P 9.18. Con los siguientes datos, que describen un problema de equilibrado de líneas en la empresa de Kate Moore, desarrolle una solución que permita un tiempo ciclo de tres minutos.

- ¿Cuál es la eficiencia de la línea?
- ¿Cuántas unidades se pueden fabricar en un día de 480 minutos?
- ¿Cuál es el tiempo muerto total por día?
- ¿Cuál es el número mínimo *teórico* de estaciones de trabajo?

Tarea	Tiempo de realización (minutos)	Elemento predecesor
A	1	—
B	1	A
C	2	B
D	1	B
E	3	C, D
F	1	A
G	1	F
H	2	G
I	1	E, H

- 9.19. El examen médico para ingresar en el ejército de Estados Unidos consta de las siete actividades siguientes:

Actividad	Tiempo medio (minutos)
Historial médico	10
Análisis de sangre	8
Reconocimiento oftalmológico	5
Medidas (peso, altura, presión sanguínea)	7
Reconocimiento médico	16
Entrevista psicológica	12
Evaluación médica final	10

Estas actividades pueden realizarse en cualquier orden, salvo dos excepciones: el historial médico debe realizarse primero y la evaluación médica final en último lugar. En la actualidad, en cada turno hay en servicio tres ayudantes médicos y dos médicos. Sólo los médicos pueden efectuar la evaluación médica final y realizar la entrevista psicológica. Las otras actividades pueden realizarlas tanto los médicos como los ayudantes.

- a) Desarrolle un layout y equilibre la línea.
- b) ¿A cuántas personas se puede atender por hora?
- c) ¿Qué actividad produce el cuello de botella actual?
- d) ¿Cuál es el tiempo muerto total por ciclo?
- e) Si se pudiera añadir un médico y un ayudante más de servicio, ¿cómo rediseñaría el layout? ¿Cuál es la nueva “producción”?

- 9.20. Al culminar los planes de su nueva línea de montaje, Cottrell Bicycle Co. de St. Louis ha identificado 25 tareas distintas en su proceso de producción. Jonathan Cottrell, vicepresidente de operaciones, tiene ahora ante sí la tarea de equilibrar la línea. Enumera las precedencias y determina estimaciones de tiempos de cada tarea mediante las técnicas de muestreo de trabajo. Su objetivo es fabricar 1.000 bicicletas por semana laboral estándar de 40 horas.

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

- a) Equilibre esta operación utilizando las diferentes heurísticas. ¿Cuál es la mejor y por qué?
- b) ¿Qué ocurre si la empresa puede pasar a una semana de 41 horas?



PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

Visite nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para estos problema adicionales: 9.21 a 9.24.

■ *Caso de estudio* ■

Renovación de los permisos de conducir

Henry Coupe, director de la oficina de renovación de permisos de conducir, intentó realizar un análisis de las operaciones de renovación de los permisos. El proceso estaba compuesto de varios pasos. Después de examinar el proceso, identificó los pasos y tiempos asociados necesarios para realizarlos, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tiempos del proceso de renovación del permiso de conducir

Paso	Tiempo medio de ejecución (segundos)
1. Revisión de la documentación de la solicitud de renovación	15
2. Proceso y registro del pago	30
3. Comprobación de archivos en busca de infracciones y restricciones	60
4. Realización del examen de visión	40
5. Fotografiar al solicitante	20
6. Expedición de un permiso provisional	30

Coupe observó que cada paso estaba asignado a una persona diferente. Cada solicitud era un proceso separado en la secuencia mostrada anteriormente. Coupe estableció que la oficina debería estar preparada para ser capaz de procesar una demanda máxima de 120 solicitudes de renovación de permiso por hora.

Observó que el trabajo estaba desigualmente repartido entre los empleados, y que el empleado que era responsable de comprobar las infracciones tendía a acortar su tarea para seguir el ritmo de los otros empleados. Se formaban grandes colas en los periodos de máxima demanda.

Coupe también descubrió que los pasos 1 a 4 los realizaban generalmente empleados a los que se paga-

ba 12 dólares por hora. El paso 5 lo realizaba un fotógrafo, al que se le pagaba 16 dólares por hora (las oficinas tenían que pagar 10 dólares por hora por cada cámara de fotos). Para el paso 6, la expedición de un permiso temporal, la policía del estado estableció que esta tarea debía realizarla un agente de tráfico uniformado. A los oficiales se les pagaba 18 dólares por hora, pero se les podía asignar cualquier otra tarea excepto la fotografía.

Una revisión de los trabajos indicaba que el paso 1 (revisión de la documentación de la solicitud) tenía que realizarse antes de cualquier otra tarea. De forma similar, el paso 6 (emisión del permiso provisional) no podía realizarse hasta que se hubiera finalizado el resto de los trabajos.

Henry Coupe estaba bajo fuerte presión para conseguir un aumento de la productividad y una reducción de costes, pero también fue advertido por el director regional de tráfico de que tenía que adaptarse a la demanda de renovaciones. De otro modo, “rodarían cabezas”.

Preguntas para el debate

1. ¿Cuál es el número máximo de solicitudes por hora que pueden atenderse con la configuración actual?
2. ¿Cuántas solicitudes pueden atenderse por hora si se añade un segundo empleado para la comprobación de infracciones?
3. Suponiendo que se incorporara un nuevo empleado, ¿cuál sería el número máximo de solicitudes que podría atender el proceso?
1. ¿Qué modificación sugeriría para adaptar el proceso a una demanda de 120 solicitudes por hora?

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



Caso de estudio en vídeo

Definiendo el layout del nuevo edificio del hospital Arnold Palmer

Cuando el hospital Arnold Palmer de Orlando empezó a planificar la creación de un nuevo hospital de 11 pisos y 273 camas al otro lado de la calle donde se encuentra el actual edificio existente, que estaba desbordado en su capacidad, se puso en marcha un enorme proceso de planificación. El edificio, de un coste de 100 millones de dólares, inaugurado en 2006, hacía falta desde hacía mucho tiempo, según la directora ejecutiva Kathy Swanson. “Abrimos el hospital Arnold Palmer en 1989, con la misión de ofrecer servicios hospitalarios de calidad para mujeres y niños en un entorno agradable y cómodo para las familias. Desde entonces hemos atendido a más de un millón y medio de mujeres y niños, y hemos asistido 10.000 partos al año. En 2001 nos quedamos, sencillamente, sin espacio, y había llegado el momento de crecer”.

El especial nuevo diseño circular centralizado del hospital ofrece un layout de la máxima eficiencia en todas las áreas del hospital, creando un entorno centrado en el paciente. Las características del diseño del *entorno del servicio* incluyen un entorno sereno creado mediante el recurso a colores cálidos, habitaciones privadas con camas plegables para los familiares, techos

de cuatro metros y medio e iluminación natural con ventanas extragrandes en las habitaciones de los pacientes. Pero estas innovadoras nuevas características no se obtuvieron fácilmente. “Este concepto circular centralizado con un área de enfermería central y habitaciones en forma de porciones de pastel se consiguió tras más de 1.000 reuniones de planificación de 35 grupos de usuarios, importantes estudios de tiempos y movimientos, y simulaciones informáticas de los movimientos diarios de las enfermeras”, comenta Swanson.

En el tradicional layout lineal de un hospital, denominado diseño de *pista de carreras*, las habitaciones de los pacientes están dispuestas en hilera a lo largo de largos pasillos, y una enfermera puede llegar a recorrer más de cuatro kilómetros diarios atendiendo las necesidades de los pacientes en el hospital Arnold Palmer. “Algunas enfermeras pasan el 30% de su tiempo simplemente andando. Con la escasez de enfermeras y el elevado coste de los profesionales de la atención sanitaria, la eficiencia es una importante preocupación para los hospitales”, añadió Swanson. Con la sala de enfermeras en el centro de un círculo con 10 habitaciones, no hay ninguna habitación que esté a más de 4,3 metros de la sala. Los ahorros de tiempo están en torno al 20%. Swanson señaló las Figuras 9.21 y 9.22 como ejemplos de las antiguas y

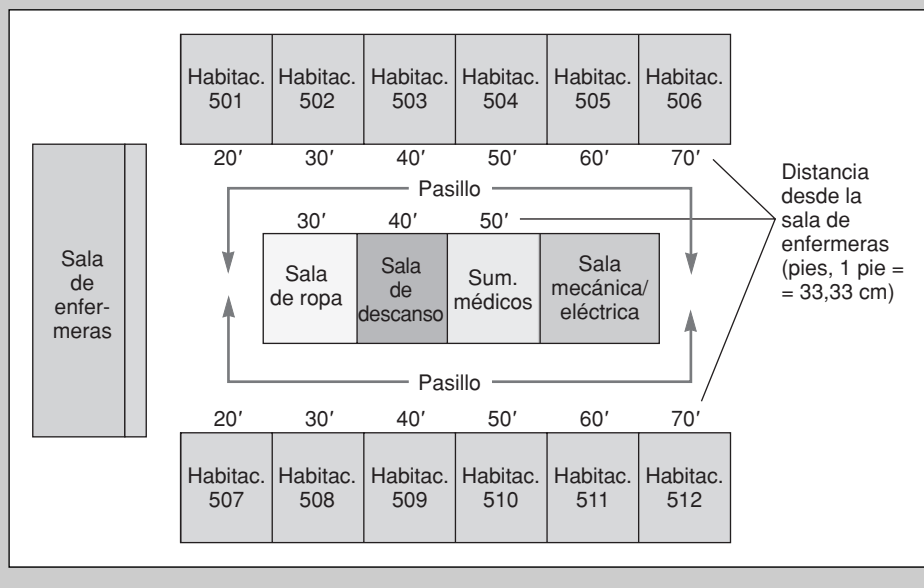


FIGURA 9.21 ■
Layout tradicional de un hospital

Las habitaciones de los pacientes se encuentran a lo largo de dos pasillos rectos con ventanas al exterior. Los suministros de todo tipo, se encuentran en el centro del pasillo. Este layout se denomina "pista de carreras".

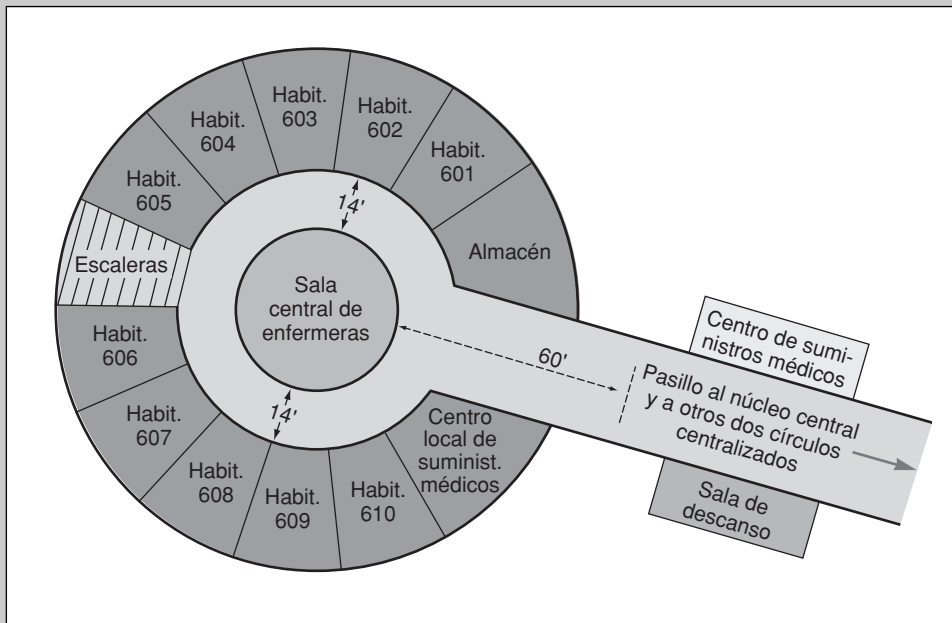


FIGURA 9.22 ■
Nuevo diseño circular centralizado para el layout del hospital

las nuevas distancias. También hizo referencia a la fotografía presentada anteriormente en este capítulo en el epígrafe referente al layout orientado al proceso.

“También hemos rediseñado por completo las salas neonatales”, comenta Swanson. “En el viejo sistema, había 16 cunas neonatal en una gran habitación rectangular, que solía ser muy ruidosa. En el nuevo edificio tenemos habitaciones semiprivadas para estos pequeños bebés. Las habitaciones han mejorado mucho con más intimidad y un entorno silencioso, con una atmósfera de noche simulada, además de tener camas plegables para los padres. Nuestros estudios demuestran que los bebés mejoran y se desarrollan mucho más deprisa con este nuevo diseño. ¿No hay duda de que el layout y el entorno afectan al cuidado del paciente!”

Preguntas para el debate*

1. Identifique las muchas variables que tiene que tener en cuenta un hospital al diseñar su layout.
2. ¿Qué ventajas presenta el diseño circular centralizado respecto al tradicional layout lineal a lo largo de un pasillo existente en la mayoría de los hospitales?
3. La Figura 9.21 ilustra un ejemplo de layout lineal a lo largo de un pasillo. Un conjunto de observaciones aleatorias efectuadas durante un periodo determinado, concluyeron que el día del enfermero Thomas Smith incluye 6 viajes desde la sala de enfermeras a la habitación de cada paciente (ida y vuelta), 20 a la sala de suministros médicos, 5 a la sala de descanso, y 12 a la sala de ropa. ¿Cuál es la distancia total recorrida?
4. La Figura 9.22 ilustra el nuevo sistema circular centralizado del hospital Arnold Palmer, que incluye un área de almacenamiento de ropa para cada habitación fuera de la misma. Si el día de la enfermera Susan Jones incluye 7 viajes desde la sala central de enfermeras a cada habitación (ida y vuelta), 20 a la sala central de suministros médicos, 6 a la sala de descanso, y 12 al centro local de suministros médicos, ¿qué distancia total recorre en su turno? ¿Qué diferencia hay entre las distan-

cias recorridas por las dos enfermeras para su día aleatorio?

5. El concepto de *entorno del servicio* ha sido analizado en este capítulo. Describa por qué es tan importante en el hospital Arnold Palmer y dé

ejemplos de cómo se utiliza en el diseño de el layout.

* Puede que quiera ver este caso en vídeo en su CD-ROM antes de responder a las preguntas.



Caso de estudio en vídeo

Layout de instalaciones en Wheeled Coach

Cuando el Presidente Bob Collins empezó su carrera en Wheeled Coach, el mayor fabricante mundial de ambulancias, la empresa sólo tenía unos pocos empleados. Ahora, la planta de la empresa en Florida tiene una plantilla de 350 trabajadores. La planta desde un punto de vista físico también se ha ampliado, con oficinas departamento de I+D, área de montaje final, y células de trabajo para la instalación del cableado, la instalación de armarios, y la colocación de la tapicería están en un gran edificio. Debido a este crecimiento, la célula de trabajo de pintura ocupa ahora un segundo edificio, las secciones de fabricación de componentes de aluminio e instalación de carrocerías en un tercero, la inspección y envíos un cuarto edificio, y el almacén en otro más.

Como muchas empresas en crecimiento, Wheeled Coach no podía diseñar sus instalaciones partiendo de cero. Y aunque la dirección se da cuenta de que los costes de manipulación de material son un poco más altos de lo que serían en un layout ideal, Collins está satisfecho con la evolución de las instalaciones y con la adaptación de los trabajadores. La célula de trabajo de corte de aluminio se encuentra junto a la de fabricación de carrocerías que, a su vez, está junto a la célula de trabajo de montaje de carrocerías. Y aunque cada vehículo debe llevarse a un edificio del otro lado de la calle para pintarlo, y después a otro para el montaje final, por lo menos la ambulancia va sobre ruedas. Collins también está satisfecho con la flexibilidad mostrada en el diseño de las células de trabajo. La construcción de las células de trabajo es muy modular, y

puede acomodarse a cambios en la variedad y volumen de los productos. Además, las células de trabajo son habitualmente pequeñas y móviles, con muchos bancos de trabajo y andamiajes con estantes sobre ruedas y por lo tanto móviles, de forma que se pueden reorganizar fácilmente, y los productos pueden transportarse a la línea de montaje.

El equilibrado de la línea de montaje es un problema clave al que se enfrenta Wheeled Coach, como cualquier otra industria de proceso repetitivo. Producida en un programa que requiere 4 días de 10 horas de trabajo por semana, una vez que una ambulancia se encuentra en una de las seis líneas de montaje final, tiene que pasar cada día a la estación de trabajo siguiente. El preciso equilibrio de trabajadores y tareas en cada una de las siete estaciones de trabajo es un reto sin fin. Si hay demasiados trabajadores, terminan topándose unos con otros y, si no hay suficientes, no pueden terminar una ambulancia en 7 días. Los constantes cambios en el diseño y en las combinaciones de productos a producir y los análisis de mejoras provocan cambios frecuentes.

Preguntas para el debate*

1. ¿Qué técnicas analíticas existen para ayudar a una empresa como Wheeled Coach a resolver sus problemas de layout?
2. ¿Qué le sugeriría a Bob Collins respecto a su layout?
3. ¿Cómo mediría la “eficiencia” de este layout?

* Puede que quiera ver este caso en vídeo en su CD-ROM antes de responder a las preguntas.

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestra página personal www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Instituto de medicina deportiva de Palm Beach.** Este caso trata todos los aspectos de diseño del layout del espacio libre en un gimnasio.
- **Distribuidora W&G Beer.** Este caso se ocupa del layout de un almacén que distribuye cerveza.
- **Microfix, Inc.** Esta empresa necesita equilibrar su línea de montaje de ordenadores personales y hacer un análisis de sensibilidad de las estimaciones de tiempo.
- **Des Moines National Bank.** Este edificio acabado recientemente tiene que distribuir sus departamentos para optimizar la eficiencia.
- **Collier Technical College.** Este instituto tiene que decidir cuál de dos edificios cumple sus necesidades de ampliación.

Harvard ha seleccionado estos casos de la Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Toshiba; Ome Works (#696-059):** Trata del diseño de una línea de montaje de ordenadores portátiles eficiente en la fábrica de Ome en Japón.
- **Mouwad Bangkok Rare Jewels Manufacturers Co. Ltd. (A) (#696-056):** Esta pequeña fábrica tailandesa se enfrenta a un complejo proceso de control de la producción.
- **Copeland Corp. (B) (#686-089):** Hay que elegir el layout de una planta entre dos alternativas posibles para este fabricante de Sydney, Australia.



BIBLIOGRAFÍA

- Azzam, Amy M., "Ready, Set, Flow", *APICS-The Performance Advantage* (junio 2001): pp. 33-38.
- Dekker, R., *et al.*, "Improving Order-Picking Response Time at Ankor's Warehouse", *Interfaces* 34, n.º 4 (julio-agosto 2004): pp. 303-313.
- Doerr, Kenneth H., *et al.*, "Heterogeneity and Variability in the Context of Flow Lines", *Academy of Management Review* 27, n.º 4 (2002): pp. 594-607.
- Francis, R. L.; L. F. McGinnis, y J. A. White, *Facility Layout and Location*, 3.ª ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998.
- Heragu, Sunderesh, *Facilities Design*. Boston, MA: PWS Publishing Company, 1997.
- Houshyar, A., y B. White, "Comparison of Solution Procedures to the Facility Location Problem", *Computers & Industrial Engineering* 32, n.º 1 (enero 1997): pp. 77-87.
- Hyer, N. L., y K. H. Brown, "The Discipline of Real Cells", *Journal of Operations Management* 17, n.º 5 (agosto 1999): pp. 557-574.
- Kee, Micah R., "The Well-Ordered Warehouse", *APICS: The Performance Advantage* (marzo 2003): pp. 20-24.
- Kulwiec, Ray, "Crossdocking as a Supply Chain Strategy", *Target* 20, n.º 3 (third issue 2004): pp. 28-35.
- Owen, Robin, "Modeling Future Factories", *IIE Solutions* (agosto 2001): pp. 24-35.
- Upton, David, "What Really Makes Factories Flexible", *Harvard Business Review* 73, n.º 4 (julio-agosto 1995): pp. 74-84.
- Zeng, Amy Z.; Michael Mahan, y Nicholas Fleut, "Designing an Efficient Warehouse Layout to Facilitate the Order-Filling Process: An Industrial Distributor's Experience", *Production and Inventory Management Journal* 43, n.º 3-4 (tercer/cuarto trimestre 2002): pp. 83-88.



RECURSOS EN INTERNET

Commercial layout software from Cimtechnologies:

<http://www.cimtech.com>

Factory flow for layout analysis:

<http://www.ugs.com>

Layout: Q

<http://www.rapidmodeling.com>

Proplanner's Flow Path Calculator

<http://www.proplanner.com/product/details/flowpath.aspx>

Various facility designs plans:

<http://www.manufacturing.net/magazine/mmh/>

RECURSOS HUMANOS Y DISEÑO DEL TRABAJO

10

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: SOUTHWEST AIRLINES

ESTRATEGIA DE RECURSOS HUMANOS PARA CONSEGUIR UNA VENTAJA COMPETITIVA

Restricciones en la estrategia de recursos humanos

PLANIFICACIÓN DE LA MANO DE OBRA

Políticas de estabilidad del empleo
Horario laboral
Clasificación y definición de puestos de trabajo

DISEÑO DEL TRABAJO

Especialización del trabajo
Diversificación del trabajo
Componentes psicológicos en el diseño del trabajo
Equipos autodirigidos
Motivación y sistemas de incentivos
Ergonomía y métodos de trabajo

EL LUGAR DE TRABAJO VISUAL

ÉTICA Y EL ENTORNO LABORAL

TIEMPOS ESTÁNDARES DE TRABAJO

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMA RESUELTO

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

DILEMA ÉTICO

PROBLEMAS

PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

CASOS DE ESTUDIO: KARSTADT FRENTE A J. C. PENNEY; LA FLOTA INESTABLE

CASO DE ESTUDIO EN VÍDEO: LA ESTRATEGIA DE RECURSOS HUMANOS DE HARD ROCK

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Cuando haya completado este capítulo, debe ser capaz de:

Identificar o definir:

Diseño del trabajo
Especialización del trabajo
Diversificación del trabajo
Herramienta de análisis de métodos
Ergonomía
Tiempos estándares de trabajo
Andon

Describir o explicar:

Requisitos para un buen diseño del trabajo
El lugar de trabajo visual
Cuestiones éticas en recursos humanos



PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: SOUTHWEST AIRLINES

Los recursos humanos aportan una ventaja competitiva a Southwest Airlines

Herb Kelleher, Presidente de Southwest Airlines, trabaja duro para mantener la cultura de Southwest, incluso repartiendo cacahuetes a los pasajeros durante el vuelo.

Una innovadora estrategia de operaciones ha permitido que Southwest Airlines pase de ser una compañía aérea local de Texas en la década de los setenta a ser la cuarta compañía aérea más grande de Estados Unidos.

Southwest sistemáticamente es la primera compañía aérea en las encuestas sobre viajes y en las clasificaciones de las empresas más admiradas, y tiene la menor tasa de interposición de quejas en el Departamento de Transporte del gobierno estadounidense.

El tiempo es oro para el personal de carga de Southwest Airlines. Hay que descargar y cargar los equipajes en 20 minutos. Pero en Southwest se consigue mediante el trabajo en equipo, y se convierte en el estándar para el resto de la industria aérea.

Las personas retraídas tienen que pensárselo dos veces antes de entrar a trabajar en Southwest Airlines. Southwest quiere contratar a personas con entusiasmo y sentido del humor.

Desde sus comienzos como compañía aérea de Texas, cuando sólo operaba entre San Antonio, Dallas y Houston, Southwest Airlines ha desafiado a los gigantes y ha vencido. Continuamente, durante más de 30 años, a pesar de ser una pequeña empresa que ha tenido que luchar tanto contra los gigantes establecidos como en numerosas batallas legales, Southwest ha sido rentable. Ha sido rentable mientras se creaban otras empresas que después desaparecían. Ha sido rentable en los años en los que United, Northwest, Delta y USAir perdieron miles de millones de dólares.

¿Cuál es la estrategia fundamental de esta compañía aérea con ventaja de bajo coste? La respuesta es recursos humanos. Herb Kelleher, el inconformista presidente y antiguo consejero delegado de Southwest, comenta: "He intentado crear una cultura de preocuparse por las personas en todos los aspectos de su vida, no sólo en el trabajo. No hay una fórmula mágica. Es como construir un mosaico gigante que necesita miles de pequeñas piezas. Los intangibles son más importantes que los tangibles. Cualquiera puede ir y comprar aviones Boeing y vender billetes, pero no pueden comprar nuestra cultura, nuestro *sprit de corps* (espíritu de grupo)".

Southwest gasta más en reclutar y formar que ninguna otra compañía aérea. Los empleados también cobran más que la media de la industria, y muchos reciben opciones sobre acciones. Estas políticas pueden representar un elevado coste inicial, pero Southwest considera que son eficaces a largo plazo. Sin embargo, eso es tan sólo una parte de la estrategia de recursos humanos de Southwest. El presidente del Consejo, Colleen C. Barrett, está permanentemente insistiendo en el mensaje de la empresa, que afirma que se debe tratar a los empleados igual que a los clientes, y hacer lo que es bueno para el cliente. De hecho, antes de que la "potenciación de los empleados" se convirtiera en la última moda en dirección empresarial, Southwest ya la practicaba. Southwest libera a los empleados de políticas centralizadas y les enseña a responsabilizarse para dar un buen servicio. La idea es que si los empleados experimentan en ellos mismos lo que es un buen trato, harán a su vez lo correcto.

Por ejemplo, para mantener una utilización máxima de los aviones y un elevado rendimiento de los activos, Southwest consigue que el tiempo que transcurre entre la llegada y la salida de sus aviones en la puerta de embarque, represente la mitad del tiempo medio de la industria (20 minutos frente a 45 minutos). Y, por supuesto, gente de todas las industrias viene a ver cómo lo consigue Southwest. Pero, como comenta Kelleher: "Intentan buscar artilugios o equipamientos especiales. Y la realidad es sólo un grupo de personas desviviéndose por el trabajo, que se dan cuenta de que lo más importante siguen siendo las personas. El cómo las trates determinará cómo ellas tratarán a los clientes. Tenemos constantemente gente por toda la empresa desempeñando el trabajo de otras personas, pero no por una política de rotación de personal. Simplemente queremos que todo el mundo comprenda cuáles son los problemas del trabajo de los demás".

En el mundo existen diversas culturas de trabajo, de las que Southwest Airlines es tan sólo un ejemplo. ¿Cómo se forjan estas culturas y cuáles son los aspectos de recursos humanos para el director de operaciones? En este capítulo vamos a analizar una serie de temas de recursos humanos, ya que las organizaciones no pueden funcionar sin personas. Además, no funcionan bien sin personal competente y motivado. La estrategia de recursos humanos del director de operaciones condiciona los conocimientos y habilidades disponibles para realizar las actividades de operaciones.

Como han demostrado muchas organizaciones, desde Hard Rock Café hasta Lincoln Electric pasando por Southwest Airlines, se puede conseguir una ventaja competitiva gracias a la estrategia de recursos humanos. Las buenas estrategias de recursos humanos son caras, difíciles de implementar, y difíciles de mantener. Sin embargo, la recompensa potencial es sustancial, ¡porque es muy difícil copiarlas! Así que una ventaja competitiva en este campo es especialmente beneficiosa. Por ello, ahora vamos a analizar las opciones que tiene el director de operaciones sobre recursos humanos.

ESTRATEGIA DE RECURSOS HUMANOS PARA CONSEGUIR UNA VENTAJA COMPETITIVA

El *objetivo de la estrategia de recursos humanos* es gestionar la mano de obra y diseñar los trabajos, de forma que *se utilice eficaz y eficientemente* a las personas. Cuando nos centramos en la estrategia de recursos humanos tenemos que asegurarnos de que las personas:

1. Se utilizan eficientemente teniendo en cuenta las restricciones de otras decisiones de la dirección de operaciones
2. Tienen una razonable calidad de vida en el trabajo, en un ambiente de compromiso y confianza mutua.

Por razonable *calidad de vida en el trabajo* entendemos un trabajo que no sólo es razonablemente seguro y por el que se paga un salario justo, sino que también satisface un nivel adecuado de necesidades físicas y psicológicas. Un *compromiso mutuo* significa que la dirección y los empleados luchan por alcanzar objetivos comunes. Una *confianza mutua* se refleja en políticas de empleo razonables y documentadas, que se implementan honrada y equitativamente para satisfacción de la dirección y de los empleados¹. Cuando la dirección tiene un auténtico respeto por sus empleados y por su contribución a la empresa no resulta difícil establecer una razonable calidad de vida en el trabajo y confianza mutua.

Este capítulo está dedicado a mostrar cómo la dirección de operaciones puede lograr una estrategia eficaz de recursos humanos que, como hemos sugerido en nuestro perfil de presentación de Southwest Airlines, puede proporcionar una ventaja competitiva.

Restricciones en la estrategia de recursos humanos

Como se muestra en la Figura 10.1, muchas decisiones sobre las personas están condicionadas por otras decisiones. En primer lugar, la gama de productos puede determinar la estacionalidad y la estabilidad del empleo. En segundo lugar, la tecnología, los equipos y los procesos pueden afectar a la seguridad y al contenido del trabajo mismo. En tercer lugar, la decisión de localización puede tener un impacto en el entorno en el que trabajan

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Diseño de bienes y servicios

Gestión de la calidad

Estrategia de proceso

Estrategias de localización

Estrategias de layout

Recursos humanos

Gestión de la cadena de suministros

Gestión del inventario

Programación

Mantenimiento

El objetivo de la estrategia de recursos humanos es gestionar la mano de obra y diseñar trabajos de forma que se utilice de forma eficaz y eficiente a los trabajadores.



Video 10.1

Recursos humanos en Hard Rock Café

¹ Cada vez es más frecuente encontrar empresas que llaman a sus empleados *asociados*, *contribuyentes individuales*, o miembros de un determinado equipo.

“Es posible conseguir una permanente ventaja competitiva dirigiendo adecuadamente a las personas”.
Prof. Jeffrey Pfeffer de la Universidad de Stanford

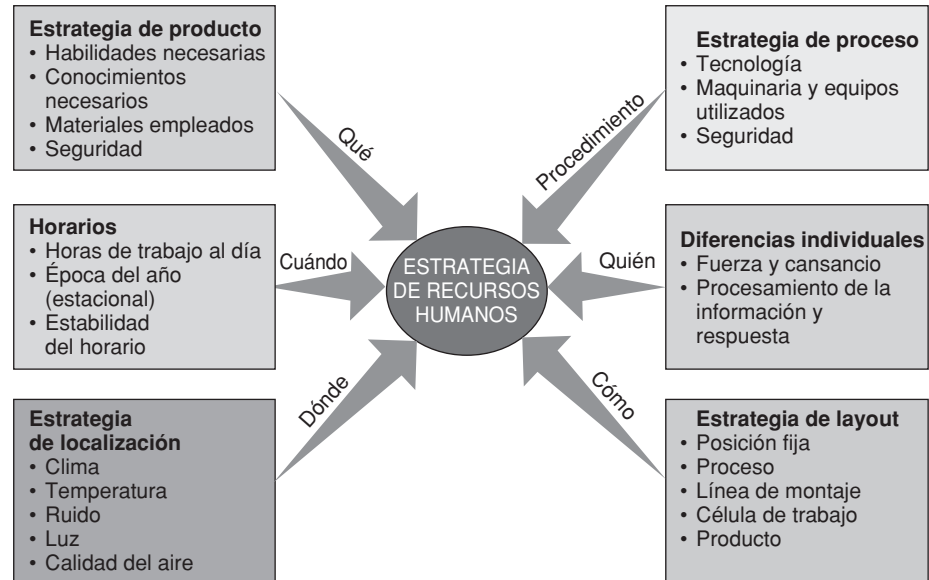


FIGURA 10.1 ■ Restricciones en la estrategia de recursos humanos

los empleados. Por último, las decisiones de layout, tal como la línea de montaje frente a la célula de trabajo, influyen en el contenido del trabajo en sí.

Las decisiones de tecnología imponen importantes restricciones. Por ejemplo, algunos de los trabajos en acerías son sucios, ruidosos y peligrosos; los trabajos en mataderos pueden ser muy estresantes, y exponen a los trabajadores a un olor sumamente desagradable; los trabajos en la línea de montaje son a menudo aburridos y entumescen la mente; y los elevados gastos de capital como los que exige la fabricación de chips semiconductores pueden requerir trabajar durante 24 horas al día, 7 días a la semana, con ropa incómoda que dificulta la movilidad.

No podremos cambiar estos trabajos sin hacer cambios en otras decisiones estratégicas. Por tanto, resulta difícil lograr los equilibrios necesarios para alcanzar una calidad de vida tolerable en el trabajo. Los directivos eficaces analizan estas decisiones de manera simultánea. El resultado: un sistema eficaz y eficiente en el que tanto el rendimiento individual como el del equipo mejoran gracias a un diseño óptimo del trabajo.

Una vez conocidas las restricciones impuestas a la estrategia de recursos humanos, nos centraremos en tres diferentes áreas de decisión de la estrategia de recursos humanos: planificación de la mano de obra, diseño del trabajo y estándares o tiempos de trabajo. El suplemento de este capítulo amplía el estudio de los estándares o tiempos de trabajo y presenta el concepto de medida del trabajo.

PLANIFICACIÓN DE LA MANO DE OBRA

Planificación de la mano de obra

Una forma de definir políticas de personal teniendo en cuenta la estabilidad en el empleo y la programación de la jornada laboral.

La **planificación de la mano de obra** consiste en determinar las políticas de personal que tratan de la estabilidad del empleo (1) y de las jornadas laborales (2).

Políticas de estabilidad del empleo

La estabilidad del empleo se refiere al número de empleados que se mantienen en la organización en un momento dado. Existen dos políticas básicas para gestionar la estabilidad:

1. *Seguir estrictamente a la demanda.* Seguir estrictamente a la demanda mantiene los costes laborales directos ligados a la producción, pero se incurre en otros costes. Entre estos otros costes están (a) los costes de contratación y despido, (b) el seguro de desempleo, y (c) primas en los salarios para que el personal acepte un trabajo poco estable. Esta política tiende a considerar los costes de la mano de obra como variables.
2. *Mantener el empleo constante.* Mantener los niveles de empleo constantes supone tener una fuerza de trabajo formada y mantener los costes de contratación, despido y desempleo al mínimo. Sin embargo, cuando el empleo se mantiene constante, los empleados pueden estar infrautilizados cuando la demanda es baja, y la empresa puede no disponer de los recursos humanos necesarios cuando la demanda es elevada. Esta política tiende a considerar los costes de la mano de obra como costes fijos.

El mantenimiento de una plantilla estable puede permitir a la empresa pagar salarios más bajos que los de una empresa que sigue a la demanda. Estos ahorros pueden proporcionar una ventaja competitiva. Sin embargo, para las empresas con trabajo altamente estacional y/o con poco control sobre la demanda puede ser mejor el tener una mano de obra fluctuante. Por ejemplo, un envasador de salmón en río Columbia sólo puede procesar salmón cuando éste sube río arriba. Sin embargo, la empresa puede encontrar trabajos complementarios para la mano de obra en otros productos u operaciones, como fabricar las latas y las etiquetas, o reparar y conservar las instalaciones.

Las políticas antes mencionadas son únicamente dos de las muchas que pueden ser eficientes y proporcionar una razonable calidad de vida en el trabajo. Las empresas deben definir sus políticas de estabilidad del empleo. Las políticas de empleo están determinadas, en parte, por el punto de vista que tenga la dirección sobre los costes de la mano de obra: como costes fijos o variables.

Horario laboral

Aunque el **horario laboral normal** en Estados Unidos sigue siendo de ocho horas diarias, cinco días a la semana, existen muchas variaciones sobre él. Una conocida variación de uso corriente es la denominada **jornada laboral flexible**. En el horario flexible se permite a los empleados, dentro de unos límites, definir sus propios horarios. Una política de jornada laboral flexible podría permitir al empleado (con una notificación formal) llegar al trabajo dos horas antes o después de las ocho. Esta política permite más autonomía e independencia al empleado. Algunas empresas han encontrado en la jornada laboral flexible incentivo de bajo coste que aumenta la satisfacción en el trabajo. El problema desde el punto de vista de la dirección de operaciones es que muchos trabajos de producción requieren una plantilla completa para conseguir eficiencia en el trabajo. Una máquina que requiere tres empleados no puede funcionar si sólo hay dos. Es mucho más útil tener un camarero que sirva comidas a las 13.30 que a las 11.30.

De forma similar, algunas industrias ven que sus estrategias de procesos limitan gravemente sus opciones de planificación del horario laboral. Por ejemplo, las fábricas de papel, las refinerías de petróleo y las centrales eléctricas deben tener personal trabajando las 24 horas del día, excepto cuando paran por cuestiones de mantenimiento y reparaciones.

Otra opción es la **semana de trabajo flexible**. Ésta suele concretarse en pocos días de trabajo pero con muchas horas, como, por ejemplo, cuatro días de 10 horas, o, como en el caso de las plantas de montajes ligeros, turnos de 12 horas. Los turnos de doce horas normalmente significan trabajar tres días una semana y cuatro días la semana siguiente. Estos

Horario laboral normal

En Estados Unidos, ocho horas diarias cinco días a la semana.

Jornada laboral flexible

Un sistema que permite a los empleados organizarse sus horarios de trabajo dentro de unos límites.

Semana de trabajo flexible

Un horario de trabajo que se aparta de los cinco días de ocho horas habituales (como, por ejemplo, cuatro días de 10 horas).

turnos suelen llamarse *semanas de trabajo comprimidas*. Estos horarios son viables para muchas funciones de operaciones, siempre que se puedan acomodar a ellos los proveedores y los clientes. Las empresas que tienen procesos con tiempos de arranque elevados (por ejemplo, alcanzar en una caldera una temperatura elevada antes de comenzar las operaciones), encuentran las jornadas laborables de mayor duración particularmente atractivas. Las semanas de trabajo comprimidas han sido habituales en el servicio de bomberos y en los servicios de reparaciones de las empresas de servicio público (agua, gas, electricidad...), donde el esfuerzo físico es en promedio modesto, pero tienen que estar cubiertos las 24 horas. Un estudio reciente de Gallup demostró que dos terceras partes de los trabajadores adultos preferían cuatro jornadas de 10 horas frente a la fórmula estándar de cinco días laborables a la semana. Duke Power Co., el condado de Los Ángeles, AT&T, y General Motors son sólo algunas de las organizaciones que tienen semanas de cuatro días.

Trabajo a tiempo parcial

Cuando un empleado trabaja menos de una semana normal; con menos de 32 horas a la semana, a menudo se clasifica a un empleado como a "tiempo parcial".

Otra opción es tener días más cortos en lugar de días más largos. Esto significa, a menudo, tener **empleados a tiempo parcial**. Esta opción es particularmente atractiva en las industrias de servicios, donde se necesitan más empleados para los periodos punta. Los bancos y los restaurantes contratan a menudo personal a tiempo parcial. También muchas empresas disminuyen los costes laborales reduciendo las retribuciones extras al personal a tiempo parcial.

Clasificaciones y definición de puestos de trabajo

Muchas organizaciones tienen estrictas clasificaciones y definiciones de los puestos de trabajo, que especifican quién puede hacer qué, cuándo puede hacerlo, y en qué condiciones lo puede hacer, a menudo como resultado de la presión sindical. Estas clasificaciones y definiciones del trabajo restringen la flexibilidad de los empleados en el trabajo, lo que a su vez reduce la flexibilidad de la función de operaciones. Pero parte de la tarea que debe realizar un director de operaciones es gestionar lo inesperado. Por lo tanto, cuanto más flexibilidad tenga una empresa al planificar el personal y el horario de trabajo, más eficiente *podrá* ser, y más capacidad de respuesta *podrá* tener. Esto es especialmente cierto en las empresas de servicios, donde la capacidad adicional se debe, a menudo, a la disponibilidad de personal extra o flexible. Establecer unos requisitos de asignación de personal éticos y consensuados que conduzcan a unas operaciones eficientes y con capacidad de respuesta es más fácil si los directivos tienen pocas clasificaciones y definiciones de puestos. Si la estrategia es conseguir una ventaja competitiva respondiendo rápidamente al cliente, una plantilla flexible puede ser una condición previa indispensable.

DISEÑO DEL TRABAJO

Diseño del trabajo

Un enfoque que especifica las tareas que constituyen el trabajo de un individuo o de un grupo.

El **diseño del trabajo** especifica las tareas que constituyen el trabajo de un individuo o de un grupo. Examinaremos siete componentes del diseño del trabajo: (1) especialización del trabajo, (2) enriquecimiento del trabajo, (3) componentes psicológicos, (4) equipos auto-dirigidos, (5) sistemas de motivación e incentivos, (6) ergonomía y métodos de trabajo, y (7) puesto de trabajo visual.

Especialización del trabajo

La importancia del diseño del trabajo como variable de gestión se debe al economista del siglo XVIII Adam Smith². Smith sugirió que la división del trabajo, también conocida como

² Adam Smith, *The Wealth of Nations* (Londres, 1776).

especialización de la mano de obra (o **especialización del trabajo**), contribuiría a reducir los costes de la mano de obra de los artesanos con múltiples habilidades. Esto se consigue de diferentes maneras:

1. El *desarrollo de habilidades* y un aprendizaje más rápido por parte de los empleados, como consecuencia de la repetición.
2. *Menor pérdida de tiempo*, debido a que el empleado no cambia de tarea ni de herramientas.
3. *Desarrollo de herramientas especializadas* y reducción de la inversión, debido a que cada empleado necesita sólo unas pocas herramientas para desempeñar una tarea concreta.

El matemático británico del siglo XIX, Charles Babage, determinó que, para la eficiencia del trabajo, sería también importante una cuarta consideración³. Debido a que el salario tiende a presentar una correlación bastante elevada con la habilidad, Babage sugirió *pagar exactamente el salario necesario por la habilidad concreta requerida*. Si todo el trabajo consiste únicamente en una habilidad, deberemos pagar únicamente por ésta. En caso contrario, tenderemos a pagar por la habilidad más alta del empleado. Estas cuatro ventajas de la especialización de la mano de obra siguen siendo válidas en la actualidad.

Un ejemplo clásico de especialización del trabajo es la línea de montaje. Un sistema como éste suele ser muy eficiente, aunque requiera empleados que realicen trabajos repetitivos que entumescen la mente. Sin embargo, el salario para muchos de estos trabajos es muy bueno. Dado que el salario es relativamente alto para las modestas capacidades requeridas en muchos de estos trabajos, existe normalmente un amplio abanico de trabajadores entre los que elegir. Esto no es una consideración menor para el directivo responsable de la contratación. Se estima que del 2 al 3% de la población activa de los países industrializados realiza trabajos altamente especializados y repetitivos en líneas de montaje. La forma tradicional de desarrollar y mantener el compromiso del trabajador en un entorno de especialización laboral ha consistido en una buena selección (eligiendo a la persona adecuada para cada trabajo), buenos salarios y sistemas de incentivos.

Desde el punto de vista del directivo, una de las principales limitaciones de los trabajos especializados es el no emplear todas las capacidades de la persona en el trabajo. La especialización del trabajo tiende a emplear únicamente las habilidades manuales de los empleados. En una sociedad cada vez más sofisticada basada en el conocimiento, los directivos quieren empleados que también aporten su mente.

Diversificación del trabajo

En los últimos años, ha habido un esfuerzo para mejorar la calidad de vida en el trabajo, pasando de un trabajo especializado a un diseño del trabajo más variado. La teoría que está detrás de ello es que la variedad hace que el trabajo sea “mejor”, y el empleado, por tanto, disfruta de una mayor calidad de vida en el trabajo. Esta flexibilidad se traduce en beneficios tanto para el empleado como para la organización.

Se pueden modificar los trabajos de diversas maneras. El primer enfoque es la **ampliación del trabajo**, que se produce cuando a un trabajo le añadimos tareas que requieren habilidades similares a las ya existentes en él. La **rotación de puestos** es una versión de la ampliación del trabajo, que se produce cuando se permite al empleado pasar de un trabajo especializado a otro. Se ha añadido variedad desde la perspectiva de trabajo de los tra-

Especialización de la mano de obra (o especialización del trabajo)

División del trabajo en tareas únicas (especializadas).

Ampliación del trabajo

Agrupación de diferentes tareas del mismo nivel de habilidad; ampliación horizontal.

Rotación de puestos

Sistema en el que un empleado se mueve de un trabajo especializado a otro.

³ Charles Babage, *On the Economy of Machinery and Manufacturers* (Londres: C. Knight, 1832), capítulo 18.

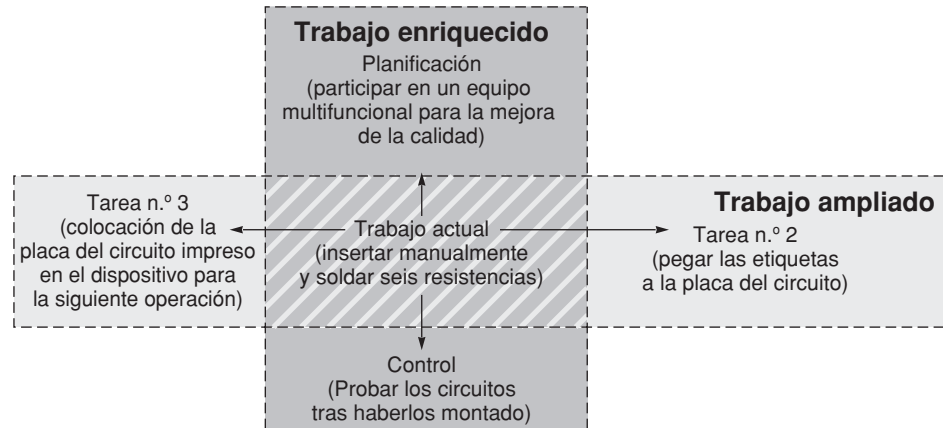


FIGURA 10.2 ■ Un ejemplo de ampliación del trabajo (diversificación horizontal) y de enriquecimiento del trabajo (diversificación vertical)

El trabajo puede ampliarse horizontalmente por la rotación de trabajo entre las tareas 2 y 3, o estas tareas pueden pasar a formar parte del trabajo actual. El enriquecimiento del trabajo, expandiendo el trabajo verticalmente, puede producirse al añadir otros tipos de tareas, como la participación en un equipo de calidad (planificación) y en las tareas de comprobación (control).

Enriquecimiento del trabajo

Una forma de dar más responsabilidad a un empleado, asignándole parte de la planificación y control necesaria para realizar el trabajo.

Potenciación los empleados

Ampliar los trabajos de los empleados, de forma que un extra de responsabilidad y autoridad se lleve hasta el nivel más bajo posible de la organización.

bajadores. Otro enfoque es el **enriquecimiento del trabajo**, que añade aspectos de planificación y control del trabajo. Un ejemplo es que, en unos grandes almacenes, los vendedores sean responsables tanto de efectuar los pedidos de los productos que venden, como de realizar las ventas. El enriquecimiento del trabajo puede considerarse como una *diversificación vertical*, al contrario que la ampliación del trabajo, que es *horizontal*. Estas ideas se muestran en la Figura 10.2.

Una popular extensión del enriquecimiento del trabajo es la denominada **potenciación de los empleados**, consistente en enriquecer los trabajos haciendo que los empleados acepten la responsabilidad de diferentes decisiones normalmente asociadas al personal especialista, delegándoles poder y competencias. La potenciación de los empleados les ayuda a asumir “la propiedad” de sus trabajos, por lo que adquieren un interés personal en mejorar su realización (véase el recuadro sobre *Dirección de producción en acción*, “Potenciación de los empleados en el Ritz-Carlton”).

Componentes psicológicos en el diseño del trabajo

Una estrategia eficaz de recursos humanos también requiere considerar los componentes psicológicos en el diseño del trabajo. Estos componentes se centran en cómo diseñar trabajos que alcancen un mínimo de requisitos psicológicos.

Estudios Hawthorne Los estudios Hawthorne introdujeron la psicología en el lugar de trabajo. Fueron realizados a finales de la década de 1920 en la planta Hawthorne de Western Electric, cerca de Chicago. La publicación de sus conclusiones en 1939⁴ mostró de forma decisiva que existe un sistema social dinámico en el lugar de trabajo. Paradójicamente, estos estudios se iniciaron para determinar el impacto de la iluminación en la pro-

⁴ F. J. Roethlisberger y William J. Dickinson, *Management and the Workers* (Nueva York: John Wiley, 1964; copyright 1939, por President & Fellows del Harvard College).

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

POTENCIACIÓN DE LOS EMPLEADOS EN EL RITZ-CARLTON

El presidente de la cadena de hoteles Ritz-Carlton, recientemente jubilado, solía presentarse a sus empleados diciendo: "Me llamo Horst Schulze. Soy el presidente de esta empresa; soy muy importante. [Pausa]. Pero también lo son ustedes. Sin la más mínima duda. Igual de importantes que yo". Esta actitud puede ser la causa de una tasa de rotación del personal inferior a la mitad de la media del sector, y el motivo por el que el Ritz ha recibido recientemente el Premio Nacional a la Calidad Malcolm Baldrige.

Schulze dirigió la cadena durante casi 20 años con su filosofía de servicio al cliente expresada en sus Reglas de Oro. Las Reglas de Oro se han condensado en una tarjeta plegable del tamaño billetera que los empleados deben llevar consigo a todas horas. Orientación, formación, de hecho adoctrinamiento, son continuos, con una revisión diaria de una de las 20 reglas básicas de las Reglas de Oro. Con valores como "auténtica comodidad y atención", a los huéspedes, "Nuestro trabajo es que los huéspedes se sientan bien, ¡para que vuelvan!", y "Señoras y señores atendiendo a señoras y señores", la cadena de hoteles Ritz

ha delegado el poder de atender a los huéspedes a sus empleados.

Y hablando de potenciación, los recepcionistas y los directores de ventas del Ritz pueden gastar hasta 2.000 y 5.000 dólares de la empresa, respectivamente, para asegurarse de que los huéspedes se van satisfechos. Por ejemplo, en cierta ocasión en que el New York Ritz había aceptado un exceso de reservas y estaba completo, se envió a 20 huéspedes a otro hotel en tres limusinas provistas de champán y caviar. El coste fue de 5.000 dólares. "La idea fue complacer a los huéspedes", dice el director del Ritz.

La potenciación también implica tomarse en serio las sugerencias de los empleados. Cuando un camarero del servicio de habitaciones propuso a la empresa gastar 50.000 dólares para implementar un plan de reciclado, Schulze suspiró profundamente y accedió. El resultado de la idea: se ha reducido la recogida semanal de basura, y ahora el hotel vende sus productos de papel en lugar de pagar a otros por su retirada. Los cambios han ahorrado 80.000 dólares anuales y suponen un ejemplo típico de la confianza del hotel en las sugerencias de los empleados para mejorar la calidad.

Fuentes: *Atlanta Business Chronicle* (17 de septiembre de 2004), B6; y *Harvard Business Review* (junio de 2002), 50-62.

ductividad. Pero lo que concluyeron fue que el sistema social y los distintos roles desempeñados por los empleados eran más importantes que la intensidad de la iluminación. También descubrieron que las diferencias individuales pueden ser determinantes de lo que espera el empleado del trabajo y de lo que piensa que debe ser su contribución al mismo.

Características esenciales del trabajo En las ocho décadas transcurridas desde los estudios Hawthorne, ha tenido lugar una investigación muy relevante sobre los componentes psicológicos del diseño del trabajo⁵. Hackman y Oldman han resumido gran parte de ese trabajo en cinco características deseables en el diseño del trabajo⁶. Su síntesis sugiere que los trabajos deberían tener las siguientes características:

1. *Variedad de habilidades*, que requiera que el trabajador utilice diferentes habilidades y conocimientos.
2. *Identidad del trabajo*, que permita al trabajador percibir el trabajo como un todo y reconocer un comienzo y un fin.

"Contratamos trabajadores y en su lugar vinieron seres humanos".

Max Frisch

⁵ Véase, por ejemplo, el trabajo de Abraham H. Maslow, "A Theory of Human Motivation", *Psychological Review* 50 (1943): pp. 370-396; y Frederick Herzberg, B. Mausner, y B. B. Snyderman, *The Motivation to Work* (Nueva York: John Wiley, 1965).

⁶ Véase "Motivation Through the Design of Work", en *Work Redesign*, eds. Jay Richard Hackman y Greg R. Oldman (Reading, MA: Addison-Wesley, 1980).

3. *Significado del trabajo*, que proporcione la sensación de que el trabajo tiene un impacto sobre la organización y la sociedad.
4. *Autonomía*, que ofrezca libertad, independencia y criterio.
5. *Retroalimentación*, que proporcione claramente una información periódica sobre su realización.

La inclusión de estos cinco ingredientes en el diseño del trabajo es coherente con la ampliación del trabajo, el enriquecimiento del trabajo y la potenciación de los empleados. Ahora queremos ver de qué manera pueden utilizarse los equipos de trabajo para conseguir ampliar los trabajos e incorporar estas cinco características.

Equipos autodirigidos

Equipos autodirigidos

Grupo de individuos con competencias delegadas que trabajan juntos para alcanzar un objetivo común.

Muchas organizaciones de prestigio internacional han creado equipos de trabajo para fomentar la confianza y compromiso mutuos, e incorporar las características esenciales del trabajo. Un concepto de equipo de especial significación es el **equipo autodirigido**: es un grupo de individuos potenciados con competencias delegadas que trabajan juntos para alcanzar un objetivo común. Estos equipos se pueden organizar para objetivos a largo o a corto plazo. Son fundamentalmente eficaces porque pueden proporcionar fácilmente la potenciación de los empleados, asegurar las características esenciales del trabajo, y satisfacer muchas necesidades psicológicas de los miembros del equipo. En la Figura 10.3 se presenta la secuencia del diseño del trabajo.

Evidentemente, hay muchos buenos diseños del trabajo que *pueden* proporcionar estas necesidades psicológicas. Por consiguiente, para maximizar la eficacia de los equipos, los directivos hacen más que simplemente crear “equipos”. Por ejemplo, (1) se aseguran de que los que realmente tienen algo que aportar están en el equipo, (2) proporcionan el apoyo de la dirección, (3) aseguran la formación necesaria, y (4) definen objetivos y metas claros. Los equipos con éxito deben recibir recompensas económicas o no económicas. Finalmente, los directivos deben tener en cuenta que los equipos tienen un ciclo de vida, y que, alcanzado el objetivo, puede ser necesaria la disolución del equipo. Sin embargo, los equipos pueden renovarse cambiando algunos de sus miembros o dándoles nuevas misiones.

Los equipos y otros enfoques de la diversificación del trabajo no sólo deben mejorar la calidad de vida y la satisfacción en el trabajo, sino también motivar a los empleados para lograr objetivos estratégicos. Tanto los directivos *como* los empleados necesitan estar com-

La potenciación de los empleados puede adoptar muchas formas: planificación, horarios, calidad, compras, y también autoridad para contratar.

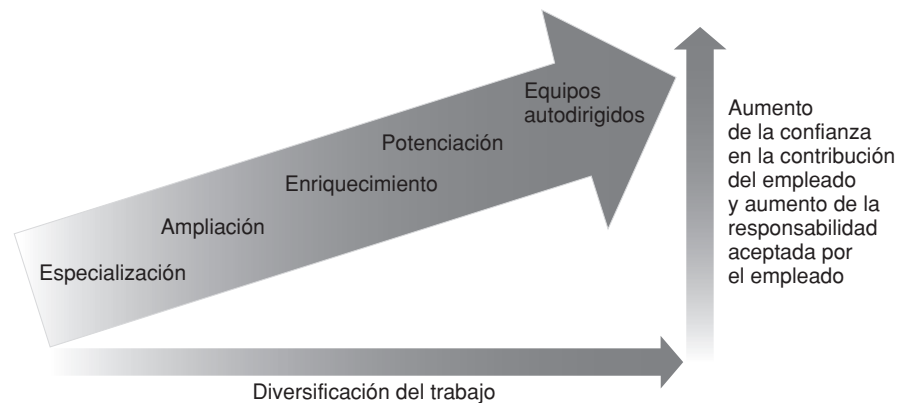


FIGURA 10.3 ■ Secuencia de diseño del puesto de trabajo

prometidos para alcanzar los objetivos estratégicos. Sin embargo, la contribución de los empleados se fomenta de diferentes formas, incluyendo el buen ambiente en la empresa, la acción de supervisión y el diseño del trabajo.

Los diseños de trabajos diversificados permiten a los empleados asumir mayor responsabilidad. De los empleados que aceptan esta responsabilidad podemos esperar mejoras en su productividad y en la calidad de producto. Entre los otros aspectos positivos de la diversificación del trabajo están la reducción de la rotación de la plantilla de personal, de los retrasos, y del absentismo. Los directivos que amplían los trabajos y establecen sistemas de comunicación que canalizan las sugerencias de los empleados, tienen un potencial añadido de eficiencia y flexibilidad para alcanzar las demandas del mercado. Sin embargo, estos diseños del trabajo tienen también limitaciones.

Limitaciones de la diversificación del trabajo Si el diseño del trabajo que amplía, enriquece, potencia y utiliza equipos es tan bueno, ¿por qué no se emplea universalmente? Veamos algunas limitaciones del diseño de trabajos diversificados:

1. *Mayor coste de capital.* La diversificación del trabajo requiere instalaciones que cuestan más que las que tienen un layout convencional. Este gasto extra debe sufragarse mediante ahorros en costes (mayor eficiencia), o a través de precios más elevados.
2. *Diferencias individuales.* Algunos estudios indican que muchos empleados optan por los trabajos menos complejos. En un análisis de la mejora de la calidad de vida en el trabajo, no podemos olvidarnos de la importancia de las diferencias individuales. Las diferencias individuales proporcionan libertad al director de operaciones imaginativo a la hora de diseñar los puestos de trabajo.
3. *Mayores salarios.* Habitualmente la gente cobra salarios más altos por sus mejores habilidades, no por las peores. Los trabajos diversificados pueden suponer, pues, salarios medios superiores a los de los trabajos sin diversificación.
4. *Menor disponibilidad de mano de obra.* Debido a que los trabajos diversificados requieren más habilidad y la aceptación de más responsabilidad, los requisitos necesarios para el trabajo han aumentado. Dependiendo de la disponibilidad de la mano de obra, esto puede ser una restricción.
5. *Aumento del índice de accidentes.* Los trabajos diversificados pueden contribuir a un mayor número de accidentes. Esto aumenta indirectamente los salarios, los costes de los seguros y las compensaciones a los empleados. La alternativa puede ser la ampliación de los presupuestos de formación y de seguridad.
6. *La tecnología actual puede no prestarse a la diversificación del trabajo.* Los trabajos de despiece en el matadero y los de ensamblaje en las fábricas de automóviles son así, porque se piensa que las tecnologías alternativas (si las hay) son inaceptables.

¡Lo único peor que formar un empleado y que se vaya a trabajar a otra empresa, es no formar a un empleado y que se quede en la nuestra!

Estos seis puntos reflejan restricciones a la diversificación del trabajo.

En resumen, la diversificación del trabajo a menudo aumenta los costes. Por consiguiente, para que la empresa tenga una ventaja competitiva, sus ahorros deben ser mayores que sus costes. No siempre es obvio que sea así. La decisión estratégica puede no ser una decisión fácil.

A pesar de las limitaciones de la diversificación del trabajo, las empresas están encontrando maneras para que funcione. A menudo, las principales limitaciones no son las que se han mencionado anteriormente, sino los presupuestos de formación y la cultura de la organización, como vemos en la Tabla 10.1. Es necesario aumentar los presupuestos de

TABLA 10.1 ■ Medias de horas de formación anuales por empleado

Estados Unidos	7
Suecia	170
Japón	200

Fuente: APICS Newsletter.

formación en Estados Unidos. Y los supervisores tienen que aprender a delegar parte del control y a aceptar otras responsabilidades laborales. Los equipos autoguidados pueden significar que no hay supervisores en la fábrica. La supresión de supervisores en la fábrica, como ha hecho Harris-Farion, líder mundial en equipos de microondas, suele constituir un importante cambio cultural. Sin embargo, Harris-Farion está introduciendo nuevos estándares de rendimiento con precisamente este tipo de cambio cultural.

Las empresas de servicios también han obtenido importantes ventajas de las estrategias de éxito en recursos humanos. Entre las experiencias de éxito están las de Southwest Airlines, Ritz-Carlton, Nordstrom, Taco Bell y Disney. Todas estas organizaciones han reconocido que la creación de valor para los clientes y para los accionistas comienza con la creación de valor para sus empleados. Hard Rock va más lejos, ya que da un reloj Rolex valorado en 10.000 dólares a cada empleado en su décimo aniversario en la empresa, desde el presidente de la compañía a los ayudantes de camarero.

Motivación y sistemas de incentivos

Nuestro análisis sobre los componentes psicológicos del diseño del puesto de trabajo permite comprender los distintos factores que contribuyen a la satisfacción y a la motivación en el trabajo. Además de estos factores psicológicos, existen factores monetarios. El dinero a menudo sirve como motivador tanto psicológico como financiero. Las recompensas monetarias se concretan en primas, participaciones en beneficios, reparto de ganancias y sistemas de incentivos.

Las **primas**, normalmente en dinero o en opciones sobre acciones, se usan a menudo a nivel ejecutivo para recompensar a la dirección. Los **sistemas de participación en beneficios** consisten en repartir una parte de los beneficios de la compañía entre los empleados. Una variación de la participación en beneficios es el **reparto de ganancias**, que recompensa a los empleados por las mejoras logradas en el rendimiento de la empresa. El ejemplo más popular es el plan Scanlon, por el que cualquier reducción del coste de la mano de obra se reparte entre la dirección y los empleados.

El sistema de reparto de ganancias utilizado por Panhandle Eastern Corp., de Houston, Texas, permite que los empleados reciban una prima del 2% de su salario al final del año si la empresa gana al menos 2,00 dólares por acción. Cuando Panhandle gana 2,10 dólares por acción, la prima sube hasta el 3%. Desde que comenzó este plan, los empleados están mucho más concienciados con los costes.

Los **sistemas de incentivos** basados en la productividad individual o de grupo se utilizan en todo el mundo, en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo a casi la mitad de las empresas de Estados Unidos. Estos sistemas suelen requerir que el empleado o el equipo obtengan una producción igual o superior a un determinado estándar. El estándar se puede basar en un estándar de tiempo por tarea o en número de piezas fabricadas. Ambos sistemas aseguran al empleado un salario base mínimo.

Prima

Una recompensa pecuniaria, normalmente en dinero en efectivo o en opciones sobre acciones, ofrecida a la dirección.

Participación en beneficios

Sistema por el que se reparte un porcentaje de los beneficios de la empresa entre los empleados.

Reparto de ganancias

Sistema que recompensa a los empleados por las mejoras hechas en el funcionamiento de la empresa.

Sistema de incentivos

Sistema de remuneración de los empleados basado en la productividad individual o de grupo.

Con el aumento de la utilización de equipos se han desarrollado diferentes formas de salario basadas en equipos. Muchas se basan en los sistemas de pago tradicionales, complementadas con algún tipo de prima o sistema de incentivo. Sin embargo, como muchos de los entornos de equipo requieren formación multidisciplinar para conseguir la ampliación del trabajo, también se han desarrollado sistemas de pago *basados en el conocimiento*. En los **sistemas de pago basados en el conocimiento** (o basados en las habilidades), una parte del salario del empleado depende del conocimiento que demuestre o de las habilidades que posea. Los sistemas de pago basados en el conocimiento se han diseñado para recompensar a los empleados por la ampliación de su campo de trabajo. Varios de estos sistemas de pago tienen tres dimensiones: *habilidades horizontales*, que reflejan la variedad de tareas que el empleado puede desempeñar; *habilidades verticales*, que reflejan los aspectos de planificación y control del trabajo; y *alcance de las habilidades*, que refleja la calidad y la productividad. En Johnsonville Sausage Co., de Wisconsin, los empleados reciben aumentos de salario *sólo* por dominar nuevas habilidades tales como planificar, hacer presupuestos y controlar la calidad.

Ergonomía y métodos de trabajo

Como se comentó en el Capítulo 1, Frederick W. Taylor inauguró la etapa de la dirección científica a finales del siglo XIX. Él y sus contemporáneos comenzaron a estudiar la selección de personal, los métodos de trabajo, los estándares de trabajo y la motivación.

Con los fundamentos proporcionados por Taylor, hemos desarrollado un cuerpo de conocimientos sobre las capacidades y limitaciones de las personas. Este conocimiento es necesario porque los humanos son seres con grandes capacidades, pero también con algunas limitaciones. Teniendo en cuenta que los directivos deben diseñar trabajos que se puedan realizar, introducimos ahora algunos de los temas relacionados con las capacidades y limitaciones de las personas.

Ergonomía El director de operaciones procura desarrollar una buena interfaz entre el hombre y la máquina. Los estudios de esta relación se conocen como **ergonomía**. Ergonomía significa “estudio del trabajo” (*ergon* es el término griego para *trabajo*). En Estados Unidos, la expresión *factores humanos* sustituye a menudo a *ergonomía*. La comprensión de la ergonomía ayuda a mejorar el rendimiento humano.

Los adultos, tanto hombres como mujeres, tienen configuraciones limitadas. Por tanto, el diseño de las herramientas y del lugar de trabajo depende del estudio de las personas para determinar qué pueden hacer y qué no. Se han recopilado importantes informaciones al respecto, que proporcionan datos básicos sobre resistencia y medidas, necesarios para diseñar las herramientas y el lugar de trabajo. El diseño del lugar de trabajo puede hacer que el trabajo sea fácil o imposible. Por otro lado, en la actualidad, a través del uso de la modelización por computadora, tenemos la capacidad de analizar los movimientos y esfuerzos humanos.

Veamos un breve ejemplo de medición de personas: para determinar la altura adecuada de una mesa para escribir. La mesa tiene una altura óptima que depende del tamaño del individuo y de la tarea a realizar. La altura normal de una mesa para escribir es de 74 cm. Para mecanografiar o introducir datos en una computadora, la superficie debe estar más baja. La mejor altura para la silla y la mesa debería formar un ligero ángulo entre el cuerpo y el brazo cuando se observa al individuo desde delante y tiene la espalda recta. Ésta es la medida correcta, que puede lograrse ajustando la altura de la mesa y la de la silla.

Manejo de las máquinas por el operario Hay que evaluar la respuesta de acción del operario sobre las máquinas, ya sea con herramientas de mano, pedales, palancas, o boto-

Sistemas de pago basados en el conocimiento

Una parte del salario de los empleados depende del conocimiento o habilidades demostrados de el empleado.

Los problemas de ergonomía se dan tanto en las oficinas como en las fábricas. La postura de trabajo frente a una computadora está relacionada con la altura de la mesa, la altura de la silla, la colocación del teclado y la pantalla. Todos estos factores son importantes en la reducción del dolor de espalda y de cuello, que pueden ser causados por estar muchas horas frente a la computadora.

Ergonomía

El estudio del trabajo; a menudo denominado *factores humanos*.

Muchos ciclistas tienen su sillín demasiado bajo. La altura correcta del asiento tiene que estar a una distancia correspondiente al 103% de la longitud de la pierna.

El síndrome del túnel carpiano es una afección de la muñeca que afecta a 23.000 trabajadores al año, y cuesta a los empleados y aseguradoras una media de 30.000 dólares por trabajador afectado. Muchas de las herramientas, asas o manivelas y teclados de computadora actualmente en uso fuerzan una posición no natural de la muñeca. Esto, combinado con una repetición continuada, puede provocar el síndrome del túnel carpiano.



El “teclado” Infogrip sólo tiene siete teclas, una para cada dedo y tres para el pulgar, pero reproduce todas las funciones del teclado tradicional QWERTY. Puesto que los dedos no se tienen que mover de las teclas se reduce la tensión en la mano (Infogrip, Ventura, CA).



El teclado TouchStream LP incorpora tecnología que permite a los usuarios de computadoras introducir información, no sólo con el teclado y el ratón, sino con sencillos comandos gestuales. El sistema incluye un teclado especializado, un ratón normal y un ampliado conjunto de gestos para dos manos. La mecanografía, el puntero y los gestos se efectúan en la misma área, eliminando la necesidad de tener que buscar el ratón con la mano (Finger Works).



El teclado “Data-Hand” permite a cada mano descansar en su propia forma ergonómica y sobre un soporte acolchado para la palma. Cinco teclas rodean los extremos de los dedos (Industrial Innovations, Inc., Scottsdale, AZ).

FIGURA 10.4 ■ El diseño del trabajo y el teclado

nes. Los directores de operaciones necesitan asegurarse de que los operarios tienen la fuerza, los reflejos, la agudeza y la capacidad mental adecuadas para efectuar el control necesario. Algunos problemas, como el *síndrome del túnel carpiano*, aparecen cuando una herramienta tan simple como un teclado está mal diseñada⁷. Las fotos de la Figura 10.4 muestran recientes innovaciones diseñadas para mejorar esta habitual herramienta.

Retroalimentación a operarios La retroalimentación a los operarios se proporciona a través de la vista, el sonido y el tacto; no se debería dejar al azar. El accidente de la central nuclear de Three Miles Island, considerado como la peor experiencia nuclear norteamericana, fue en gran medida consecuencia de una mala retroalimentación a los operarios sobre el funcionamiento del reactor. Conjuntos en no buen estado de funcionamiento de instrumentos grandes y nada claros, y controles inaccesibles, combinados con cientos de confusas señales luminosas de emergencia, contribuyeron al fallo de la central nuclear. Estos sencillos conceptos marcan la diferencia en la respuesta del operario y, por lo tanto, en su rendimiento.

El entorno del trabajo El entorno físico en el que trabajan los empleados afecta a su rendimiento, seguridad y calidad de vida en el trabajo. La iluminación, el ruido y la vibración, la temperatura, la humedad y la calidad del aire, son factores del entorno de trabajo bajo control de la empresa y del director de operaciones. El directivo debe considerarlos como controlables.

La *iluminación* es necesaria, pero el nivel adecuado depende del trabajo que se esté realizando. La Tabla 10.2 da algunas pautas. Sin embargo, existen otros factores de ilumi-

⁷ Aunque el síndrome del túnel carpiano suele relacionarse con el trabajo, hay evidencias de que la causa principal puede ser una enfermedad subyacente, como la diabetes o la artritis. Véase “Diseases, Not Work, May be Carpal Tunnel Culprit”, *IIE Solutions* (febrero de 1999), 13.

TABLA 10.2 ■ Niveles de iluminación recomendados para diversas condiciones de trabajo

Condición de trabajo	Tipo de tarea o área	Nivel de iluminación (ft-c) ^a	Tipo de iluminación
Detalle pequeño, precisión extrema	Coser; inspección de materiales oscuros	100	Luces de techo y lámparas de mesa
Detalle normal, periodos prolongados	Lectura; montaje de componentes, trabajo general de oficina	20-50	Luces de techo
Buen contraste, objetos bastante grandes	Instalaciones de ocio	5-10	Luces de techo
Objetos grandes	Restaurantes; escaleras; almacenes	2-5	Luces de techo

^a ft-c (*bujía-pie*) es una medida de iluminación.

Fuente: C. T. Margan, J. S. Cook III, A. Chapanis, y M. W. Lund, eds., *Human Engineering Guide to Equipment Design* (Nueva York: McGraw-Hill, 1963).

nación que también son importantes, como la posibilidad de reflejos, el contraste de la superficie de trabajo con el entorno, los deslumbramientos y las sombras.

El *ruido*, en cualquiera de sus formas, está generalmente presente en el área de trabajo, pero muchos de los empleados parecen adaptarse bien. Sin embargo, los niveles de ruido elevados pueden dañar el oído. La Tabla 10.3 muestra los niveles de ruido generados por diversas actividades. La exposición durante largos periodos a niveles superiores a 85 decibelios daña el oído de forma permanente. La Administración para la Salud y Seguridad en el Trabajo (OSHA: *Occupational Safety of Health Administration*) exige el uso de protectores auditivos por encima de este nivel, si la exposición es igual o superior a ocho horas. Incluso a niveles bajos, el ruido y la vibración pueden distraer. Por tanto, la mayoría de los directivos realizan esfuerzos considerables para reducir el ruido y la vibración a través de un buen diseño de las máquinas, de utilización de cerramientos protectores, o de separación de las fuentes de ruido y vibración.

Los parámetros de *temperatura* y *humedad* están muy bien estudiados. Los directivos que permitan en su empresa la existencia de actividades fuera de estos parámetros de seguridad, de la denominada zona de confort, deben esperar efectos negativos en el rendimiento.

Estudio de métodos El estudio de métodos se centra en establecer *cómo* se realiza una tarea. Tanto en el control de una máquina, como en la fabricación o el montaje de los componentes, la forma de realizar la tarea marca la diferencia en el rendimiento, la seguridad y la calidad. Utilizando los conocimientos de ergonomía y el estudio de métodos, los ingenieros de métodos se encargan de asegurar que los estándares de calidad y cantidad se alcanzan de forma eficiente y segura. El estudio de métodos y las técnicas relacionadas son útiles tanto en entornos de oficinas como en fábricas. El estudio de métodos se utiliza para analizar:

Estudio de métodos

Desarrollo de procedimientos de trabajo seguros y que producen eficientemente productos de calidad.

El rendimiento durante una entrada en boxes en las carreras de coches marca la diferencia entre ganar o perder la carrera. Los diagramas de actividades se emplean para organizar el movimiento de los miembros del equipo de boxes. El Problema resuelto 10.1 muestra un diagrama de actividades aplicado a este caso.

TABLA 10.3 ■ Niveles de decibelios (dB) de diversos sonidos. Los niveles de decibelios son niveles de ruido medidos con un medidor del nivel de ruido

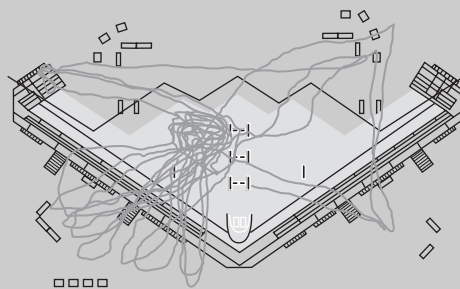
Entornos ruidosos	Fuentes de ruidos comunes	Decibelios	
	Despegue de un avión (60 metros)	120	
Área de fundición eléctrica	Martillos neumáticos	100	Muy molesto
Imprenta	Vagón de metro (6 metros)	90	
Interior de un automóvil deportivo (80 km/h)	Taladro neumático (15 metros)	80	Se necesita protección auditiva si la exposición iguala o supera las 8 horas
Cerca de una autopista (tráfico)	Aspiradora (3 metros)	70	
Oficina privada	Discurso (0,3 metros)	60	Molesto
Semáforo (30 metros)	Transformador grande (60 metros)	50	Silencioso
Niveles mínimos, áreas residenciales de Chicago por la noche	Murmullo suave (1,5 metros)	40	
Estudio (hablar)		30	Muy silencioso

Fuente: Adaptado de A. P. G. Peterson y E. E. Gross Jr., *Handbook of Noise Measurement*, 7.ª ed. (New Concord, MA: General Radio Co.).

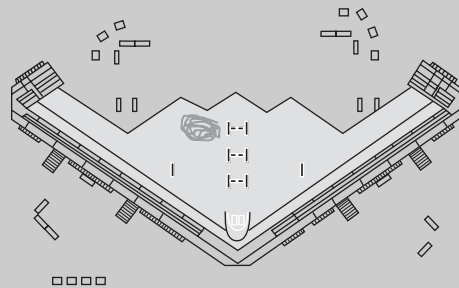
DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

AHORRANDO PASOS EN EL CAZABOMBARDERO B2

La industria aeroespacial destaca por fabricar productos exóticos, pero es también conocida por hacerlo de forma muy cara. Los históricos procesos por lotes que se utilizaban en la industria dejaban mucho campo para mejorar. Abriendo camino Northrop Grumman, analizó el flujo de trabajo de un mecánico cuya tarea, en la planta de Palmdale, California, consistía en aplicar unos 21 metros de



Las líneas muestran los 26 desplazamientos a las estaciones de trabajo para reunir las herramientas y el equipo necesarios para aplicar la cinta al bombardero B2.



Los desplazamientos de trabajo del mecánico se redujeron a la pequeña zona que muestran las líneas de arriba.

cinta al bombardero B2. El mecánico (véase el gráfico de la izquierda) salía del avión 26 veces, y tardaba 3 horas en reunir los productos químicos, la manguera, los calibres y el resto de los materiales necesarios para comenzar a trabajar. Al empaquetar previamente los materiales en kits, Northrop Grumman redujo a cero el tiempo de preparación, y el tiempo necesario para realizar el trabajo descendió de 8,4 horas a 1,6 horas (como se muestra arriba).

Fuentes: *New York Times* (9 de marzo de 1999), C1, C9; y *Aviation Week & Space Technology* (17 de enero de 2000), 17.

1. El movimiento de las personas o del material. El análisis se realiza utilizando *diagramas de flujo* y *diagramas de proceso* con diferente cantidad de detalles.
2. La actividad del hombre y de la máquina, y la actividad del equipo. Este estudio se realiza utilizando *diagramas de actividades* (también conocidos como diagramas hombre-máquina o diagramas de grupo).
3. El movimiento del cuerpo (principalmente los brazos y las manos). Este estudio se realiza utilizando *diagramas de micromovimientos*.

Los **diagramas de flujo** son esquemas (dibujos) empleados para analizar el movimiento de las personas o del material. Como se ve en el caso de Britain's Paddy Hopkirk Factory de la Figura 10.5, y en el recuadro de *Dirección de producción en acción*, "Ahorrrando pasos en el cazabombardero B2", el diagrama de flujo proporciona un procedimiento sistemático de estudio de tareas repetitivas de ciclo largo. La Figura 10.5(a) muestra el método antiguo, mientras que el nuevo método, con un diagrama de flujo perfeccionado, que requiere menos almacenaje y espacio, se muestra en la Figura 10.5(b). Los **diagramas de proceso** utilizan símbolos, como muestra la Figura 10.5(c), para ayudarnos a comprender el movimiento de las personas y del material. De esta manera, se pueden reducir los movimientos y las esperas y hacer las operaciones más eficientes. La Figura 10.5(c) es el diagrama de proceso empleado para complementar el diagrama de flujo mostrado en la Figura 10.5(b).

Diagramas de flujo
Diagramas utilizados para analizar los movimientos de las personas o los materiales.

Diagrama de proceso
Representación gráfica que describe la secuencia de pasos existentes en un proceso.

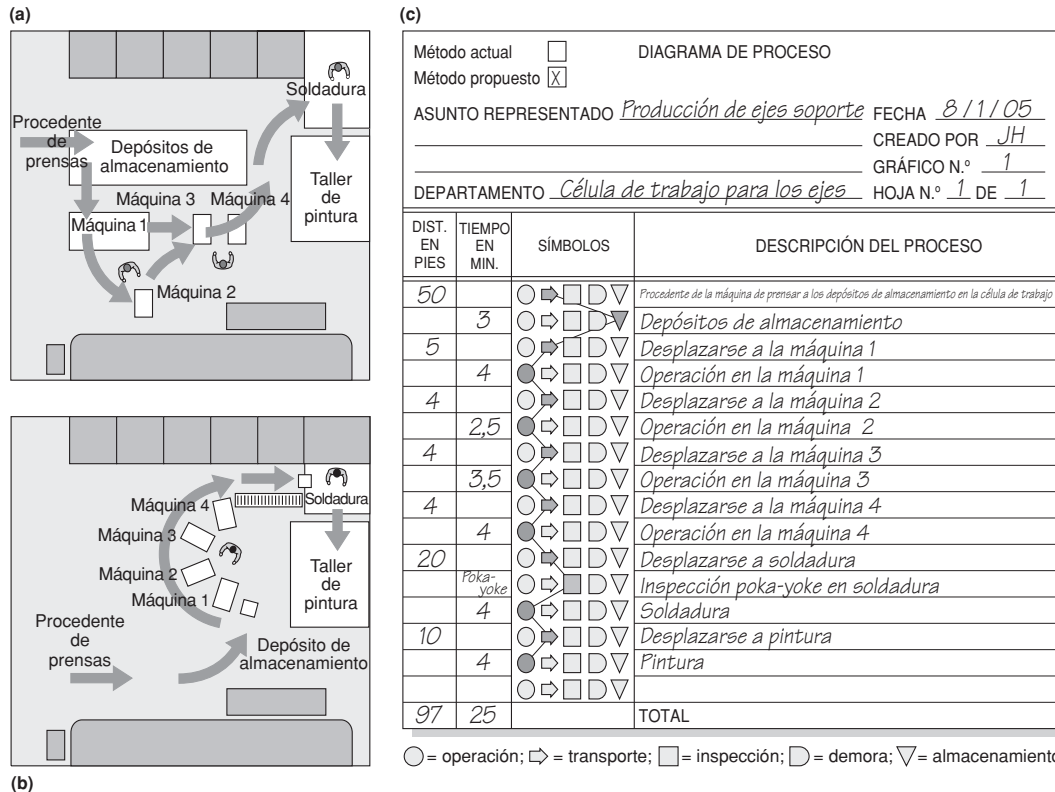


FIGURA 10.5 ■ Diagrama de flujo de la línea de producción de ejes soporte de la fábrica Paddy Hopkirk (a) método antiguo; (b) método nuevo; (c) gráfico de procesos de la producción de ejes empleando el nuevo método de Padd Hopkirk [mostrado en (b)].



FIGURA 10.6 ■ Diagrama de actividades de un equipo de dos personas que realiza un cambio de aceite en 12 minutos en Quick Car Lube

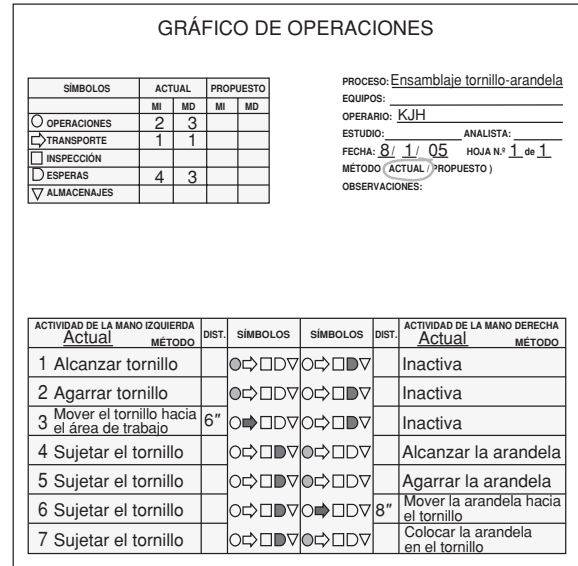


FIGURA 10.7 ■ Diagrama de operaciones (mano derecha/mano izquierda) para el ensamble de un tornillo y una arandela

Diagrama de actividades
 Una forma de mejorar la utilización de un operario y una máquina, o alguna combinación de operarios (un equipo) y máquinas.

Diagrama de operaciones
 Diagrama que describe los movimientos de la mano derecha y de la mano izquierda.

Los **diagramas de actividades** se emplean para estudiar y mejorar la utilización de un operario y una máquina, o cualquier combinación de operarios (un “equipo”) y de máquinas. El enfoque típico es el siguiente: A través de la observación, el analista registra el método actual y propone a continuación un método mejorado en un nuevo diagrama. La Figura 10.6 es un diagrama de actividades que muestra la mejora propuesta para un equipo de dos personas de Quick Car Lube.

El movimiento del cuerpo se analiza en un **diagrama de operaciones**. Está diseñado para identificar ahorros de movimientos señalando los movimientos inútiles y los tiempos muertos o tiempos de inactividad (esperas). El diagrama de operaciones (también conocido como diagrama de la mano derecha/gráfico de la mano izquierda o bimanual) se muestra en la Figura 10.7.

EL LUGAR DE TRABAJO VISUAL

Lugar de trabajo visual
 Utiliza una variedad de técnicas de comunicación visual para transmitir rápidamente información a los grupos interesados en la empresa (stakeholders).

El **lugar de trabajo visual** utiliza dispositivos visuales de bajo coste para transmitir la información de forma rápida y exacta. Los displays y los gráficos bien diseñados acaban con la confusión, y sustituyen a las incomprensibles copias impresas y al papeleo. Como los datos e informaciones de los puestos de trabajo cambian rápidamente y a menudo, los directores de operaciones necesitan disponer y distribuir información exacta y puesta al día. La dinámica del lugar de trabajo, con cambios en los requerimientos de los clientes, en las especificaciones, en las programaciones, y en otros detalles de los que depende la empresa, debe comunicarse rápidamente.

Todos los sistemas visuales deben enfocarse a la mejora, porque el progreso casi siempre genera beneficios de motivación. Un conjunto de señales visuales y gráficos es una excelente herramienta de comunicación, no sólo para las personas que realizan el trabajo,

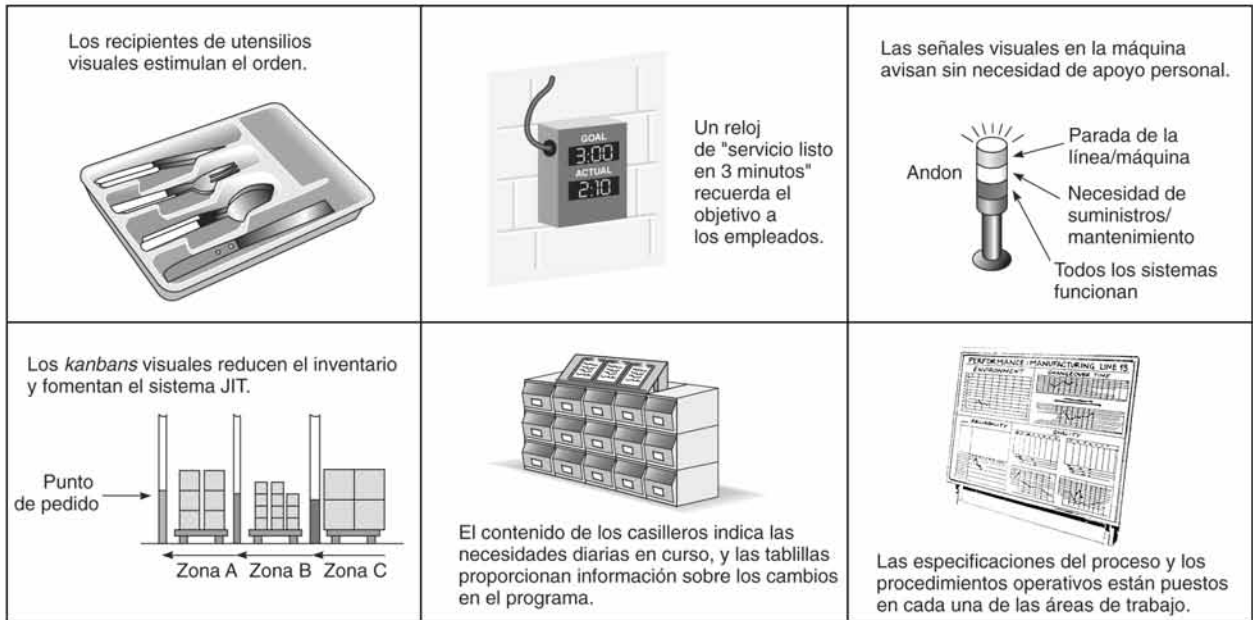


FIGURA 10.8 ■ El lugar de trabajo visual

sino también para el personal de apoyo, la dirección, los visitantes y los proveedores. Todos estos grupos interesados en la empresa (*stakeholders*) merecen recibir información sobre ella. Si los informes de la dirección sólo estuvieran en poder de ésta, a menudo serían inútiles y quizás contraproducentes. La gestión visual es una forma de comunicación para aquellos que pueden hacer que las cosas se hagan.

Las señales visuales en el lugar de trabajo pueden tomar muchas formas, como se muestra en la Figura 10.8 y se explica a continuación.

Presentación de la imagen global

- Los sistemas visuales pueden comunicar la visión “completa” que se desea de la empresa, ayudando a comprender a los empleados el vínculo que existe entre sus actividades diarias y el rendimiento global de la compañía. En Baldar Electric Co., de Fort Smith, Arkansas, cada día se anuncia el precio de cierre de las acciones de Baldar en el día anterior, para que todos lo vean. El precio de las acciones recuerda a los empleados que una parte de su salario está basado en la participación en beneficios y en las opciones sobre acciones, y los anima a continuar buscando caminos que aumenten la productividad.
- Missouri's Springfield Re Manufacturing Corp. ha desarrollado un concepto denominado “el libro abierto de la dirección”, donde se forma a cada empleado para entender la importancia de los indicadores financieros (como el rendimiento del capital), y después se le envían estos indicadores de la empresa con regularidad.

Rendimiento

- Se pueden presentar informaciones sobre calidad, accidentes, niveles de servicio, rendimiento en las entregas, costes y sobre variables tan tradicionales como asisten-

cia y retrasos, a menudo en forma de gráficos de control estadístico de procesos (SCP).

- Los *kanbans* son un tipo de señales visuales que indican la necesidad de más producción.
- Los relojes de “servicio listo en 3 minutos” que hay en Burger King, son un tipo de señal visual que indica el tiempo de espera aceptable para el servicio.
- A algunas empresas les ha sido útil mostrar la comparación entre el rendimiento alcanzado y el tiempo de ciclo o las cuotas horarias de producción.

Organización

- *Tableros marcados y marcas en el suelo*: Símbolos pintados que indican el lugar donde hay que colocar las herramientas, y también la posición de las máquinas y los equipos, son formas visuales de ayudar a mantener la organización de la fábrica.
- *Etiquetado*: La correcta identificación de las piezas, contenedores y herramientas es una ayuda básica, pero sustancial, para reducir el desperdicio.
- *Señales y luces con códigos de colores*: Las luces andon son otra señal visual. Un **andon** es una señal que indica que allí donde se enciende hay un problema. El andon puede ser encendido manualmente por los empleados cuando constatan la existencia de un problema o defecto. También puede encenderse automáticamente cuando el rendimiento de la máquina cae por debajo de determinado ritmo o cuando el número de ciclos indica que ha llegado el momento de realizar mantenimiento en la máquina.

Andon

Luz de aviso que indica que hay problemas.

El propósito del lugar de trabajo visual es eliminar las actividades que no añaden valor, haciendo visibles los problemas, las anomalías y los estándares. Este concepto mejora la comunicación y la retroalimentación, proporcionando información inmediata. El entorno de trabajo visual necesita una menor supervisión, porque los empleados entienden las normas, ven los resultados, y saben lo que tienen que hacer.

ÉTICA Y EL ENTORNO LABORAL

La ética en el entorno laboral plantea retos interesantes. Como hemos señalado en este capítulo, muchas restricciones afectan al diseño del trabajo. Los aspectos relativos a la justicia, la equidad y la ética son omnipresentes. Independientemente de que se trate de la igualdad de oportunidades, de igualdad de salario para el mismo trabajo, o de la seguridad en el entorno laboral, el director de operaciones suele ser la persona responsable.

Los directivos disponen de ciertas líneas directrices. Conociendo la ley, y en Estados Unidos trabajando con las directrices de la OSHA⁸ y las MSDS⁹, los organismos estatales, sindicatos, patronales, compañías de seguros y empleados, los directivos habitualmente pueden decidir los parámetros de sus decisiones. También disponen de los departamentos jurídicos y de recursos humanos para obtener ayuda y líneas directrices sobre el laberinto de leyes y normativas.

Los trabajos pueden ser atractivos, difíciles y peligrosos. En efecto, para muchos puestos de trabajo se ha descubierto que son muy peligrosos incluso años después de haber sido

⁸ *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), agencia gubernamental cuya tarea consiste en garantizar la seguridad y salubridad de los trabajadores estadounidenses.

⁹ *Material Safety Data Sheets* (MSDS) incluyen detalles de los peligros relacionados con los productos químicos y ofrecen información sobre cómo se utilizan de forma segura.

desempeñados con éxito por miles de personas. Por ejemplo, el asbesto, que en su época fue conocido como el “mineral mágico” por ser un material aislante y por su capacidad para soportar las llamas, es ahora un asesino notorio y temido. El problema puede residir en lo que se sabe sobre los trabajos y sus peligros inherentes. En algunos casos, la dirección de las empresas y la sociedad toda eran desconocedoras de los peligros, como fue el caso de los teclados de computadora, los entornos de trabajo ruidosos o materiales existentes en los puestos de trabajo como el asbesto, ya comentado antes. En otros casos, los riesgos son bien conocidos, y se deben emprender acciones adecuadas de inmediato. (Muchas empresas no emprendieron rápidamente las acciones pertinentes en el caso del asbesto, y todos los agentes interesados en las empresas afectadas tuvieron que asumir las consecuencias cuando se declararon en quiebra).

Las empresas de seguros pueden ofrecer buenas estimaciones de cuántas personas morirán en determinados tipos de trabajo todos los años. No obstante, la sociedad no deja de construir rascacielos o de fabricar tuberías de hierro fundido, aunque podemos documentar que los trabajadores de las fundiciones y de la construcción tienen puestos de trabajo peligrosos. El papel de la dirección es mitigar el peligro y emprender acciones oportunas cuando se conocen los peligros.

El papel de la dirección consiste en educar al empleado, incluso cuando los empleados piensan que es “muy de macho” no ponerse los equipos de seguridad. El papel de la dirección consiste en definir los equipos necesarios, las normas de trabajo y el entorno laboral, y hacer cumplir esas directrices. Iniciamos este capítulo con un análisis de la confianza y el compromiso mutuo, y éste es el entorno que los directivos deben promover. Es lo mínimo que se puede exigir a una dirección ética.

TIEMPOS ESTÁNDARES DE TRABAJO

Hasta ahora, en este capítulo se ha analizado la planificación de la mano de obra y el diseño del trabajo. El tercer requisito de una estrategia de recursos humanos eficaz es el establecimiento de los tiempos estándares de trabajo. Una planificación eficaz de la mano de obra depende del conocimiento de la necesidad de mano de obra.

El **tiempo estándar de trabajo** es la cantidad de tiempo necesaria para realizar un trabajo o parte de un trabajo. Cada empresa tiene tiempos estándares de trabajo, aunque pueden variar entre los establecidos por métodos informales y los establecidos por métodos profesionales. Sólo cuando existen tiempos estándares de trabajo precisos, la dirección puede conocer cuáles son sus necesidades de mano de obra, cuál debe ser su coste y qué constituye una jornada laboral justa. Las técnicas para establecer los tiempos estándares de trabajo se presentan en el suplemento de este capítulo.

Tiempos estándares de trabajo

Tiempo necesario para realizar un trabajo o parte de él.

Las empresas más destacadas son conscientes de la importancia de una estrategia de recursos humanos eficaz y eficiente. A menudo, un elevado porcentaje de empleados y una gran parte de los costes de la mano de obra son responsabilidad de la dirección de operaciones. Por tanto, el director de operaciones desempeña un importante papel a la hora de lograr los objetivos de la estrategia de recursos humanos. Un requisito es construir un entorno de respeto y compromiso mutuo, y una razonable calidad de vida en el trabajo. Las empresas más destacadas han diseñado trabajos que utilizan a la vez las capacidades mentales y físicas de sus empleados. Independientemente de la estrategia elegida, la habilidad con la que una empresa gestiona sus recursos humanos, finalmente determina su éxito.

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

Planificación de la mano de obra	Participación en beneficios
Horario laboral normal	Reparto de ganancias
Jornada laboral flexible	Sistema de incentivos
Semana de trabajo flexible	Sistemas de pago basados en el conoci- miento
Trabajo a tiempo parcial	Ergonomía
Diseño del trabajo	Estudio de métodos
Especialización de la mano de obra (o especialización del trabajo)	Diagramas de flujo
Ampliación del puesto de trabajo	Diagramas de proceso
Rotación de puestos	Diagramas de actividades
Enriquecimiento del trabajo	Diagramas de operaciones
Potenciación de los empleados	Lugar de trabajo visual
Equipos autodirigidos	Andon
Primas	Tiempos estándares de trabajo



PROBLEMA RESUELTO

Problema resuelto 10.1

Como jefe del equipo de boxes de Prototype Sports Car, le acaban de dar las normas de actuación, para la próxima temporada, durante la parada de los coches en boxes. Sólo se permitirá la presencia de seis personas a la vez en la zona de actuación sobre el vehículo, y una de éstas debe ser el miembro del equipo encargado de la extinción de fuegos y seguridad. Este miembro del equipo debe llevar un extintor, y no actuará cuando se esté dando servicio al automóvil. Sin embargo, esta persona debe indicar al piloto dónde tiene que parar el automóvil al entrar en boxes y cuándo debe arrancar de nuevo.

Este año espera disponer de gatos neumáticos para levantar el automóvil. Estos gatos necesitan únicamente una manguera de aire a presión para poder funcionar. El combustible también se suministrará mediante una manguera, y se usará una segunda manguera para extraer el aire de las celdas de combustible. El suministro de combustible de la manguera será de un galón (3,785 litros) por segundo. La capacidad del depósito será de 25 galones (94,625 litros). Espera que tendrán que cambiar las cuatro ruedas en la mayo-

ría de las paradas. La longitud de las carreras variará este año, pero espera que las carreras más largas también requieran un cambio de piloto. Recientes estudios de los tiempos de las paradas han dado como resultado los siguientes tiempos para su experimentado equipo:

Actividad	Tiempo en minutos
Instalar la manguera de aire	0,075
Quitar rueda	0,125
Montar rueda nueva	0,125
Desplazarse hasta la manguera del gato neumático	0,050
Desplazarse hacia la parte trasera del automóvil	0,050
Ayudar al conductor	0,175
Limpiar el parabrisas	0,175
Repostar combustible (por galón)	0,016

Su trabajo es desarrollar el plan inicial para utilizar de la mejor forma posible a las seis personas de su equipo. Las seis personas del equipo se identifican con letras, como se muestra en la Figura 10.9. Ha decidido utilizar un diagrama de actividades similar al mostrado en la Figura 10.6 para ayudarse.

Solución

Su diagrama de actividades muestra lo que debe hacer cada miembro del equipo durante cada segundo de la parada en boxes.

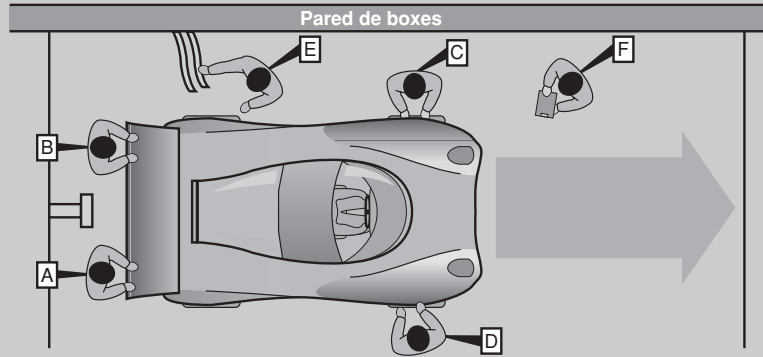


DIAGRAMA DE MÚLTIPLES ACTIVIDADES		De:		R E S U M E N			
Diagrama n.º:	Hoja n.º:			ACTUAL	PROPUESTO	AHORRO	
PRODUCTO:				TIEMPO CICLO			
PROCESO:	Parada en boxes para los autos GTO			Operario			
MÁQUINA(S):				Máquina			
OPERATIVO:	CRONÓMETRO N.º:			TRABAJANDO			
REALIZADO POR:	FECHA:			Operario			
				Máquina			
TIEMPO (min.)	EQUIPO						TIEMPO (min.)
	A	B	C	D	E	F	
0,025					Ir a vehículo/mangueras		0,025
0,050		Conectar manguera aire			Repostar gasolina		0,050
0,075	Quitar rueda		Quitar rueda	Quitar rueda			0,075
0,100		Quitar rueda					0,100
0,125							0,125
0,150							0,150
0,175	Montar nueva rueda		Montar nueva rueda	Montar nueva rueda			0,175
0,200							0,200
0,225							0,225
0,250							0,250
0,275							0,275
0,300	Moverse manguera de aire del gato.	Montar nueva rueda	Ayudar a conductor	Limpiar parabrisas			0,300
0,325							0,325
0,350		Ir a parte trasera					0,350
0,375							0,375
0,400	Inactivo	Inactivo					0,400
0,425							0,425
0,450			Inactivo	Inactivo			0,450
0,475	Empujar	Empujar			Inactivo	Inactivo	0,475

NOTAS

El miembro F de extinción de incendios/seguridad, se coloca en la pared para indicar al piloto dónde tiene que parar el coche.

Los miembros A,C y D se dirigen al automóvil con las ruedas.

B coloca la manguera del gato neumático en la conexión de la parte trasera del autom. B a continuación vuelve a la pared para recoger la cuarta rueda.

E se dirige al automóvil con dos mangueras, una de combustible y otra para extraer el aire.

F está preparado con el extintor. Si hay que cambiar de piloto, el primer piloto sale en los 5 primeros segundos.

Si hay un cambio de pilotos, el nuevo conductor entra en el automóvil.

A, C y D tienen montadas sus ruedas.

D limpia el parabrisas.

C ayuda al piloto, si es necesario, a colocarse el cinturón de seguridad y a refrescarse.

A quita la manguera del gato neumático. B tiene la rueda montada.

B se traslada a la parte trasera del autom.

A quita la manguera del gato neumático cuando B, C y D indican que las ruedas están montadas.

A y B se preparan para empujar el autom.

E (el encargado del combustible) desconecta las mangueras.

F indica la finalización de la carga de combustible.

F se traslada a la parte delantera del automóvil junto a la pared del box y se prepara para dar la señal de salida al piloto.

A, B, C y D indican a F que están listos. F da una señal al piloto cuando todo está listo.

A y B empujan el autom. fuera de boxes.

FIGURA 10.9 ■ Posición del automóvil y de los seis miembros del equipo

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice el CD-ROM del alumno para obtener material sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Visita virtual a una empresa
- Problemas para resolver con Internet
- Caso en Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en PowerPoint
- Problemas prácticos
- Videoclip y casos en vídeo



CUESTIONES PARA EL DEBATE

1. Cómo definiría una buena calidad de vida laboral?
2. ¿Cuáles son algunos de los peores trabajos que conoce? ¿Por qué son malos? ¿Por qué la gente quiere esos trabajos?
3. Si estuviera rediseñando los trabajos de la pregunta anterior, ¿qué cambios realizaría? ¿Son cambios realistas? ¿Mejorarían la productividad (no sólo la *producción*, sino la *productividad*)?
4. ¿Puede pensar en trabajos que sitúan la interfaz hombre-máquina al límite de las capacidades humanas?
5. ¿Cuáles son las cinco características principales de un buen diseño del trabajo?
6. ¿Qué diferencias hay entre enriquecimiento del trabajo, ampliación del trabajo, rotación en el trabajo, especialización del trabajo y potenciación de los empleados?
7. Defina diversificación vertical y horizontal del puesto de trabajo. Explique claramente su diferencia.
8. Explique cómo puede la diversificación del puesto de trabajo provocar un mayor número de accidentes.
9. Defina el concepto de ergonomía. Analice el papel de la ergonomía en el diseño del trabajo.
10. Ofrezca una lista de técnicas para realizar un estudio de métodos.
11. ¿Cuáles son las limitaciones de la estrategia de recursos humanos presentada en el capítulo?



DILEMA ÉTICO

McWane Inc., de Birmingham, con 10 grandes fundiciones, es uno de los mayores fabricantes del mundo de tuberías de hierro fundido para agua y alcantarillas. En una de las industrias más peligrosas de Estados Unidos, McWane es, tal vez, la más peligrosa de todas, con una tasa de accidentes cuatro veces superior a las de sus seis principales competidores juntos. La tasa de defunción de sus trabajadores es seis veces mayor que la de toda la industria. También se han descubierto 450 infracciones de los límites de polución y emisión de elementos contaminantes durante el periodo de los siete últimos años.

Los trabajadores que protestan por las peligrosas condiciones laborales afirman que son “carne de cañón”, destinados a morir. Los supervisores han abusado de los trabajadores lesionados e intimidado a los representantes sindicales. Los trabajadores de la línea de producción que no alcanzan sus cuotas diarias reciben acciones disciplinarias. Los directivos han colocado señales de seguridad *después* de acontecido el accidente para aparentar que fue el trabajador el que hizo caso omiso de las políticas establecidas de seguridad. Se alteran los historiales de seguridad y amañan las máquinas para ocultar los

riesgos. Cuando el gobierno investigaba la muerte de un trabajador en 2000, los inspectores descubrieron que la política de McWane consistía en “no corregir nada hasta que la OSHA lo descubriera y les obligara”.

Las fundiciones de McWane también han sido multadas en repetidas ocasiones por no parar la producción para reparar los dispositivos averiados de control de la contaminación. La EPA ha designado a cinco de sus fundiciones como incumplidoras “de alta prioridad”. En las fundiciones los trabajadores se quejan continuamente de visión borrosa, de tener fuertes dolores de cabeza, y de problemas respiratorios tras ser expuestos, sin formación o protección, a los productos químicos utilizados para fabricar las tuberías. Cerca de una fundición en Phillisburg, Nueva Jersey, los guardias de control de los pasos de cebras de las escuelas han tenido que ponerse máscaras de gas: esa planta fue responsable, ella sola, de 150 infracciones entre 1995 y 2002. El “procedimiento habitual” de McWane (según un antiguo directivo de la empresa) es verter ilegalmente residuos industriales contaminantes a los ríos y arroyos locales. Los trabajadores esperan a la caída de la noche o a una fuerte tormenta

para verter miles de galones bombeándolos desde sus pozos negros.

Dados los siguientes escenarios ficticios: ¿qué postura adoptaría y qué medidas emprendería?

- a) Tras el traslado de su cónyuge a Birmingham ha aceptado un trabajo, tal vez de forma ingenua, como asistente sanitario en una de las fundiciones de McWane. Tras dos semanas en el cargo, se da cuenta del entorno laboral descrito anteriormente.
- b) Es usted un contratista que ha utilizado tradicionalmente los productos de McWane, que satisfacen sus especificaciones. McWane sistemáticamente es su proveedor más barato. Sus clientes están satisfechos con el producto.
- c) Es usted el banquero de McWane.
- d) Es usted un proveedor de McWane.

* Fuentes: *The New York Times* (9 de enero de 2003), A1, A14-A15 y (26 de mayo de 2004), A19; y *The Wall Street Journal* (27 de mayo de 2004), A8.



PROBLEMAS

- **10.1.** Dibuje un diagrama de proceso para cambiar el neumático trasero derecho de un automóvil.
- **10.2.** Diseñe un diagrama de actividades para un operario de una máquina con las siguientes operaciones. Los tiempos correspondientes son los siguientes:

Preparar el torno para cargarlo (limpieza, engrasado, etc.)	0,50 min.
Carga del torno	1,75 min.
Máquina en proceso (cortando el material)	2,25 min.
Descarga del torno	0,75 min.
- ⋮ **10.3.** Diseñe un diagrama de actividades (un diagrama de equipo parecido al de la Figura 10.6) para un concierto (por ejemplo, Britney Spears, Sheryl Crow, Bono, Bruce Springsteen), y determine cómo organizar el concierto de forma que la estrella tenga descansos razonables. Por ejemplo, ¿en qué momento hay un número instrumental, un efecto visual, un dúo o un baile, que permitan a la estrella descansar físicamente o al menos descansar su voz? ¿Tienen los otros miembros del espectáculo momentos de pausa o descanso?
- ⋮ **10.4.** Realice un diagrama de operaciones de una de las siguientes actividades:
 - a) Poner una nueva goma en un lápiz.
 - b) Sujetar dos hojas de papel con un clip.
 - c) Poner papel en la impresora.

- **10.5.** Dibuje un diagrama de proceso para instalar una nueva tarjeta de memoria en su PC.
- **10.6.** Para un trabajo que haya desempeñado, valore cada una de las características esenciales de Hackman y Oldman (*véase* el epígrafe dedicado a los componentes psicológicos del trabajo) en una escala del 1 al 10. ¿Cuál es su puntuación total? ¿Qué podría cambiar del trabajo si deseara obtener una puntuación mayor?
- ⋮ **10.7.** Utilizando los datos del Problema resuelto 10.1, prepare un diagrama de actividades similar al de dicho problema, pero con un equipo de sólo cuatro miembros.
- ⋮ **10.8.** Utilizando los datos proporcionados en el Problema resuelto 10.1, prepare un diagrama de actividades similar al del problema resuelto. Sin embargo, el combustible se suministrará a un ritmo de 1,5 galones por segundo.
- ⋮ **10.9.** Dibuje un diagrama de actividades para cambiar el neumático trasero derecho de un automóvil con:
 - a) Sólo trabajando una persona.
 - b) Trabajando dos personas.
- ⋮ **10.10.** Dibuje un diagrama de actividades para lavar los platos en un fregadero doble. Hay dos personas, una lavando y la otra enjuagando y secando. La persona que enjuaga seca un lote de platos del estante de escurrido, mientras que el que los friega va rellenando el fregadero de la derecha con platos limpios sin enjuagar. Después el que enjuaga, enjuaga el siguiente lote y los pone en el estante de escurrido. Todos los platos se apilan antes de colocarlos en el armario.
- ⋮ **10.11.** La asociación universitaria ha puesto en marcha un lavado de automóviles. Debido a la alta demanda, se va a utilizar a tres personas por línea de lavado (tres personas lavan cada vehículo). Diseñe un diagrama de actividades para lavar y secar un sedán normal. Debe lavar las ruedas, pero no el interior porque esta parte de la operación se realizará en una estación de aspirado independiente.
- ⋮ **10.12.** Dibuje un diagrama de procesos para imprimir un sencillo documento en una impresora láser en una oficina. Sin que usted lo sepa, la impresora, que se encuentra en el pasillo, no tiene papel. El papel se encuentra en la sala de suministros al otro extremo del pasillo. Quiere hacer cinco copias grapadas del documento una vez impreso. La fotocopidora, que está junto a la impresora, tiene un clasificador, pero no una grapadora. ¿Cómo podrá hacer que la tarea sea lo más eficiente posible con el equipo disponible?
- ⋮ **10.13.** Elabore un diagrama de operaciones para colocar dos fotografías de 12×10 centímetros sobre un papel (tamaño DIN A4) en horizontal (cada fotografía es parte de una presentación que copiará y repartirá al resto de la clase). El papel celo está en un dispensador y tiene espacio ilimitado sobre su mesa.



PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

Visite nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para estos problema adicionales: 10.14 a 10.17.

■ *Caso de estudio* ■

Karstadt frente a J. C. Penney

Andreas Drauschke y Angie Clark trabajan en trabajos equiparables, con un salario similar, en grandes almacenes de Berlín y de las afueras de Washington, DC. Pero no hay comparación posible cuando hablamos de las horas que trabaja cada uno. El trabajo del señor Drauschke consta de una semana laboral de 37 horas con unas vacaciones anuales de 6 semanas. Su tienda cierra a las dos de la tarde el sábado para el resto del fin de semana y sólo abre una noche a la semana, un nuevo servicio en Alemania que el señor Drauschke odia: “No puedo comprender que la gente vaya de compras por la noche en América”, afirma este joven de 29 años, supervisor en Karstadt, la mayor cadena de grandes almacenes de Alemania. “Si somos lógicos, ¿por qué querría alguien comprar una bicicleta a las ocho y media de la tarde?”

La señora Clark trabaja al menos 44 horas por semana, incluyendo turnos de noche y frecuentes sábados y domingos. Suele tener que llevar trabajo de papeleo a casa, se pasa los días libres “explorando” a la competencia y nunca se toma más de una semana de vacaciones seguida. “Si tomara más tendría la sensación de que estoy perdiendo el control”, afirma la directora de promoción de ventas de J. C. Penney.

Aunque los norteamericanos suelen maravillarse ante la laboriosidad de los alemanes, la comparación de las cargas de trabajo reales destruye esos estereotipos nacionales. En las manufacturas, por ejemplo, la semana laboral media estadounidense es de 37,7 horas y con tendencia creciente; en Alemania es de 30 horas y ha caído de forma continua durante las últimas décadas. Todos los trabajadores alemanes tienen garantizado, por ley, un mínimo de cinco semanas de vacaciones anuales.

Los trabajadores de los comercios alemanes también se resisten ferozmente a cualquier incursión en sus horas libres, mientras que muchos empleados de J. C. Penney están pluriempleados y acumulan hasta 60 horas de trabajo a la semana. Los horarios extensivos e irregulares tienen, no obstante, un precio. La rotación del personal en la tienda alemana es apenas perceptible; en J. C. Penney asciende al 40% al año. Los alemanes hacen un aprendizaje de entre 2 y 3 años y se conocen la empresa hasta el más mínimo detalle. Los trabajadores de J. C. Penney reciben una formación de entre 2 y 3 días. Es necesidad económica, más que cualquier devoción por trabajar por gusto de hacerlo, lo que parece motivar a la mayoría de los empleados estadounidenses.

El señor Drauschke tiene una opinión muy distinta: hay que trabajar duro cuando se está en el trabajo y salir de allí lo

antes que se pueda. Un apasionado de la jardinería, con mujer y un hijo pequeño, no tiene el más mínimo interés en trabajar más de las 37 horas que exige su contrato, incluso si ganase más dinero. “El tiempo libre no tiene precio”, afirma.

El deseo de trabajar pocas horas es una obsesión en Alemania, y una misión constante de sus poderosos sindicatos. Cuando Alemania introdujo el poder ir de compras los jueves por la noche, allá por 1989, los trabajadores de los comercios se pusieron en huelga. Y al Sr. Drauschke le resulta difícil encontrar a trabajadores para esas dos horas adicionales de la tarde-noche del jueves, incluso si ese turno más tardío se recompensa con una hora menos de trabajo total en la semana laboral.

El señor Drauschke, como otros alemanes, también considera inconcebible la costumbre estadounidense de tener dos trabajos. “En la actualidad llego a casa a las siete. ¿Cuándo podría trabajar?”, pregunta. En cuanto a vacaciones, es ilegal, sí, ilegal, que los alemanes trabajen en otra cosa durante sus vacaciones, un tiempo que es “exclusivamente para recuperarse”, explica el Sr. Drauschke.

En J. C. Penney, la señora Clark empieza su jornada laboral a las ocho de la mañana. Aunque la tienda no abre hasta las diez, considera que necesita ese tiempo adicional para comprobar los estantes y el programa de trabajo del día. La mayor parte del personal de ventas llega sobre las nueve de la mañana para preparar las cajas y rellenar los estantes, un fuerte contraste con Karstadt, donde los vendedores llegan minutos antes de que abra la tienda.

Preguntas para el debate

1. ¿Cómo difiere la cultura laboral de Estados Unidos de la de Alemania?
2. ¿Qué considera que son las ventajas y desventajas básicas de cada sistema?
3. Si usted fuera el principal responsable de las operaciones de una cadena comercial internacional con centros tanto en Alemania como en Estados Unidos, ¿qué aspectos básicos tendría que abordar respecto a las políticas corporativas de recursos humanos?
4. ¿Cree usted que los problemas de recursos humanos son distintos en el sector del comercio que en otras industrias?
5. ¿Bajo qué sistema preferiría trabajar?

Fuente: Adaptado de R. W. Griffin y M. W. Pustay, *International Business: A Managerial Perspective*, 3.ª edición (página 601). © 2002 Prentice Hall Publishing Co.

■ *Caso de estudio* ■

La flota inestable

En marzo de 2005, Bill Southard, propietario de Southard Truck Lines, Canyon, Texas, compró una docena de nuevas tractoras a ARC Trucks*. Las relaciones con sus conductores han sido hasta ahora excelentes, pero las nuevas tractoras han creado un problema, ya que a los conductores no les gustan. Se quejan de que las nuevas tractoras son difíciles de controlar en la autopista: “se bambolean”. Por bambolearse parece que los conductores quieren decir que cuesta más controlarlas en las autopistas de alta velocidad. Además, cuando los conductores tienen la oportunidad, eligen las viejas tractoras. Dos conductores incluso dejaron la empresa, y Southard cree que, en vez de ayudarle a conservar a los buenos conductores, los nuevos camiones han contribuido realmente a que se hayan ido. Después de mantener varias conversaciones con los conductores, Southard ha llegado a la conclusión de que las nuevas tractoras tienen realmente un problema, y cree además que esta situación originará serias y negativas consecuencias para el futuro de la empresa. Las nuevas tractoras están provistas con los más modernos elementos de navegación, y con numerosas y caras comodidades. Consumen menos, parecen tener menos gastos de mantenimiento y tienen el último modelo de frenos antibloqueo.

Como cada cabina cuesta alrededor de 75.000 dólares, la inversión de Southard se acerca al millón de dólares. Southard está intentando desesperadamente mejorar el rendimiento de su flota mediante la reducción de los costes de combustible y de mantenimiento; sin embargo, no ha logrado alcanzar estas mejoras. Además, quiere que sus conductores estén contentos, pero tampoco lo ha conseguido. Por este motivo, Southard ha mantenido una serie de entrevistas con el fabricante de los camiones.

El fabricante, ARC Trucks, de Denton, Texas, rediseñó la suspensión delantera de los camiones que compró Southard. Aunque ARC insiste en que la nueva parte delantera es fantástica y funciona sin problema, Southard descubrió que desde que compró los camiones el fabricante ha realizado variaciones (aunque menores) en los componentes de la suspensión delantera. ARC dice que estos cambios forman parte de la mejora habitual del producto, y de su política de mejora continua de los productos.

A pesar de varias duras solicitudes de Southard, ARC Trucks se niega a realizar cualquier cambio en las tractoras vendidas. Las nuevas tractoras no parecen haber tenido una tasa de accidentes mayor que la habitual, pero tampoco tienen demasiado rodaje. Nadie ha sugerido que exista un problema de seguridad, pero los conductores de Bill insisten categóricamente en que es muy difícil mantener a los nuevos camiones en la carretera. El resultado es que Southard tiene nuevas tractoras que están paradas la mayor parte del tiempo, mientras que los conductores utilizan los viejos. Por tanto, sus costes son más altos de lo que deberían ser. Está considerando emprender acciones legales, pero el asesor legal le sugiere que documente su caso.

Preguntas para el debate

1. ¿Qué sugerencias le haría al señor Southard?
2. Después de haber estudiado el material de introducción al tema de ergonomía, ¿puede pensar en un enfoque analítico para documentar el problema planteado por los conductores?

* Los grandes camiones estadounidenses tienen dos componentes: uno, una tractora que tira del segundo componente, un trailer.



Caso de estudio en vídeo

La estrategia de recursos humanos de Hard Rock*

Todo el mundo que va a trabajar a Hard Rock Café, desde los directivos hasta los empleados contratados por

horas, recibe el Rock 101, una clase de formación inicial de dos días. En este cursillo de formación reciben su tarjeta de tamaño billetera “Los Valores de Hard Rock Café”, que tienen que llevar encima en todo momento. El sistema de valores de Hard Rock consiste

en producir un entorno de diversión, salud y educación en la cultura de Hard Rock Café. Este cursillo inicial, y otros muchos, ayudan a los empleados a desarrollarse tanto personal como profesionalmente. El departamento de recursos humanos desempeña un papel crítico en cualquier organización de servicios, pero en Hard Rock, con su “estrategia de experiencia”, el departamento de recursos humanos adquiere una importancia extra.

Mucho antes de que Jim Knight, director de formación corporativa, inicie la clase, la estrategia de recursos humanos de Hard Rock ha tenido ya su impacto. El plan estratégico de Hard Rock incluye crear una cultura que permite aceptar una importante diversidad e individualidad. Desde una perspectiva de recursos humanos, esto tiene la ventaja de ampliar el pool de candidatos potenciales, así como de contribuir a la cultura de Hard Rock.

La creación de un entorno laboral que va más allá del cheque a final de mes es un reto singular. Las prestaciones y los salarios excelentes son un punto de partida, pero la clave consiste en crear un entorno que gusta a los empleados. Esto incluye prestaciones para los trabajadores a tiempo parcial con al menos 19 horas semanales (mientras que en el resto de la industria sólo se reciben prestaciones cuando se trabaja un mínimo de 35 horas semanales), un respeto excepcional por la individualidad, formación continua, y un elevado nivel de promociones internas: aproximadamente el 60% de los directivos provienen de la categoría de los empleados contratados por horas. La formación de la empresa es muy específica, con CD interactivos orientados al trabajo que cubren los puestos de cocina, tienda y servicio de restauración al cliente. Se promueve especialmente el trabajo de voluntariado fuera de la empresa para fomentar vínculos entre los trabajadores, con sus comunidades y en los aspectos de importancia para ellos.

También se selecciona a los candidatos en función de su interés por la música y de su capacidad para contar una historia. Hard Rock se basa en un criterio de contratación de individuos brillantes, de actitud positiva, automotivados, junto a una carta de derechos de los empleados y una importante dotación de poder y competencias a los empleados. El resultado es una cultura y un entorno laboral únicos que, sin duda alguna, contribuyen a la baja rotación de los empleados contratados por horas, la mitad de la media de la industria.

El layout, los artículos de coleccionista, la música y los vídeos son elementos importantes de la “experiencia” Hard Rock, pero son los camareros y camareras los



Valores

1. Innovar y crear cada oportunidad
2. Animar a nuestros empleados a maximizar su potencial
3. Querer a todos, servir a todos... tratar a cada individuo con respeto
4. Dar calidad excepcional... superar las expectativas
5. Asegurar el éxito y el crecimiento a largo plazo de nuestra organización
6. Salvar el planeta... participar de forma activa en el bienestar de nuestro planeta y de sus habitantes
7. Practicar la honradez, la integridad y la profesionalidad

que tienen que hacer realidad esa experiencia. Se centran especialmente en ofrecer una experiencia de cena memorable y auténtica. Al igual que Southwest Airlines, Hard Rock está buscando a gente con una razón: gente a la que le gusta servir. Teniendo éxito en su estrategia de recursos humanos Hard Rock obtiene una ventaja competitiva.

Preguntas para el debate**

1. ¿Qué ha hecho Hard Rock para reducir la rotación de sus empleados a la mitad de la media de la industria?
3. ¿Cómo respalda el departamento de recursos humanos de Hard Rock la estrategia general de la empresa.
3. ¿Cómo funcionaría el sistema de valores de Hard Rock con los trabajadores de una cadena de montaje de automóviles?

* La declaración de la misión de Hard Rock Café se muestra en la Figura 2.2 del Capítulo 2.

** Puede que quiera revisar el caso en vídeo en su CD-ROM antes de responder a estas preguntas.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Sistema de incentivos de Lincoln Electric's.** El sistema de incentivos de este fabricante hace que sus trabajadores de fábrica sean los mejor pagados del mundo.

Harvard ha seleccionado estos casos de la Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Southwest Airlines: utilización de los recursos humanos para lograr una ventaja competitiva (#HR1A):** Analiza cómo ha desarrollado Southwest Airlines una ventaja competitiva sostenible a través de los recursos humanos.
- **Eli Lilly: El proyecto Evista (#699-016):** Presenta las realidades operativas de dos equipos de desarrollo de producto.
- **PPG: Desarrollo de una mano de obra autodirigida (#693-020):** Estudia el proceso de creación de una plantilla autodirigida, incluyendo la teoría y las dificultades.



BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, S. E., y M. Spencer, "The Legal Limitations to Self-Directed Work Teams in Production Planning and Control", *Production and Inventory Management Journal* 39, n.º 1 (primer trimestre 1998): pp. 41-45.
- Barnes, R. M., *Motion and Time Study, Design and Measurement of Work*. 7.ª ed. New York: John Wiley, 1980.
- Brown, Karen A., P. Geoffrey Willis, y Gregory E., Prussia. "Predicting Safe Employee Behavior in the Steel Industry: Development and Test of a Sociotechnical Model", *Journal of Operations Management* 18, n.º 4 (junio 2000): pp. 445-465.
- Galsworth, Gwendolyn D., *Visual Systems: Harnessing the Power of a Visual Workplace*. New York: AMACOM, 1997.
- Goldstein, Susan M., "Employee Development: An Examination of Service Strategy in a High-Contact Service Environment", *Production and Operations Management* 12, n.º 2 (verano 2003): pp. 186-203.
- Guthrie, James P., "High-Involvement Work Practices, Turnover, and Productivity: Evidence from New Zealand." *Academy of Management Journal* 44, n.º 1 (2001): pp. 180-190.
- Hays, J. M., y A. V. Hill, "A Preliminary Investigation of the Relationships between Employee Motivation/Vision, Service Learning, and Perceived Service Quality", *Journal of Operations Management* 19, n.º 3 (mayo 2001): pp. 335-349.
- Housel, Debra J., *Team Dynamics: Professional Development Series*. Cincinnati: South-Western Publishing, 2002.
- Niebel, B., y A. Freivalds. *Methods, Standards, and Work Design*, 11.ª ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
- Phillips, C. A., *Human Factors Engineering*. New York: John Wiley, 1999.
- Sanders, M. S., y E. J. McCormick, *Human Factors in Engineering and Design*, 7.ª ed. New York: McGraw-Hill, 1993.
- Schultz, George, "More than Measuring", *APICS: The Performance Advantage* (enero 2004): pp. 23-26.
- Stratman, Jeff K., Aleda V. Roth y Wendell G. Gilland, "The Deployment of Temporary Production Workers in Assembly Operations", *Journal of Operations Management* 21, n.º 6 (enero 2004): pp. 689-707.
- West, Lawrence A., Jr., y Walter A. Bogumil, Jr., "Foreign Knowledge Workers as a Strategic Staffing Option", *The Academy of Management Executive* 14, n.º 4 (noviembre 2000): pp. 71-83.



RECURSOS EN INTERNET

Bibliography on interpersonal relationships and team success:

<http://www.hq.nasa.gov/office/hqlibrary/ppm/ppm29.htm>

Bibliography on teams and teamwork:

<http://www.hq.nasa.gov/office/hqlibrary/ppm/ppm5.htm>

Ergonomics at University of Toronto:

<http://vered.rose.toronto.edu/>

Human Measurements by Open Ergonomics Ltd:

<http://www.openerg.com/>

Human Modeling by UGS:

<http://www.ugs.com/products/efactory/>

Occupational Safety and Health Administration:

<http://www.osha.gov/>

Visual training systems by The Visual Workplace:

<http://www.visual-workplace.com>

World at Work:

<http://www.worldatwork.org>

MEDIDA DEL TRABAJO

10

CONTENIDO DEL SUPLEMENTO

ESTÁNDARES DE TRABAJO Y MEDIDA DEL TRABAJO

EXPERIENCIA HISTÓRICA

ESTUDIO DE TIEMPOS (CRONOMETRAJES)

SISTEMAS DE TIEMPOS PREDETERMINADOS

MUESTREO DE TRABAJO

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM
DEL ALUMNO

CUESTIONES PARA EL DEBATE

EJERCICIO ACTIVE MODEL

PROBLEMAS

CASO DE ESTUDIO: JACKSON
MANUFACTURING COMPANY

PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

*Cuando haya
completado este
suplemento, debe
ser capaz de:*

Identificar o definir:

Cuatro formas de
definir los tiempos
estándares de
trabajo

Describir o explicar:

Requisitos para unos
tiempos estándares
de trabajo
adecuados

El estudio de tiempos
por cronometraje

Sistemas de tiempos
predeterminados

Muestreo de trabajo

Todos los días, de hecho, 130 veces cada día, Tim Nelson se reclina en el asiento abatible La-Z-Boy, en el departamento de sofás, o en el sillón del amor. Es uno de los 25 inspectores de la factoría de La-Z-Boy Inc. en Dayton. Mientras se reclina en el butacón La-Z-Boy, inspecciona el confort general del mismo; tiene que hundirse ligeramente en la butaca, pero no demasiado. Igual que para Ricitos de Oro (referencia al cuento infantil, Ricitos de Oro y Los Tres Ositos), la butaca no debe ser ni demasiado dura ni demasiado blanda; debe ser exactamente perfecta, o se volverá a enviar al departamento de relleno. Si pasa la prueba de "dureza", entonces Tim se balancea hacia atrás y hace delante, para asegurarse de que la butaca está correctamente equilibrada y se mueve con suavidad. A continuación Tim tiene que comprobar el reposapiés, arquea la espalda y adopta la posición como si estuviera echándose una siesta el domingo por la tarde. Poniéndose de nuevo en pie, realiza una comprobación visual dando una vuelta alrededor de la butaca; y después, pasa a comprobar la siguiente butaca. Una menos, sólo quedan 129 por delante.

ESTÁNDARES DE TRABAJO Y MEDIDA DEL TRABAJO

Los modernos estándares de trabajo comenzaron con los trabajos de Frederick Taylor y Frank y Lillian Gilbreth a principios del siglo XX. En aquella época, la mayor parte del trabajo era manual, y el contenido de mano de obra en los productos fabricados era elevado. Poco se conocía sobre que era una jornada de trabajo razonable, por lo que los directivos iniciaron estudios para mejorar los métodos de trabajo y para comprender el esfuerzo humano. Estos estudios continúan todavía. Aunque estamos a principios del siglo XXI, y los costes de la mano de obra suponen a menudo menos del 10% de las ventas, los estándares de trabajo siguen siendo importantes, y desempeñan un papel esencial en las empresas de fabricación y de servicios. Suelen ser el punto de partida para determinar las necesidades de personal. Con la mitad de las fábricas de Norteamérica utilizando algún tipo de sistema de incentivos para la mano de obra, es necesario tener buenos tiempos estándar o estándares de trabajo.

Una dirección de operaciones eficaz necesita tiempos estándar de trabajo definidos correctamente que ayuden a la empresa a determinar:

1. El contenido en mano de obra en los artículos producidos (el coste de la mano de obra).
2. Las necesidades de personal (cuánta gente se necesita para lograr la producción solicitada).
3. Las estimaciones de coste y tiempo antes de iniciar la producción (para ayudar en una serie de decisiones, que van desde las estimaciones de costes hasta las decisiones de fabricar o comprar).
4. El tamaño de los equipos y el equilibrado de las cargas de trabajo (quién hace qué en una actividad de grupo o en una línea de montaje).
5. La producción esperada (de esta manera, tanto el director como el empleado saben qué constituye realmente el trabajo justo de un día).
6. Las bases de los sistemas de salarios e incentivos (qué es lo que se considera un incentivo razonable).
7. La eficiencia de los empleados y de la supervisión (es necesario un tiempo estándar contra el que determinar la eficiencia).

Los tiempos estándar de trabajo correctamente definidos representan la cantidad de tiempo que tardaría un empleado medio en realizar una actividad de trabajo específica, en unas condiciones normales de trabajo. Los estándares de trabajo se establecen de cuatro formas:

1. Experiencia histórica
2. Estudios de tiempos
3. Sistemas de tiempos predeterminados
4. Muestreo de trabajo

Este suplemento abarca cada una de estas técnicas.

EXPERIENCIA HISTÓRICA

Se pueden estimar los tiempos estándares de trabajo basándose en la *experiencia histórica*; es decir, cuenta cuántas horas de trabajo fueron necesarias para hacer una tarea la última vez que se realizó. Los tiempos estándares históricos tienen la ventaja de ser relativa-

mente fáciles y baratos de obtener. Normalmente, están disponibles en las fichas de tiempo de los empleados o en los registros de producción. Pero no son objetivos, y no conocemos su precisión, ni si representan un ritmo de trabajo razonable o lento, ni si se incluyen circunstancias inusuales. Como se desconocen dichas variables, no se recomienda su utilización. Se recomiendan, en cambio, los estudios de tiempos, los tiempos estándares pre-determinados y el muestreo de trabajo.

Existen tiempos estándar de trabajo para los operadores de teléfono, para los mecánicos de automóviles y para los conductores de UPS, así como para muchos trabajadores de fábricas.

ESTUDIO DE TIEMPOS (CRONOMETRAJES)

El clásico sistema de estudio con cronómetro, o estudio de tiempos, originalmente propuesto por Frederick W. Taylor en 1881, es aún el método de estudio más utilizado¹. El procedimiento del **estudio de tiempos** consiste en cronometrar una muestra de la actividad de un empleado y utilizarla para fijar un estándar. Una persona entrenada y con experiencia puede establecer un estándar siguiendo los ocho pasos que se detallan a continuación:

1. Definir la tarea a estudiar (después de haber realizado el estudio de métodos).
2. Dividir la tarea en elementos precisos (partes de la tarea que a menudo no duran más que unos pocos segundos).
3. Decidir cuántas veces se va a medir la tarea (el número de ciclos de trabajo o muestras que se necesitan).
4. Cronometrar y anotar los tiempos de los elementos y los índices de actividad desarrollados.
5. Calcular el tiempo observado (real) medio. El **tiempo observado medio** es la media aritmética de los tiempos anotados para *cada* elemento cronometrado, ajustada eliminando los tiempos “anormales” en cada elemento:

$$\text{Tiempo observado medio} = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{Suma de los tiempos registrados} \\ \text{para realizar cada elemento} \end{array} \right)}{\text{Número de observaciones}} \quad (\text{S10.1})$$

6. Determinar el índice de eficacia y calcular el **tiempo normal** para cada elemento.

$$\text{Tiempo normal} = (\text{Tiempo observado medio}) \times (\text{Factor de actividad}) \quad (\text{S10.2})$$

El índice de actividad ajusta el tiempo observado a lo que un empleado normal podría esperar realizar. Por ejemplo, un empleado normal debería ser capaz de caminar 3 millas (4,8 kilómetros) por hora. También debería ser capaz de repartir una baraja de 52 cartas en cuatro montones iguales en 30 segundos. Una persona que desarrollara una tarea con un índice de actividad de 1,05 indicaría que realiza la tarea ligeramente más *rápido* que la media. Hay numerosos vídeos que especifican los ritmos de trabajo en los que los profesionales del tema están de acuerdo, y las referencias (*benchmarks*) de actividad han sido establecidos por la Sociedad para el Desarrollo de la Dirección (*Society for the Advancement of Management*). Sin embargo, la valoración de la actividad o ritmo tiene todavía algo de arte.

7. Sumar los tiempos normales de cada elemento, para obtener el tiempo normal total de la tarea.

Estudio de tiempos

Toma de una muestra de los tiempos de trabajo de un empleado y utilización de la misma para establecer un tiempo estándar.

Tiempo observado medio

Media aritmética de los tiempos de cada elemento estudiado, ajustada eliminando los tiempos “anormales” en cada elemento.

Tiempo normal

Tiempo observado, ajustándolo con la actividad o ritmo.

¹ Para una visión esclarecedora de la vida y la influencia de Taylor, véanse S. Parayitum, M. A. White y J. R. Hough, *Management Decision* 40, n.º 10 (2002), 1003-1012, o Daniel Nelson, “The One Best Way: Frederick Winslow Taylor and the Enigma of Efficiency”, *Journal of Economic History* (septiembre de 1998), pp. 903-905.

1. Suplementos fijos:	(ii) Bastante inadecuada	5
(A) Suplementos y necesidades personales		5
(B) Suplemento básico por fatiga	(E) Condiciones atmosféricas (calor y humedad):	
	Variable	0-10
2. Suplementos variables:	(F) Prestar mucha atención:	
(A) Suplementos por estar de pie	(i) Tarea precisa o muy exigente	2
(B) Sptos. por adoptar alguna posición anormal:	(ii) Tarea muy afinada o muy exacta	5
(i) Incómoda (estar inclinado, flexionado)		2
(ii) Muy incómoda (estar tumbado, estirado)	(G) Nivel de ruido:	
(C) Utilización de la fuerza o la energía muscular para	(i) Intermitente-fuerte	2
elevantar, tirar y empujar	(ii) Intermitente-muy fuerte o de tono alto	5
Peso levantado (libras):	(H) Esfuerzo mental:	
20	(i) Complejo o que requiere una gran atención	4
40	(ii) Muy complejo	8
60	(I) Pesadez:	
(D) Mala iluminación:	(i) Aburrido	2
(i) Por debajo de la recomendada	(ii) Muy aburrido	5

FIGURA S10.1 ■ Suplementos de descanso (en porcentajes) para varias clases de trabajo

Fuente: Extracto de *Methods, Standards and Work Design*, 11.ª edición, por B.W. Niebel y A. Freivalds (Irwin/McGraw-Hill, 2003).

Tiempo estándar

Ajuste del tiempo normal total; dicho ajuste tiene en cuenta suplementos para las necesidades personales, las inevitables esperas y la fatiga.

8. Calcular el **tiempo estándar**. Este ajuste del tiempo normal total engloba ciertos suplementos, como las necesidades *personales*, las inevitables *demoras* en el trabajo, y la *fatiga* de los empleados.

$$\text{Tiempo estándar} = \frac{\text{Tiempo normal total}}{1 - \text{factor de suplementos}} \quad (\text{S10.3})$$

[Nota del revisor: a veces, el cálculo del tiempo estándar se hace multiplicando el Tiempo normal por (1 + factor de suplementos). A este producto se lo llama también habitualmente Tiempo Ciclo].

Los *suplementos de tiempo personales* se suelen fijar en el intervalo del 4 al 7% del tiempo total, en función de la proximidad de los aseos, de las fuentes de agua y de otras instalaciones. Los *suplementos por demoras* suelen fijarse como resultado de estudios reales de las demoras que se producen en la práctica. Los *suplementos por fatiga* se basan en nuestro creciente conocimiento sobre el gasto de la energía humana en diversas condiciones físicas ambientales. En la Figura S10.1 se presenta una muestra de los suplementos personales y de fatiga. El Ejemplo S1 ilustra el cálculo del tiempo estándar.

EJEMPLO S1

Cálculo del tiempo normal y de tiempo estándar

El estudio de tiempos de una operación proporcionó un tiempo observado medio de 4 minutos. El analista valoró la actividad observada del empleado en un 85%. Esto significa que el trabajador trabajaba a un 85% del ritmo normal en el momento en que se realizó el estudio. La empresa utiliza un factor de suplemento del 13%. Queremos calcular el tiempo estándar.

Solución

Tiempo observado medio = 4,0 min.

$$\begin{aligned}\text{Tiempo normal} &= (\text{Tiempo observado medio}) \times (\text{Factor de actividad}) \\ &= (4,0)(0,85) \\ &= 3,4 \text{ min.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tiempo estándar} &= \frac{\text{Tiempo normal}}{1 - \text{factor de suplemento}} = \frac{3,4}{1 - 0,13} = \frac{3,4}{0,87} \\ &= 3,9 \text{ min.}\end{aligned}$$

El Ejemplo S2 utiliza una serie de tiempos cronometrados para cada elemento.

Utilización de estudios de tiempo para calcular el tiempo estándar

Management Science Associates promociona sus seminarios sobre desarrollo de la dirección enviando cartas personalizadas a diversas empresas. Se realizó un estudio de tiempos de la tarea de preparación de cartas para su envío. Basándose en las observaciones que se indican abajo, Management Science Associates quiere definir un tiempo estándar para realizar esta tarea. El factor de suplementos por necesidades personales, demoras y fatiga es del 15%.

ELEMENTO DE TRABAJO	Observaciones (en minutos)					ÍNDICE DE ACTIVIDAD
	1	2	3	4	5	
(A) Mecanografiar la carta	8	10	9	21*	11	120%
(B) Mecanografiar la dirección en el sobre	2	3	2	1	3	105%
(C) Meter la carta en el sobre, poner el sello, cerrar y clasificar los sobres	2	1	5*	2	1	110%

Solución

Una vez recopilados los datos, el procedimiento es el siguiente:

1. Eliminar las observaciones poco corrientes o excepcionales, como las marcadas con un asterisco (*). (Éstas pueden deberse a interrupciones en el trabajo, a conversaciones con el jefe o a errores de naturaleza no habitual; estas observaciones no forman parte del trabajo en sí, pero pueden ser suplemento personal o de demora).
2. Calcular el tiempo medio para cada elemento de trabajo:

$$\text{Tiempo medio para A} = \frac{8 + 10 + 9 + 11}{4} = 9,5 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo medio para B} = \frac{2 + 3 + 2 + 1 + 3}{5} = 2,2 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo medio para C} = \frac{2 + 1 + 2 + 1}{4} = 1,5 \text{ min.}$$

EJEMPLO S2

En muchos trabajos del sector servicios, como limpiar las bañeras del hotel Sheraton, alquilar un automóvil en Hertz, o envolver un burrito de Taco Bell, el estudio de tiempos y movimiento son herramientas de dirección eficaces.

Los hoteles Sleep Inn® están mostrando al mundo que los grandes aumentos de productividad no sólo se producen en las fábricas, sino también en la industria de servicios. Diseñados pensando siempre en la eficiencia de la mano de obra, los hoteles Sleep Inn® funcionan con un 13% menos de personal que hoteles similares. Entre sus características destacan tener una lavandería prácticamente automática, una cabina de ducha redonda que elimina las esquinas sucias, y armarios sin puertas para que el servicio no las tenga que abrir y cerrar.

Es importante que el empleado al que se va a observar lo sepa con antelación, para evitar malentendidos y sospechas.

3. Calcular el tiempo normal para cada elemento de trabajo:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo normal para A} &= (\text{tiempo observado medio}) \times (\text{valoración de la actividad}) \\ &= (9,5)(1,2) \\ &= 11,4 \text{ min.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tiempo normal para B} &= (2,2)(1,05) \\ &= 2,31 \text{ min.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tiempo normal para C} &= (1,5)(1,10) \\ &= 1,65 \text{ min.}\end{aligned}$$

Nota: Los tiempos normales se calculan para cada elemento, porque la valoración de la actividad puede ser diferente para cada elemento, como sucede en este caso.

4. Sumar los tiempos normales de cada elemento, para obtener el tiempo normal total (el tiempo normal para el trabajo completo).

$$\begin{aligned}\text{Tiempo normal total} &= 11,40 + 2,31 + 1,65 \\ &= 15,36 \text{ min.}\end{aligned}$$

5. Calcular el tiempo estándar para el trabajo:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo estándar} &= \frac{\text{Tiempo normal total}}{1 - \text{factor de suplemento}} = \frac{15,36}{1 - 0,15} \\ &= 18,07 \text{ min.}\end{aligned}$$

Estos 18,07 minutos es el tiempo estándar de este trabajo.

Nota: Cuando los tiempos observados no son coherentes, hay que revisarlos. Los tiempos anormalmente cortos pueden ser el resultado de un error de observación, y se suelen descartar. Los tiempos extrañamente largos, por su parte, se tienen que analizar para determinar si también son un error. Sin embargo, pueden incluir una actividad que rara vez tiene lugar, pero que es válida (como el ajuste de una máquina), o puede tratarse de tiempos personales, de demora o de cansancio.

El estudio de tiempos es un proceso de muestreo, y por lo tanto surge el problema del error de muestreo en el tiempo observado medio. En estadística, el error varía de forma inversamente proporcional al tamaño de la muestra. Por este motivo, para determinar cuántos ciclos se deben cronometrar, debemos considerar la variabilidad de cada elemento en el estudio.

Para determinar un tamaño de muestra adecuado, debemos tener en cuenta tres puntos:

1. El nivel de precisión que queremos obtener (por ejemplo, ¿es suficientemente preciso un margen de $\pm 5\%$ del tiempo observado?).
2. El nivel de confianza deseado (por ejemplo, el valor de z ; ¿es adecuado el 95% o se requiere el 99%?).
3. Qué variación existe dentro de los elementos de trabajo (por ejemplo, si la variación es grande se necesitará una muestra grande).

La fórmula para calcular el tamaño de muestra adecuado, y que contiene a estas tres variables es:

$$\text{Tamaño de la muestra requerido} = n = \left(\frac{zs}{h\bar{x}} \right)^2 \quad (\text{S10.4})$$

donde h = nivel de precisión deseado en tanto por ciento sobre el tiempo del elemento de trabajo, expresado en forma decimal ($5\% = 0,05$)

z = número de desviaciones estándar requeridas para el nivel de confianza deseado (90% de confianza = 1,65; véase la Tabla S10.1 o el Apéndice I para observar los valores de z más comunes)

s = desviación estándar de la muestra inicial

\bar{x} = media de la muestra inicial

n = tamaño de muestra requerido

TABLA S10.1 ■ Valores comunes de z

Nivel de confianza deseado (%)	Valor de z (desviación estándar requerida para el nivel de confianza deseado)
90,0	1,65
95,0	1,96
95,45	2,00
99,0	2,58
99,73	3,00

En el Ejemplo S3 vemos todo esto.

Cálculo del tamaño de la muestra

Thomas W. Jones Manufacturing Co. le ha solicitado que compruebe el tiempo estándar de trabajo preparado por un analista que hace poco que acabó su formación. Su primera tarea es determinar el tamaño de muestra correcto. Su grado de precisión debe estar dentro del 5%, y su nivel de confianza ha de ser del 95%. La desviación estándar de la muestra es 1,0, y la media 3,00.

Solución

$$h = 0,05 \quad \bar{x} = 3,00 \quad s = 1,0$$

$$z = 1,96 \text{ (de la Tabla S10.1 o del Apéndice I)}$$

$$n = \left(\frac{zs}{h\bar{x}} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{1,96 \times 1,0}{0,05 \times 3} \right)^2 = 170,74 \approx 171$$

Por tanto, recomienda un tamaño de muestra de 171 observaciones.

EJEMPLO S3

Desde la época de F. W. Taylor se han estado haciendo los estudios de tiempos con un cronómetro. Sin embargo, con el desarrollo de las agendas personales digitales (PDA), el estudio de los elementos, los tiempos, la actividad y los intervalos de confianza estadística puede hacerse, editarse, gestionarse, y descargarse a una hoja de cálculo.

Ahora, veremos dos variaciones del Ejemplo S3.

En primer lugar, si h (la precisión deseada) se expresa como un valor absoluto del error (digamos que un minuto de error es aceptable), entonces sustituimos e por $h\bar{x}$, y la fórmula apropiada es:

$$n = \left(\frac{zs}{e} \right)^2 \quad (\text{S10.5})$$

donde e es el valor absoluto del error aceptable.

En segundo lugar, en aquellos casos en los que no se ha facilitado s , la desviación estándar de la muestra (lo que es típico fuera de las aulas) hay que calcularla. La fórmula para calcularla es la siguiente:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum (\text{cada observación de la muestra} - \bar{x})^2}{\text{número de observaciones en la muestra} - 1}} \quad (\text{S10.6})$$

donde x_i = valor de cada observación

\bar{x} = media de las observaciones

n = número de observaciones

En el Problema resuelto S10.3 se proporciona un ejemplo de este cálculo.

Aunque los estudios de tiempos proporcionan exactitud a la hora de determinar los tiempos estándares de trabajo (véase el recuadro de *Dirección de producción en acción* sobre UPS), tienen dos desventajas. En primer lugar, requieren una plantilla de analistas bien formada. En segundo lugar, no se pueden determinar los tiempos estándares de los trabajos antes de que éstos realmente se realicen. Esto nos conduce a las dos técnicas alternativas de la medida del trabajo que analizaremos a continuación.

SISTEMAS DE TIEMPOS PREDETERMINADOS

Además de mediante la experiencia histórica y el estudio de tiempos, también se pueden fijar estándares de producción utilizando los sistemas de tiempos predeterminados. Los **sistemas de tiempos predeterminados** dividen el trabajo manual en pequeños elementos básicos que ya tienen tiempos establecidos (basados en gran cantidad de muestras de trabajadores). Para estimar el tiempo de una tarea concreta se suman los tiempos de los elementos básicos que constituyen esa tarea. El desarrollo de un sistema exhaustivo de estándares de tiempos predeterminados sería muy caro para cualquier empresa. Por este motivo, existen varios sistemas disponibles comercialmente. El sistema de tiempos predeterminados más frecuente es el denominado *medida del tiempo de los métodos (methods time measurement, MTM)*, que es un producto de la MTM Association².

Los tiempos predeterminados son un producto de los movimientos básicos, denominados *therbligs*. El término *therblig* fue acuñado por Frank Gilbreth (*Gilbreth* deletreado al revés con la t y la h cambiadas). Los *therbligs* incluyen actividades como seleccionar, agarrar, posicionar, encajar, alcanzar, sostener, apoyar e inspeccionar. Estas actividades están establecidas en términos de **unidades de medida de tiempo (time measurement units, TMU)**, cada una de las cuales es igual a 0,00001 horas o 0,0006 minutos. Los valores MTM para diversos *therbligs* se especifican detalladamente en distintas tablas. Por ejemplo, la

Sistemas de tiempos predeterminados

Una división del trabajo manual en pequeños elementos básicos, que tienen tiempos establecidos y ampliamente aceptados.

Therbligs

Elementos físicos básicos de movimiento.

Unidades de medida de tiempo (TMU)

Unidades para micromovimientos muy básicos, en los que 1 TMU = 0,0006 minutos, o 100.000 UMT = 1 hora.

² MTM es realmente una familia de productos que se puede adquirir a Methods Time Measurement Association. Por ejemplo, MTM-HC abarca el sector de la atención sanitaria, MTM-C se ocupa de las actividades de oficina, MTM-M implica actividades microscópicas, MTM-V tiene que ver con las tareas de talleres de maquinaria, y así sucesivamente.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN EN ACCIÓN

UPS: EL ENVÍO MÁS CUIDADOSAMENTE ORGANIZADO EN EL NEGOCIO DE ENVÍOS A DOMICILIO

United Parcel Service (UPS) emplea a 150.000 personas, y entrega una media de 9 millones de paquetes al día en diferentes lugares de Estados Unidos y en otros 180 países. Para conseguir su lema de "realizar el envío más cuidadosamente organizado en el negocio de envíos a domicilio", UPS entrena metódicamente a sus conductores de reparto para que realicen su trabajo lo más eficientemente posible.

Los ingenieros industriales de UPS han estudiado el tiempo de cada ruta de transporte, y han fijado estándares para cada entrega, parada y recogida. Estos ingenieros han registrado cada segundo, teniendo en cuenta las paradas en los semáforos, el volumen de tráfico, las desviaciones, las llamadas a los timbres de las casa, las zonas peatonales, las escaleras y los descansos de los conductores para tomar café. Incluso las paradas para ir al servicio están consideradas en estos tiempos estándar. Toda esta información se introduce en las computadoras de la

empresa para proporcionar los tiempos estándar para cada conductor cada día.

Para alcanzar el objetivo de realizar 200 entregas y recogidas cada día (frente a las 80 de Federal Express), los conductores de UPS deben seguir exactamente los procedimientos. Cuando se acercan a una parada para hacer una entrega, los conductores se desabrochan el cinturón de seguridad, tocan la bocina y paran el motor. Con un movimiento perfecto, tiran del freno de mano y meten la primera marcha. Después, bajan del camión con su carpeta electrónica bajo el brazo derecho y con los paquetes en su mano izquierda. En la mano derecha, lleva la llave de contacto con los dientes hacia arriba. Los conductores caminan hacia la puerta del cliente a la velocidad recomendada de un metro por segundo, y llaman a la puerta con los nudillos para no perder segundos buscando el timbre. Después de realizar la entrega, rellenan el parte de trabajo mientras se dirigen al camión.

Los expertos en productividad consideran a UPS como una de las empresas más eficientes en el mundo a la hora de aplicar tiempos estándares de trabajo eficaces.

Fuentes: *IIE Solutions* (marzo de 2002), 16; *EBN* (7 de mayo de 2001), 70; e *Industrial Engineer* (noviembre de 2003), 22.

Figura S10.2 proporciona el conjunto de tiempos estándares para el movimiento AGARRAR y COLOCAR. Para utilizar AGARRAR y COLOCAR, se debe saber qué se está "agarrando", su peso aproximado, y dónde y a qué distancia se supone que se va a colocar.

AGARRAR y COLOCAR			RANGO DE DISTANCIA EN PULGADAS*	<8	>8 <20	>20 <32
PESO	CONDICIONES PARA COGER	EXACTITUD DEL LUGAR DONDE SE VAA COLOCAR	CÓDIGO	1	2	3
<2 libras*	FÁCIL	APROXIMADO	AA	20	35	50
		POCO PRECISO	AB	30	45	60
		ESTRICTO	AC	40	55	70
	DIFÍCIL	APROXIMADO	AD	20	45	60
		POCO PRECISO	AE	30	55	70
		ESTRICTO	AF	40	65	80
	PUÑADO	APROXIMADO	AG	40	65	80
>2 libras <18 libras		APROXIMADO	AH	25	45	55
		POCO PRECISO	AJ	40	65	75
		ESTRICTO	AK	50	75	85
>18 libras < 45 libras		APROXIMADO	AL	90	106	115
		POCO PRECISO	AM	95	120	130
		ESTRICTO	AN	120	145	160

* N. de T.: Una libra equivale aproximadamente a 0,45 kg. Una pulgada equivale a 2,54 cm.

FIGURA S10.2 ■
Tabla muestra de MTM para el movimiento de coger y colocar

Los valores de tiempo están expresados en *TMU*.

Fuente: Copyright de la MTM Association for Standards and Research. Prohibida la reimpresión sin el consentimiento de la MTM Association, 16-01 Broadway, Fair Lawn, NJ 07410.

EJEMPLO S4**Aplicación de los tiempos predeterminados (análisis MTM) para calcular el tiempo estándar**

Verter una muestra de un tubo de ensayo en el laboratorio de un hospital es una tarea repetitiva, para la que se pueden utilizar los datos de MTM de la Figura S10.2 para determinar los tiempos estándar. El tubo de ensayo está en una gradilla, y los tubos de centrifugado están en una caja cercana. Un técnico saca el tubo de ensayo de la gradilla, lo destapa, coge el tubo de centrifugado, vierte el contenido del primero en el segundo, y coloca ambos en la gradilla.

El primer elemento de trabajo implica coger el tubo de la gradilla. Suponiendo que las condiciones para COGER el tubo y COLOCARLO delante del técnico son:

- Peso: *menos de 2 libras* (0,91 kg)
- Condiciones para COGERLO: *fáciles*
- Exactitud del lugar: *aproximada*
- Rango de distancia: *de 8 a 10 pulgadas* (20 a 25 centímetros)

Por lo tanto, el elemento del MTM para esta actividad es AA2 (como se muestra en la Figura S10.2). El resto de la Tabla S10.2 se ha elaborado a partir de la Figura S10.2 y de tablas de MTM similares. La mayoría de los cálculos de MTM están informatizados, por lo que el usuario sólo necesita teclear en el código MTM adecuado, como el AA2 de este ejemplo.

TABLA S10.2 ■ Análisis MTM-HC: Vertido de muestras en un tubo de ensayo

Descripción del elemento	Elemento	Tiempo
Coge el tubo de la gradilla	AA2	35
Sacar el tapón y colocarlo en el mostrador	AA2	35
Coge el tubo de centrifugado, lo coloca al lado del de la muestra	AD2	45
Verter (3 s)	PT	83
Colocar los tubos en la estantería (simultáneamente)	PC2	40
		UMT total 238

$$0,0006 \times 238 = \text{tiempo estándar total en minutos} = 0,14$$

Fuente: A. S. Helms, B. W. Shaw y C. A. Linder, "The Development of Laboratory Workload Standards through Computer-Based Work Measurement Technique, Part I", *Journal of Methods-Time Measurement* 12, p. 43. Utilizado con el permiso de la MTM Association for Standards and Research.

Una de las técnicas de Gilbreth era utilizar cámaras para grabar el movimiento, acoplado a las piernas de los individuos. De esta forma se podía seguir el movimiento de los individuos mientras realizaban diferentes trabajos.

Algunas empresas utilizan una combinación de estudios con cronómetro y de estándares de tiempos predeterminados.

Los estándares de tiempos predeterminados tienen muchas ventajas sobre los estudios de tiempos directos por cronometraje. En primer lugar, se pueden fijar en un entorno de laboratorio, sin necesidad de acudir al puesto real de trabajo, y en consecuencia el procedimiento no perjudicará a las actividades de producción actuales (lo que sí ocurre con el estudio de tiempos). En segundo lugar, como el tiempo estándar se puede fijar antes de hacer la tarea realmente, el sistema se puede utilizar para planificación. En tercer lugar, no se necesita una valoración de la actividad. En cuarto lugar, los sindicatos tienden a aceptar este método como un sistema justo para fijar los tiempos estándar. Por último, los tiempos estándar predeterminados son especialmente eficaces en empresas que hacen un número considerable de estudios de tareas. Para asegurar la precisión de los tiempos estándares de trabajo, algunas empresas utilizan a la vez el estudio de tiempos por cronometraje y los sistemas de tiempos predeterminados.

MUESTREO DE TRABAJO

El muestreo de trabajo es el cuarto método para la determinación de los tiempos estándar de trabajo o de producción, y fue desarrollado en Inglaterra por L. Tippet en la década de 1930. El **muestreo de trabajo** estima el porcentaje de tiempo que un empleado pasa en diferentes tareas. El método requiere observaciones aleatorias, que registren la actividad que está desarrollando el empleado. Los resultados se utilizan principalmente para determinar cómo distribuyen los empleados su tiempo entre diferentes actividades. El conocimiento de esta distribución puede permitir cambios en la plantilla, reasignación de responsabilidades, estimación del coste de las actividades, y fijación de los suplementos por esperas para los tiempos estándar de trabajo. Cuando el muestro de trabajo se realiza para establecer suplementos por esperas, se suele denominar *estudio del índice de esperas*.

El procedimiento del muestro de trabajo se resume en cinco pasos:

1. Tomar una muestra preliminar para obtener una estimación del valor del parámetro (tal como el porcentaje de tiempo en el que un empleado está ocupado).
2. Calcular el tamaño de muestra requerido.
3. Elaborar un plan horario para observar al empleado en instantes adecuados. Se utiliza el concepto de números aleatorios para poder hacer observaciones aleatorias. Por ejemplo, pongamos por caso que extraemos los siguientes números aleatorios de una tabla de números aleatorios: 07, 12, 22, 25 y 49. Estos números se pueden utilizar para crear un horario de observaciones a las 9.07, las 9.12, las 9.22, las 9.25 y las 9.49.
4. Observar y registrar las actividades del empleado.
5. Determinar en qué invierten el tiempo los empleados (normalmente en tantos por ciento).

Para determinar el número de observaciones requeridas, la dirección debe decidir el nivel de confianza deseado y la precisión. En primer lugar, sin embargo, el analista debe seleccionar un valor preliminar para el parámetro objeto de estudio (paso 1, más arriba). La elección suele basarse en una pequeña muestra de unas 50 observaciones. La siguiente fórmula proporciona entonces el tamaño de la muestra para la confianza y precisión deseadas:

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{h^2} \quad (\text{S10.7})$$

donde n = tamaño de la muestra requerido

z = desviación normal estándar para el nivel de confianza deseado

($z = 1$ para el 68% de confianza; $z = 2$ para el 95,45% de confianza; y $z = 3$ para el 99,73% de confianza; estos valores se obtienen de la tabla de la distribución normal del Apéndice I del volumen *Decisiones tácticas*)

p = valor estimado de la proporción muestreada (del tiempo en el que el empleado observado está ocupado o inactivo)

h = nivel de error aceptable en tanto por ciento

El Ejemplo S5 muestra cómo se aplica esta fórmula.

Muestro de trabajo

Una estimación, vía muestreo, del porcentaje de tiempo que invierte un empleado en diferentes tareas.

La empresa de venta por catálogo Land's End espera que sus vendedores estén ocupados el 85% del tiempo, e inactivos el 15%. Cuando el grado de ocupación alcanza el 90%, la empresa considera que no está alcanzando el objetivo de dar un servicio de elevada calidad.

EJEMPLO S5**Active Model S10.1**

El Ejemplo S5 se ilustra aún más en el ejercicio Active Model S10.1 del CD-ROM y en uno de los problemas al final del capítulo.

Cálculo del número de observaciones necesarias para el muestro de trabajo

La directora de la oficina de asistencia social del condado de Wilson, Madeline Thimmes, estima que sus empleados están inactivos el 25% del tiempo. Quiere realizar un muestro de trabajo que tenga una precisión del 3% con un 95,45% de confianza en los resultados.

Solución

Para determinar cuántas observaciones deben tomarse, Madeline aplica la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{h^2}$$

donde n = tamaño requerido de la muestra
 $z = 2$, para un nivel de confianza del 95,45%
 p = proporción estimada de inactividad de los empleados = 25% = 0,25
 h = nivel de error aceptable del 3% = 0,03

De forma que

$$n = \frac{(2)^2(0,25)(0,75)}{(0,03)^2} = 833 \text{ observaciones}$$

Por tanto, deberían tomarse 833 observaciones. Si el porcentaje de tiempo de inactividad observado no fuera próximo al 25%, habría que volver a calcular el número de observaciones y aumentarlo o disminuirlo según convenga.

El muestro de trabajo se centra en determinar cómo los empleados distribuyen su tiempo entre diversas actividades. Esto se consigue determinando el porcentaje de tiempo que las personas pasan en esas actividades, más que determinando la cantidad exacta de tiempo empleada en realizar tareas específicas. El analista simplemente registra de forma aleatoria y no sesgada la incidencia de cada actividad. El Ejemplo S6 muestra el procedimiento de evaluación de los empleados de la oficina de asistencia social presentada en el Ejemplo S5.

EJEMPLO S6**Cálculo de la asignación del tiempo en el muestro de trabajo**

Madeline Thimmes, directora de operaciones de la oficina de asistencia social del condado de Wilson, quiere asegurarse de que sus empleados disponen del tiempo adecuado para proporcionar un servicio rápido y eficaz. Madeline piensa que el servicio de atención a los clientes que llaman por teléfono o que se presentan sin una cita previa empeora rápidamente cuando los empleados están ocupados más del 75% de su tiempo. Por tanto, no quiere que sus empleados estén ocupados en las actividades de servicio al cliente más del 75% de su tiempo.

El estudio requiere varias cosas. En primer lugar, se requieren 833 observaciones, como indican los cálculos del Ejemplo S5. En segundo lugar, las observaciones se realizan de forma aleatoria y no sesgada durante un periodo de 2 semanas, para asegurarse de que la muestra es fiable. En tercer lugar, el analista debe definir las actividades que se consideran “trabajo”. En este caso, el trabajo se define como todas aquellas actividades que son necesarias para atender al cliente (archivos, citas, entrada de datos, conversaciones con el supervisor, etcétera). En cuarto lugar, se tiene que incluir el tiempo personal (los suplementos) en el 25% del tiempo no trabajado. En

quinto lugar, las observaciones se realizan sin molestar, para no distorsionar los métodos de trabajo habituales. Transcurridas dos semanas, las 833 observaciones proporcionaron los siguientes resultados:

N.º de observaciones	Actividad
485	Atender al teléfono o reunido con un cliente
126	Inactividad
62	Tiempo personal
23	Reuniones con el supervisor
<u>137</u>	Archivos, reuniones, introducción de datos
833	

El analista concluye que, salvo 188 observaciones (126 reflejan inactividad y 62 tiempo personal), todas las demás están relacionadas con el trabajo. Como el 22,5% (= 188/833) supone un porcentaje más bajo de tiempo de inactividad que el que Madeline establecía para asegurar un elevado nivel de servicio en la atención al cliente, necesita encontrar la forma de reducir las actuales cargas de trabajo. Esto se podría llevar a cabo reasignando trabajos o contratando personal adicional.

En la Figura S10.3 se muestran los resultados de un estudio similar entre vendedores y entre empleados de una línea de montaje.

El muestro de trabajo ofrece diversas ventajas sobre los métodos de estudios de tiempos por cronometraje. En primer lugar, dado que un observador puede observar a varios empleados simultáneamente, es menos caro. En segundo lugar, los observadores no necesitan demasiada formación ni dispositivos de medida. En tercer lugar, el estudio se puede aplazar temporalmente en cualquier momento, sin que repercuta en los resultados. En

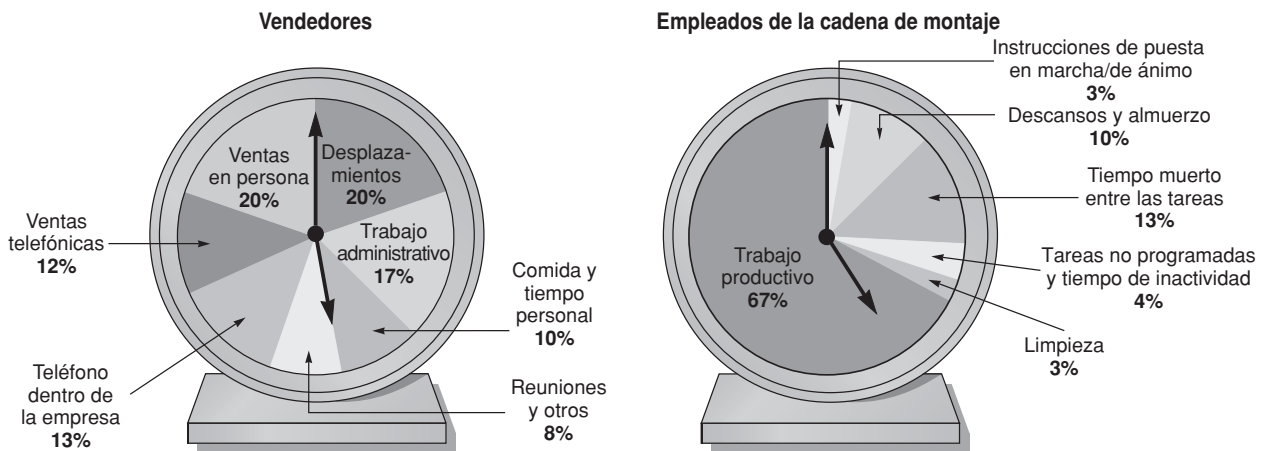


FIGURA S10.3 ■ Estudios de tiempos mediante el por muestro de trabajo

Estos dos estudios de tiempo mediante el muestro de trabajo se hicieron para determinar lo que hacen los vendedores de una empresa de distribución de material electrónico al por mayor (izquierda), y los empleados de una cadena de montaje de la industria del automóvil (derecha).

cuarto lugar, como el muestro de trabajo utiliza observaciones instantáneas a lo largo de un prolongado periodo de tiempo, el empleado tiene pocas oportunidades de influir en los resultados. En quinto lugar, el procedimiento es menos molesto y es poco probable que genere objeciones.

Las desventajas del muestro de trabajo son las siguientes: (1) no divide la tarea en elementos de trabajo tan completos como los estudios de tiempos; (2) puede proporcionar resultados incorrectos si el observador no sigue rutas y observaciones aleatorias; (3) al ser menos incisivo, tiende a ser menos preciso; esto es particularmente cierto cuando los ciclos de tiempo son cortos.

RESUMEN

Los tiempos estándar de trabajo son necesarios para poder tener sistemas de operaciones eficientes. Son necesarios para la planificación de la producción, la planificación del trabajo, la determinación de los costes y la evaluación del rendimiento. También pueden ser utilizados como base de los sistemas de incentivos. Se utilizan tanto en las fábricas como en las oficinas. Los estándares de tiempos se determinan a partir de datos históricos, estudios de tiempos por cronometraje, sistemas de tiempos predeterminados o muestreo de trabajo.

TÉRMINOS CLAVE

Estudio de tiempos por cronometraje
Tiempo observado medio
Tiempo normal
Tiempo estándar o ciclo

Sistemas de tiempos predeterminados
Therbligs
Unidades de medida del tiempo (TMU)
Muestro de trabajo



PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto S10.1

Se ha realizado un estudio de tiempos por cronometraje de una operación que consta de tres elementos. Las observaciones registradas se muestran en la siguiente

tabla. Por el convenio colectivo firmado, los suplementos de tiempo para la operación son del 5% para necesidades personales, 5% para esperas y 10% por cansancio. Determine el tiempo estándar para la operación.

ELEMENTO DEL TRABAJO	Observaciones (en minutos)						VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD (%)
	1	2	3	4	5	6	
A	0,1	0,3	0,2	0,9	0,2	0,1	90
B	0,8	0,6	0,8	0,5	3,2	0,7	110
C	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	80

Solución

En primer lugar, hay que eliminar las dos observaciones cuyos valores se salen de lo normal (0,9 minutos para el elemento de trabajo A, y 3,2 minutos para el elemento de trabajo B). Por tanto:

$$\text{El tiempo observado medio para A} = \frac{0,1 + 0,3 + 0,2 + 0,2 + 0,1}{5} = 0,18 \text{ min.}$$

$$\text{El tiempo observado medio para B} = \frac{0,8 + 0,6 + 0,8 + 0,5 + 0,7}{5} = 0,68 \text{ min.}$$

$$\text{El tiempo observado medio para C} = \frac{0,5 + 0,5 + 0,4 + 0,5 + 0,6 + 0,7}{6} = 0,50 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo normal de A} = (0,18)(0,90) = 0,16 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo normal de B} = (0,68)(1,10) = 0,75 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo normal de C} = (0,50)(0,80) = 0,40 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo normal del trabajo} = 0,16 + 0,75 + 0,40 = 1,31 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo estándar} = \frac{1,31}{1 - 0,20} = 1,64 \text{ min.}$$

Problema resuelto S10.2

El muestreo de trabajo preliminar de una operación indica lo siguiente:

Número de veces en las que el operario está trabajando	60
Número de veces en las que el operario está inactivo	40
Número total de observaciones preliminares	100

¿Cuál es el tamaño adecuado de la muestra para obtener un nivel de confianza del 99,73% con una precisión de $\pm 4\%$?

Solución

$$n = \frac{z^2 p(1 - p)}{h^2} = \frac{(3)^2(0,6)(0,4)}{(0,04)^2} = 1.350 \text{ es el tamaño de la muestra}$$

Problema resuelto S10.3

Amor Manufacturing Co., de Ginebra, Suiza, ha estudiado un trabajo en su laboratorio, antes de dar el visto bueno y lanzarlo a fábrica para ponerlo en producción. La empresa quiere que haya una gran precisión en el tiempo estándar del trabajo, tanto para costes como para las previsiones de mano de obra. En concreto, quiere obtener un nivel de confianza del 99% y un tiempo ciclo que esté dentro del 3% del valor verdadero. ¿Cuántas

observaciones deberían realizarse? Los datos recogidos hasta ahora son los siguientes:

Observación	Tiempo
1	1,7
2	1,6
3	1,4
4	1,4
5	1,4

Solución

En primer lugar, se resuelve para la media, \bar{x} , y la desviación estándar de la muestra, s .

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\text{cada observación de la muestra} - \bar{x})^2}{\text{número de elementos de la muestra} - 1}}$$

Observación	\bar{x}_i	\bar{x}	$\bar{x}_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,7	1,5	0,2	0,04
2	1,6	1,5	0,1	0,01
3	1,4	1,5	-0,1	0,01
4	1,4	1,5	-0,1	0,01
5	1,4	1,5	-0,1	0,01
	$\bar{x} = 1,5$			0,08 = $\sum(x_i - \bar{x})^2$

$$s = \sqrt{\frac{0,08}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,08}{4}} = 0,141$$

A continuación se calcula el valor de $n = \left(\frac{zs}{h\bar{x}}\right)^2 = \left[\frac{(2,58)(0,141)}{(0,03)(1,5)}\right]^2 = 65,3$

donde $\bar{x} = 1,5$

$s = 0,141$

$z = 2,58$

$h = 0,03$

Por tanto, se recomendarán 65 observaciones.

Problema resuelto S10.4

En Maggard Micro Manufacturing, Inc., los empleados introducen semiconductores en las ranuras perforadas de las placas de un circuito. Los movimientos elementales para el tiempo normal utilizados por la empresa son los siguientes:

Alcanzar el semiconductor a una distancia de 15 centímetros	10,5 UMT
Asir el semiconductor	8,0 UMT
Mover el semiconductor hacia la placa del circuito	9,5 UMT
Posicionar el semiconductor	20,1 UMT
Introducir el semiconductor en las ranuras	20,3 UMT
Mover la placa a un lado	15,8 UMT

(Cada unidad de medida de tiempo es igual a 0,0006 min.). Calcule el tiempo normal de esta operación en minutos y en segundos.

Solución

Se suman las unidades de medida de tiempo:

$$10,5 + 8,0 + 9,5 + 20,1 + 20,3 + 15,8 = 84,2$$

Tiempo en minutos = $(84,2)(0,0006 \text{ min.}) = 0,05052 \text{ min.}$

Tiempo en segundos = $(0,05052)(60 \text{ seg.}) = 3,0312 \text{ seg.}$

Problema resuelto S10.5

Para obtener la muestra aleatoria necesaria para un muestreo de trabajo, un director divide la típica jornada de trabajo en 480 minutos. Utilizando una tabla de números aleatorios, para decidir en qué momento ir al área de trabajo y realizar un muestreo, el director registra las observaciones en una hoja como la siguiente:

Estado	Recuento
Trabajando de forma productiva	
Inactividad	

Solución

En este caso, el supervisor realiza 20 observaciones, y ve que los empleados trabajan el 80% del tiempo. Así que, de los 480 minutos de una jornada de trabajo en la oficina, el 20%, o sea 96 minutos, son de descanso, y los otros 384 minutos son productivos. Hay que tener en cuenta que este procedimiento describe lo que *está* haciendo el empleado, y no necesariamente lo que *debería* estar haciendo.

EJERCICIOS EN INTERNET Y DEL CD-ROM DEL ALUMNO

Visite nuestro sitio web o utilice su CD-ROM del alumno para obtener material sobre este capítulo.



En nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer

- Preguntas de autoevaluación
- Problemas prácticos
- Problemas para resolver con Internet
- Casos en Internet



En su CD-ROM del alumno

- Lección en PowerPoint
- Problemas prácticos
- Ejercicio Active Model
- POM para Windows

**CUESTIONES PARA EL DEBATE**

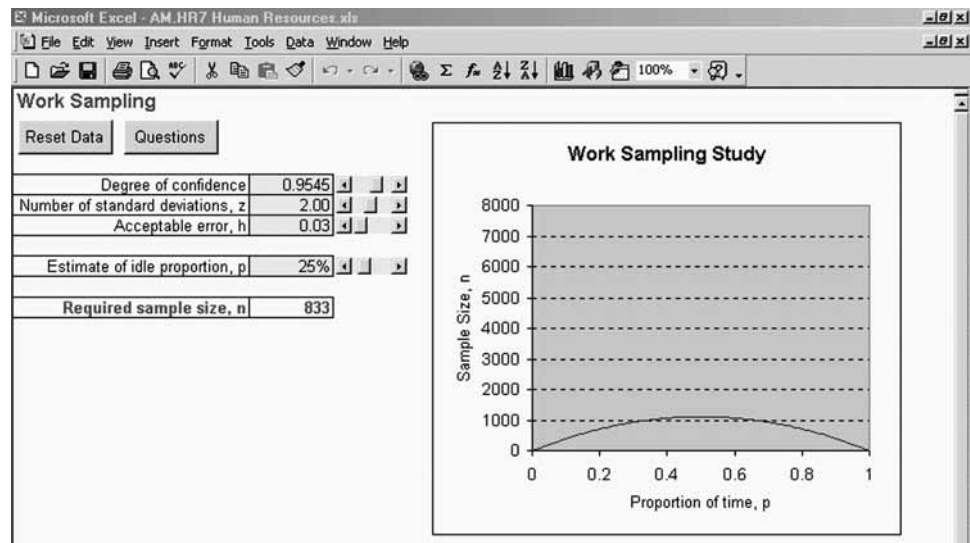
1. Identifique cuatro formas de fijar los tiempos estándar de trabajo.
2. Defina el tiempo normal.
3. ¿Cuáles son algunas de las aplicaciones de los estándares de trabajo?
4. Como nuevo ingeniero de estudio de tiempos de su empresa, tiene que estudiar a un empleado que trabaja con una taladradora. Para su sorpresa, una de las primeras cosas que observa es la cantidad de operaciones que éste realiza además de taladrar los agujeros. Su problema es decidir qué incluir en el estudio de tiempos. Como único responsable de los tiempos estándar en la planta, indique de qué forma trataría las siguientes operaciones.
 - a) Muy a menudo, quizá cada 50 unidades más o menos, el operario de la taladradora observa detalladamente una pieza, aparentemente deformada, y la arroja al contenedor de desechos.
 - b) Aproximadamente una de cada 100 unidades tiene un reborde grueso, por lo que no va a encajar adecuadamente en la plantilla donde se monta la pieza. Por lo tanto, el operario de la taladradora toma la pieza, lima el reborde varias veces, coloca la lima en su sitio y sigue trabajando.
 - c) Más o menos cada hora, el operario detiene la taladradora con objeto de cambiar la broca de la máquina, incluso si está a mitad de un trabajo (podemos suponer que la broca está desgastada).

5. ¿Cuál es la diferencia entre tiempo “normal” y tiempo “estándar”?
6. ¿Qué tipo de cambio de actividad o ritmo de trabajo esperaría de un empleado durante un estudio de tiempos? ¿Por qué?
7. ¿Cómo clasificaría los siguientes elementos del trabajo? ¿Se trata de fatiga o de espera?
 - a) El operario se detiene para hablar con usted.
 - b) El operario enciende un cigarrillo.
 - c) El operario abre su fiambarrera (no es la hora del almuerzo), toma una manzana, y la va mordiendo de vez en cuando.
8. ¿Cómo clasificaría el tiempo del operario de una taladradora que se encuentra inactivo durante unos minutos al inicio de cada trabajo esperando a que la persona de puesta en marcha complete la puesta en marcha? Parte del tiempo de puesta en marcha se utiliza para ir a buscar material, pero el operario suele volver con el material antes de que la persona encargada de la puesta en marcha haya terminado su tarea.
9. ¿Cómo clasificaría el tiempo del operario de una máquina que, entre cada trabajo y, a veces, en medio de un trabajo, detiene la máquina y va a buscar material?
10. Se le cae un componente al operario, que usted recoge y se lo entrega. ¿Marca esto alguna diferencia en su estudio de tiempos? En caso afirmativo, ¿por qué?
11. Describa el enfoque de Gilbreth para fijar los tiempos estándar de trabajo.



EJERCICIO ACTIVE MODEL

Este ejercicio Active Model sobre muestreo de trabajo, utilizando el Ejemplo S5, muestra el tamaño necesario de la muestra como una función de la proporción de tiempo dedicado a una actividad laboral. Las barras de desplazamiento le permiten alterar el nivel de confianza o el número de desviaciones estándar. Alternativamente, puede querer cambiar el nivel de error aceptable o precisión, h , para determinar los efectos de esta variable sobre el tamaño de la muestra.



ACTIVE MODEL S10.1 ■ Análisis de muestreo de trabajo utilizando los datos del Ejemplo S5

Preguntas

1. Pase el ratón sobre el gráfico para determinar cuál debería ser el tamaño de la muestra si $p = 30\%$.
2. A partir del gráfico, ¿qué valor de p requiere el mayor tamaño de muestra?
3. Utilice la barra de desplazamiento para ver qué ocurre con el tamaño de la muestra a medida que aumenta el número de desviaciones estándar, z .
4. Utilice la barra de desplazamiento para ver qué ocurre con el tamaño de la muestra a medida que aumenta el error aceptable, h .



PROBLEMAS*

- **S10.1.** Un empleado de una línea de montaje tenía los siguientes tiempos, en segundos, para pegar tres piezas juntas: 35, 37, 34, 37, 56. ¿Qué haría a continuación para intentar calcular el tiempo estándar de esta operación?
- **P** **S10.2.** Si Charlene Brewster tiene tiempos de 8,4, 8,6, 8,3, 8,5, 8,7 y 8,5, y una valoración de actividad del 110%, ¿cuál es el tiempo normal de esta operación? ¿Es más rápida o más lenta de lo normal?
- **P** **S10.3.** Si Charlene, la trabajadora del problema anterior, tiene una valoración de la actividad del 90%, ¿cuál es el tiempo normal para esta operación? ¿Es más lenta o más rápida de lo normal?
- **P** **S10.4.** En relación con el Problemas S10.2, si el factor de suplemento es del 15%, ¿cuál es el tiempo estándar para esta operación?
- **P** **S10.5.** En relación con el Problemas S10.2, si el factor de suplemento es del 18% y la valoración de la actividad es del 90%, ¿cuál es el tiempo estándar para esta operación?
- **P** **S10.6.** Un agente de embarque de Northeast Airlines, David Carhart, es el encargado de asignar los asientos a los pasajeros. Tarda una media de 50 segundos por pasajero, y su valoración de la actividad es del 110%. ¿Cuánto debería tardar un agente *representativo* en asignar los asientos?
- **P** **S10.7.** Después de ser observada muchas veces, a Marilyn Jones, analista de un laboratorio de hospital, se le concedió un tiempo medio de 12 minutos para realizar un análisis de sangre. La valoración de la actividad de Marilyn es del 105%. El hospital tiene un suplemento del 16% para cansancio y esperas.
 - a) Calcule el tiempo normal de este proceso.
 - b) Calcule el tiempo estándar para el análisis de sangre.
- **P** **S10.8.** Jell Lee Beans es famosa por sus cajas de dulces, que se venden principalmente a empresas. A un operario se le han observado los siguientes tiempos, expresados en minutos, en la operación de envolver las cajas para regalo: 2,2, 2,6, 2,3, 2,5 y 2,4. Si el operario tiene una valoración de la actividad del 105%, y un factor de suplementos del 10%, ¿cuál es el tiempo estándar para envolver los dulces como regalo?

* Nota: **P** Significa que se puede resolver el problema con POM para Windows; **W** significa que el problema se puede resolver con Excel OM, y **P** significa que el problema se puede resolver con POM para Windows y/o Excel OM.

- **P** S10.9. Tras su formación, Mary Fernández, técnica informática, tenía concedido un tiempo observado medio para las pruebas de chips de memoria de 12 segundos. Su valoración de la actividad es del cien por cien. La empresa tiene un suplemento de cansancio y espera del 15%.
- Calcule el tiempo normal de este proceso.
 - Calcule el tiempo estándar de este proceso.
- **P** S10.10. Susan Cottenden cronometró el tiempo observado de soldadura de un componente en las puertas de los camiones en 5,3 minutos. La valoración de la actividad del trabajador cronometrado se estimó en el 105%. Calcule el tiempo normal de esta operación.
- Nota:* Según el acuerdo con el sindicato local, a cada soldador se le da un suplemento de 3 minutos para necesidades personales por hora y 2 minutos de suplemento de fatiga por hora. Además, debería haber un suplemento medio de espera de 1 minuto por hora. Calcule el factor de suplementos y a continuación determine el tiempo estándar para la actividad de soldadura.
- **P** S10.11. Se ha cronometrado el tiempo normal de determinada tarea en 25 minutos. Los suplementos son tiempo para necesidades personales: 5 minutos por hora; cansancio: 10 minutos por hora; y demora: 2 minutos para la aprobación de la preparación de la máquina; entonces:
- ¿Cuál es el factor de suplemento?
 - ¿Cuál es el tiempo estándar?
- **P** S10.12. En un estudio de tiempos en una compañía telefónica se observó un trabajo que contenía tres elementos. Los tiempos y ritmos observados para 10 ciclos se muestran en la siguiente tabla.

ELEMENTO	VALORACIÓN DE ACTIVIDAD (%)	Observaciones (minutos)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	85	0,40	0,45	0,39	0,48	0,41	0,50	0,45	0,39	0,50	0,40
2	88	1,5	1,7	1,9	1,7	1,8	1,6	1,8	1,8	2,0	2,1
3	90	3,8	3,4	3,0	4,8	4,0	4,2	3,5	3,6	3,7	4,3

- Calcule el tiempo observado medio para cada elemento.
 - Calcule el tiempo normal para cada elemento.
 - Suponiendo un factor de suplementos del 20% del tiempo de trabajo, calcule el tiempo estándar para este trabajo.
- **P** S10.13. Una empleada de la limpieza en un hotel, Alison Harvey, fue observada en cinco ocasiones en cada uno de los cuatro elementos del trabajo que se muestran en la siguiente tabla. A partir de estas observaciones calcule el tiempo estándar del proceso. Suponga un factor de suplemento del 10%.

ELEMENTO	VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD (%)	Observaciones (minutos por ciclo)				
		1	2	3	4	5
Comprobar el minibar	100	1,5	1,6	1,4	0,5	1,5
Hacer una cama	90	2,3	2,5	2,1	2,2	2,4
Pasar el aspirador	120	1,7	1,9	1,9	1,4	1,6
Limpiar el cuarto de baño	100	3,5	3,6	3,6	3,6	3,2

- P S10.14.** La división de educación continua del Virginia College ofrece una amplia variedad de cursos de formación ejecutiva para las empresas de Arlington, en la región de Virginia. La directora de la división, Marilyn Helms, cree que las cartas personalizadas dan un toque personal a la publicidad. Para preparar las cartas del mailing, realiza un estudio de tiempos de sus secretarias. Basándose en las observaciones que se muestran en la siguiente tabla, desea determinar el tiempo estándar para la totalidad del trabajo.

El Virginia College utiliza un factor de suplemento del 12%. Helms decide eliminar del estudio de tiempos las observaciones que se salgan de lo normal. ¿Cuál es el tiempo estándar?

ELEMENTO	Observaciones (minutos)						VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD (%)
	1	2	3	4	5	6	
Mecanografiar la carta	2,5	3,5	2,8	2,1	2,6	3,3	85
Mecanografiar el sobre	0,8	0,8	0,6	0,8	3,1 ^a	0,7	100
Meter la carta en el sobre	0,4	0,5	1,9 ^a	0,3	0,6	0,5	95
Pegar y clasificar	1,0	2,9 ^b	0,9	1,0	4,4 ^b	0,9	125

^a Desestimar: la secretaria paró para responder el teléfono.
^b Desestimar: la supervisora interrumpió a la secretaria.

- P S10.15.** Los datos de la tabla siguiente presentan las observaciones de un estudio de tiempos realizados para una prueba de control de calidad. Basándose en estas observaciones, determine el tiempo normal y estándar de la prueba, suponiendo un factor de suplementos del 23%.

ELEMENTO DE LA TAREA	VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD (%)	Observaciones (minutos)				
		1	2	3	4	5
1	97	1,5	1,8	2,0	1,7	1,5
2	105	0,6	0,4	0,7	3,7 ^a	0,5
3	86	0,5	0,4	0,6	0,4	0,4
4	90	0,6	0,8	0,7	0,6	0,7

^a Desechar: el empleado está fumando un cigarrillo (incluido en el tiempo de necesidades personales).

- a) ¿Cuál es el tiempo normal?
- b) ¿Cuál es el tiempo estándar?

- P S10.16.** Peter Wellington, agente de préstamos, ha sido cronometrado realizando cuatro elementos de su trabajo, con los resultados que se muestran en la siguiente tabla. Los suplementos par las tareas de este tipo son personal: 7%; cansancio: 10%; y demoras: 3%.

ELEMENTO DE LA TAREA	VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD (%)	Observaciones (minutos)				
		1	2	3	4	5
1	110	0,5	0,4	0,6	0,4	0,4
2	95	0,6	0,8	0,7	0,6	0,7
3	90	0,6	0,4	0,7	0,5	0,5
4	85	1,5	1,8	2,0	1,7	1,5

- a) ¿Cuál es el tiempo normal?
b) ¿Cuál es el tiempo estándar?
- **P** **S10.17.** Todos los años, Lord & Taylor, Ltd., monta una estación para envolver regalos para ayudar a sus consumidores con sus compras navideñas. Las observaciones preliminares de un trabajador de la estación dieron la siguiente muestra de tiempos (en minutos por paquete): 3,5, 3,2, 4,1, 3,6 y 3,9. A partir de esta pequeña muestra, ¿qué número de observaciones sería necesario para determinar el auténtico tiempo ciclo con un nivel de confianza del 95% y una precisión del 5%?
- **P** **S10.18.** Un estudio de tiempos de un empleado de una fábrica reveló un tiempo observado medio de 3,20 minutos, con una desviación estándar de 1,28 minutos. Estas cifras se basan en una muestra de 45 ciclos observados. ¿Es el tamaño de esta muestra adecuado para que la empresa tenga un 99% de confianza y para que el tiempo estándar esté dentro de un 5% del valor real? Si no, ¿cuál debería ser el número de observaciones adecuado?
- **P** **S10.19.** Un analista ha hecho 50 observaciones, con un tiempo medio de 15 minutos y una desviación estándar de 2,5 minutos. ¿Es este número de observaciones suficiente para concluir, con una confianza del 99,5 %, que el tiempo estándar está en el 5 % de su auténtico valor?
- **P** **S10.20.** A partir de un detenido estudio del trabajo realizado en Tom Nixon Company, se han obtenido los siguientes resultados:

ELEMENTO	Observaciones (minutos)					VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD (%)
	1	2	3	4	5	
Preparación de los informes diarios	35	40	33	42	39	120
Fotocopia de los resultados	12	10	36 ^a	15	13	110
Etiquetado y empaquetado de los informes	3	3	5	5	4	90
Distribución de los informes	15	18	21	17	45 ^b	85

^a Fotocopiadora rota; incluido como espera en el factor de suplemento.
^b Corte de la corriente; incluido como espera en el factor de suplemento.

- a) Calcule el tiempo normal para cada elemento del trabajo.
b) Si el factor de suplemento para este tipo de trabajo es del 15%, ¿cuál es el tiempo estándar?
c) ¿Cuántas observaciones son necesarias para obtener un nivel de confianza del 95% y una precisión del 5%? (*Pista:* Calcule el tamaño de muestra de cada elemento).
- **P** **S10.21.** La empresa Dubuque Cement empaqueta sacos de 80 libras (36 kg) de una mezcla de cemento. Los datos del estudio de tiempos para la actividad de llenado se muestran en la siguiente tabla. A causa de las grandes exigencias físicas del trabajo, la política de la empresa es dar a los trabajadores suplementos del 23%. Calcule el tiempo estándar de esta tarea de llenado de sacos. ¿Cuántas observaciones son necesarias para una confianza del 99% y una precisión del 5%?

ELEMENTO	Observaciones (segundos)					VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD (%)
	1	2	3	4	5	
Agarrar y colocar el saco	8	9	8	11	7	110
Llenar el saco	36	41	39	35	112 ^a	85
Cerrar el saco	15	17	13	20	18	105
Colocar el saco en el transportador	8	6	9	30 ^b	35 ^b	90

^a Saco roto y abierto; incluido como demora en el factor de suplementos.
^b Atascos en el transportador; incluido como demora en el factor de suplementos.

- **P** **S10.22.** La instalación de silenciadores en el taller Stanley, en Golden, Colorado, consta de cinco elementos de trabajo. Linda Stanley ha cronometrado a sus empleados realizando estas tareas siete veces, obteniéndose los siguientes resultados.

ELEMENTO DE TRABAJO	Observaciones (minutos)							VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD (%)
	1	2	3	4	5	6	7	
1. Seleccionar el silenciador	4	5	4	6	4	15 ^a	4	110
2. Retirar el silenciador viejo	6	8	7	6	7	6	7	90
3. Soldar/instalar el nuevo silenciador	15	14	14	12	15	16	13	105
4. Comprobar el trabajo	3	4	24 ^a	5	4	3	18 ^a	100
5. Completar el papeleo	5	6	8	—	7	6	7	130

* El empleado mantiene una larga conversación su jefe (no está relacionado con el trabajo).

De acuerdo con sus empleados, Stanley concede un factor de cansancio del 10%, y un factor de necesidades personales del 10%. Para calcular el tiempo estándar del trabajo, Stanley eliminó todas las observaciones que parecían ser no habituales o que no se repetirían. No quería un error que superase el 5%.

- a) ¿Cuál es el tiempo estándar para la tarea?
- b) ¿Cuántas observaciones se necesitan para asegurar un nivel de confianza del 95%?

- **P** **S10.23.** La directora de un banco, Art Hill, quiere determinar el porcentaje de tiempo que sus cajeros están trabajando y desocupados. Decide utilizar un muestro de trabajo, y su estimación inicial es que los cajeros están inactivos el 15% del tiempo. ¿Cuántas observaciones debería tomar Hill para tener una confianza del 95,45% de que los resultados no se apartan más del 4% de los resultados reales?

- **P** **S10.24.** El supervisor Robert Hall quiere determinar el porcentaje de tiempo en el que una máquina de su área esta inactiva. Ha decidido utilizar el muestreo de trabajo, y su estimación inicial es que la máquina está inactiva un 20% del tiempo. ¿Cuantas observaciones debe realizar Hall para estar confiado en un 98% de que el resultado no se apartará en más de un 5% del resultado verdadero?

- **P** **S10.25.** Al inicio de este suplemento se analiza el trabajo de Tim Nelson como inspector de La-Z-Boy. Se espera que Tim supervise 130 butacas al día.
 - a) Si trabaja una jornada de ocho horas, ¿cuántos minutos tiene para inspeccionar cada butaca (es decir, cuál es su “tiempo estándar”)?

b) Si tiene un suplemento por cansancio del 6%, un suplemento por esperas del 6%, y un suplemento de necesidades personales del 6%, ¿cuál es el tiempo normal con el que tiene que realizar cada inspección?

- **S10.26.** Un muestreo aleatorio de trabajo realizado durante 160 horas laborables de un mes en Tele-Marketing, Inc., ha dado los siguientes resultados. ¿Cuál es el porcentaje de tiempo que se pasa trabajando?

Al teléfono con un cliente	858
Tiempo inactivo	220
Tiempo personal	85

- **P S10.27.** A Bob Ramos, trabajador de una línea de montaje, se le realizaron un total de 300 observaciones durante las 40 horas laborales de una semana. La muestra también mostró que Bob estuvo ocupado (montando las distintas partes) durante 250 observaciones. Calcule el porcentaje de tiempo que Bob estuvo trabajando. Si desea un nivel de confianza del 95%, y si es aceptable un error del 3%, ¿qué tamaño debería tener la muestra? ¿Fue adecuado el tamaño de la muestra?

- **S10.28.** Sacar punta a su lápiz es una operación que puede dividirse en ocho pequeños movimientos elementales. En términos de MTM, se puede asignar a cada elemento un cierto número de UMT.

Alcanzar el lápiz situado a 4 pulgadas (10 cm)	6 UMT
Agarrar el lápiz	2 UMT
Desplazar el lápiz 6 pulgadas (15 cm)	10 UMT
Posicionar el lápiz	20 UMT
Insertar el lápiz en el sacapuntas	4 UMT
Sacar punta al lápiz	120 UMT
Sacar el lápiz del sacapuntas	10 UMT
Desplazar el lápiz 6 pulgadas (15 cm)	10 UMT

¿Cuál es el tiempo normal necesario para sacar punta a un lápiz? Convierta la respuesta a minutos y segundos.

- **P S10.29.** El supervisor de Huntsville Equipment Company, Vic Sower, está preocupado porque sabe que el material no está llegando a las células de trabajo en el momento en que se necesita. Se ha instalado un nuevo sistema de *kanbans*, pero parece que existe alguna demora en conseguir mover el material a las células, de manera que el trabajo pueda comenzar puntualmente. Sower quiere averiguar cuánta demora existe en la zona donde se encuentran sus maquinistas mejor pagados. En teoría, la espera debería ser prácticamente nula. Sower le ha dicho a su asistente que determine el factor de espera entre sus 10 células de trabajo. El asistente recopila datos aleatoriamente durante dos semanas, y determina que, de 1.200 observaciones, 105 se realizaron mientras los operarios esperaban los materiales. Utilice un nivel de confianza del 95% y un error aceptable del 3%. ¿Qué informe le entregará a Sower?

- **S10.30.** El hotel Winter Garden tiene 400 habitaciones. Todos los días el personal de limpieza limpia cualquier habitación que haya estado ocupada la noche anterior. Si un huésped deja el hotel, el personal de limpieza hace una limpieza exhaustiva para preparar la habitación

para el próximo huésped. Se tarda 30 minutos. Si el huésped se queda una noche más, sólo se “refresca” la habitación, lo que requiere 15 minutos.

Todos los días cada empleado de limpieza se presenta para su turno de seis horas y prepara su carro. Empuja su carro a la planta que le corresponde y empieza a trabajar. Normalmente tiene que rellenar los materiales del carro una vez al día. Cuando acaba al final del día, mete el carro en la sala de almacén y guarda sus cosas. He aquí su horario:

1. Llegada al trabajo y carga del carro (10 minutos).
2. Empujar el carro hasta la planta (10 minutos).
3. Descanso matinal (15 minutos).
4. Pausa para comer (30 minutos).
5. Volver a cargar el carro (20 minutos).
6. Descanso de la tarde (15 minutos).
7. Empujar el carro hasta el almacén y guardar los productos (20 minutos).

La noche pasada el hotel estaba lleno (estaban ocupadas sus 400 habitaciones). Hay 200 habitaciones que quedarán vacías hoy. Habrá que limpiar exhaustivamente esas habitaciones. Las otras 200 necesitarán una limpieza de “refresco”.

- a) ¿Cuántos minutos al día de limpieza de habitaciones real puede hacer cada empleado de la limpieza?
- b) ¿Cuántos minutos de limpieza de habitaciones requerirá hoy el hotel?
- c) ¿Cuántos empleados de limpieza harán falta hoy?
- d) Si *todos* los huéspedes dejan libres sus habitaciones hoy, ¿cuántos empleados de la limpieza necesitaría el hotel para limpiar las 400 habitaciones?



PROBLEMAS PARA RESOLVER CON INTERNET

Visite en nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes problemas adicionales: S10.31 a S10.38.

■ *Caso de estudio* ■

Jackson Manufacturing Company

Kathleen McFadden, vicepresidenta de operaciones de Jackson Manufacturing Company, acaba de recibir una petición de presupuesto (PdP) de DeKalb Electric Supply para 400 unidades semanales de una armadura de motor. Los componentes son estándar y, o bien se pueden producir fácilmente dentro de la programación de producción existente, o bien se pueden conseguir

inmediatamente de proveedores actuales a través de un sistema JIT. Pero hay ciertas diferencias en el montaje. La señora McFadden ha identificado ocho tareas que tiene que realizar Jackson para montar la armadura. Siete de estas tareas son muy parecidas a tareas realizadas anteriormente en Jackson; por tanto, se conoce el tiempo medio y el tiempo estándar resultante de esas tareas.

Sin embargo, la octava tarea, una prueba de *sobrecarga*, requiere realizar una tarea que es muy distinta de

cualquier otra realizada anteriormente. Kathleen le ha pedido que haga un estudio de tiempos de la tarea para determinar el tiempo estándar. A continuación se podrá hacer una estimación del coste para montar la armadura. Esta información, junto con otros datos de costes, permitirá a la empresa recopilar la información necesaria para satisfacer la PdP.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2.05	1.92	2.01	1.89	1.77	1.80	1.86	1.83	1.93	1.96	1.95	2.05	1.79	1.82	1.85	1.85	1.99

El trabajador tuvo una valoración de actividad del 115%. La tarea se puede realizar en posición sentada en una estación de trabajo ergonómica bien diseñada en una instalación con aire acondicionado. Aunque la armadura pesa 4,75 kg., hay una cadena que la sujeta de forma que el operario sólo tiene que hacer rotar el armadura. Pero el trabajo sigue exigiendo mucha concentración, por lo que el suplemento por fatiga será del 8%. La empresa ha definido un suplemento de necesidades personales del 6%. Las esperas deberían ser escasas. Anteriores estudios sobre esperas en este departamento tuvieron una media del 2%. Este tiempo estándar utilizará esa misma cifra.

La jornada laboral es de 7,5 horas, pero se paga a los operarios por ocho horas a una media de 12,5 dólares por hora.

Para calcular el tiempo estándar de la tarea, se ha formado en el nuevo proceso de montaje a un empleado de una estación de montaje actualmente existente. Cuando ya dominaba el proceso, se pidió al empleado que realizara la tarea 17 veces para poder calcular el tiempo estándar. Los tiempos observados fueron los siguientes:

Preguntas para el debate

En su informe a la señora McFadden se ha dado cuenta de que tiene que abordar varios temas:

1. ¿Qué tamaño debe tener la muestra para conseguir un tiempo estándar estadísticamente preciso (con, por ejemplo, un nivel de confianza del 99,73% y una precisión del 5%)?
2. ¿Es adecuado el tamaño de la muestra?
3. ¿Cuántas unidades habría que producir en esta estación de trabajo al día?
4. ¿Cuál es el coste por unidad de esta tarea en términos de coste de mano de obra directa?

Fuente: Profesor Hank Maddux, Sam Houston State University.

■ CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES ■

Visite nuestro sitio web www.prenhall.com/heizer para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Chicago Southern Hospital:** Analiza los requisitos para un plan de nuestro de trabajo para enfermeras.
- **Tiempos estándares para operador de teléfonos en AT&T:** Examina las repercusiones de los tiempos estándar de trabajo para los operadores de teléfonos en AT&T.

Harvard ha seleccionado este caso de la Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Lincoln Electric (#376-028):** Analiza el sistema de remuneración y la cultura empresarial en este fabricante de equipos de soldadura.



BIBLIOGRAFÍA

- Aft, Larry, y Neil Schmeidler, "Work Measurement Practices", *Industrial Engineer* 35, n.º 11 (noviembre 2003): p. 44.
- Konz, S., y Steven Johnson, *Work Design: Industrial Ergonomics*, 5.ª ed. Scottsdale, AZ: Holcomb Hathaway, 2000.
- Myers, Fred E., *Time and Motion Study for Lean Manufacturing*, 2.ª ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.
- Niebel, B. W., y Andris Freivalds, *Methods, Standards, and Work Design*, 11.ª ed. New York: Irwin/McGraw-Hill, 2003.
- Ousnamer, Mark, "Time Standards that Make Sense", *IIE Solutions* (diciembre 2000): pp. 28-32.
- Pagell, Mark, Robert B. Handfield, y Alison E. Barber, "Effects of Operational Employee Skills on Advanced Manufacturing Technology Performance", *Production and Operations Management* 9, n.º 3 (otoño 2000): pp. 222-238.
- Walsh, Ellen, "Get Results with Workload Management", *Nursing Management* (octubre 2003): p. 16.



RECURSOS EN INTERNET

Applied Computer Services, Inc. (measurement software):

<http://acsco.com>

Institute of Industrial Engineers:

[http://www.iienet.org/](http://www.iienet.org)

H. B. Maynard and Company, Inc. (workforce performance):

<http://hbmaynard.com/>

Methods Time Measurement Association:

<http://www.mtm.org/>

Quetech Ltd. (time studies and work sampling):

<http://www.quetech.com>

Tectime Data Systems Ltd. (work measurement systems):

<http://www.tectime.com/>

APÉNDICES

APÉNDICE I

ÁREAS BAJO LA CURVA NORMAL

APÉNDICE II

VALORES DE $e^{-\lambda}$ PARA SU UTILIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON

APÉNDICE III

TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS

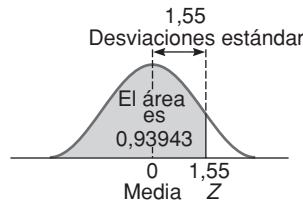
APÉNDICE IV

CÓMO UTILIZAR EXCEL OM Y POM PARA WINDOWS

APÉNDICE V

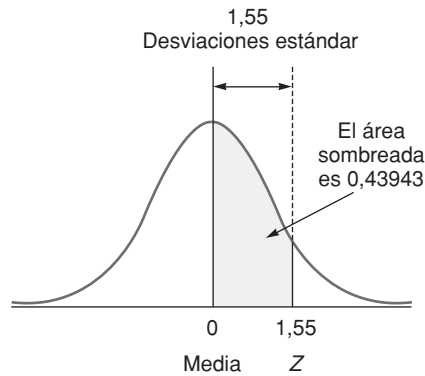
SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE NÚMERO PAR

APÉNDICE I ÁREAS BAJO LA CURVA NORMAL



Para determinar el área bajo la curva normal, puede utilizar tanto la Tabla I.1 como la Tabla I.2. En la Tabla I.1, debe saber a cuántas desviaciones estándar a la derecha de la media está el punto que calcula. Entonces, el área bajo la curva normal se puede leer directamente en la tabla normal. Por ejemplo, el área total bajo la curva normal para un punto que está a 1,55 desviaciones estándar a la derecha de la media es 0,93943.

TABLA I.1										
0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	
0,0	0,50000	0,50399	0,50798	0,51197	0,51595	0,51994	0,52392	0,52790	0,53188	0,53586
0,1	0,53983	0,54380	0,54776	0,55172	0,55567	0,55962	0,56356	0,56749	0,57142	0,57535
0,2	0,57926	0,58317	0,58706	0,59095	0,59483	0,59871	0,60257	0,60642	0,61026	0,61409
0,3	0,61791	0,62172	0,62552	0,62930	0,63307	0,63683	0,64058	0,64431	0,64803	0,65173
0,4	0,65542	0,65910	0,66276	0,66640	0,67003	0,67364	0,67724	0,68082	0,68439	0,68793
0,5	0,69146	0,69497	0,69847	0,70194	0,70540	0,70884	0,71226	0,71566	0,71904	0,72240
0,6	0,72575	0,72907	0,73237	0,73563	0,73891	0,74215	0,74537	0,74857	0,75175	0,75490
0,7	0,75804	0,76115	0,76424	0,76730	0,77035	0,77337	0,77637	0,77935	0,78230	0,78524
0,8	0,78814	0,79103	0,79389	0,79673	0,79955	0,80234	0,80511	0,80785	0,81057	0,81327
0,9	0,81594	0,81859	0,82121	0,82381	0,82639	0,82894	0,83147	0,83398	0,83646	0,83891
1,0	0,84134	0,84375	0,84614	0,84849	0,85083	0,85314	0,85543	0,85769	0,85993	0,86214
1,1	0,86433	0,86650	0,86864	0,87076	0,87286	0,87493	0,87698	0,87900	0,88100	0,88298
1,2	0,88493	0,88686	0,88877	0,89065	0,89251	0,89435	0,89617	0,89796	0,89973	0,90147
1,3	0,90320	0,90490	0,90658	0,90824	0,90988	0,91149	0,91309	0,91466	0,91621	0,91774
1,4	0,91924	0,92073	0,92220	0,92364	0,92507	0,92647	0,92785	0,92922	0,93056	0,93189
1,5	0,93319	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94179	0,94295	0,94408
1,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95154	0,95254	0,95352	0,95449
1,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,95818	0,95907	0,95994	0,96080	0,96164	0,96246	0,96327
1,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96638	0,96712	0,96784	0,96856	0,96926	0,96995	0,97062
1,9	0,97128	0,97193	0,97257	0,97320	0,97381	0,97441	0,97500	0,97558	0,97615	0,97670
2,0	0,97725	0,97784	0,97831	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98124	0,98169
2,1	0,98214	0,98257	0,98300	0,98341	0,98382	0,98422	0,98461	0,98500	0,98537	0,98574
2,2	0,98610	0,98645	0,98679	0,98713	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899
2,3	0,98928	0,98956	0,98983	0,99010	0,99036	0,99061	0,99086	0,99111	0,99134	0,99158
2,4	0,99180	0,99202	0,99224	0,99245	0,99266	0,99286	0,99305	0,99324	0,99343	0,99361
2,5	0,99379	0,99396	0,99413	0,99430	0,99446	0,99461	0,99477	0,99492	0,99506	0,99520
2,6	0,99534	0,99547	0,99560	0,99573	0,99585	0,99598	0,99609	0,99621	0,99632	0,99643
2,7	0,99653	0,99664	0,99674	0,99683	0,99693	0,99702	0,99711	0,99720	0,99728	0,99736
2,8	0,99744	0,99752	0,99760	0,99767	0,99774	0,99781	0,99788	0,99795	0,99801	0,99807
2,9	0,99813	0,99819	0,99825	0,99831	0,99836	0,99841	0,99846	0,99851	0,99856	0,99861
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997



Como alternativa a la Tabla I.1 los valores de la Tabla I.2, presentan la parte del área total que hay a partir de la media, μ , hacia un lado de la curva. Por ejemplo, el área entre la media y un punto que está a 1,55 desviaciones estándar a su derecha es 0,43943.

TABLA I.2										
z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,00000	0,00399	0,00798	0,01197	0,01595	0,01994	0,02392	0,02790	0,03188	0,03586
0,1	0,03983	0,04380	0,04776	0,05172	0,05567	0,05962	0,06356	0,06749	0,07142	0,07535
0,2	0,07926	0,08317	0,08706	0,09095	0,09483	0,09871	0,10257	0,10642	0,11026	0,11409
0,3	0,11791	0,12172	0,12552	0,12930	0,13307	0,13683	0,14058	0,14431	0,14803	0,15173
0,4	0,15542	0,15910	0,16276	0,16640	0,17003	0,17364	0,17724	0,18082	0,18439	0,18793
0,5	0,19146	0,19497	0,19847	0,20194	0,20540	0,20884	0,21226	0,21566	0,21904	0,22240
0,6	0,22575	0,22907	0,23237	0,23565	0,23891	0,24215	0,24537	0,24857	0,25175	0,25490
0,7	0,25804	0,26115	0,26424	0,26730	0,27035	0,27337	0,27637	0,27935	0,28230	0,28524
0,8	0,28814	0,29103	0,29389	0,29673	0,29955	0,30234	0,30511	0,30785	0,31057	0,31327
0,9	0,31594	0,31859	0,32121	0,32381	0,32639	0,32894	0,33147	0,33398	0,33646	0,33891
1,0	0,34134	0,34375	0,34614	0,34850	0,35083	0,35314	0,35543	0,35769	0,35993	0,36214
1,1	0,36433	0,36650	0,36864	0,37076	0,37286	0,37493	0,37698	0,37900	0,38100	0,38298
1,2	0,38493	0,38686	0,38877	0,39065	0,39251	0,39435	0,39617	0,39796	0,39973	0,40147
1,3	0,40320	0,40490	0,40658	0,40824	0,40988	0,41149	0,41309	0,41466	0,41621	0,41774
1,4	0,41924	0,42073	0,42220	0,42364	0,42507	0,42647	0,42786	0,42922	0,43056	0,43189
1,5	0,43319	0,43448	0,43574	0,43699	0,43822	0,43943	0,44062	0,44179	0,44295	0,44408
1,6	0,44520	0,44630	0,44738	0,44845	0,44950	0,45053	0,45154	0,45254	0,45352	0,45449
1,7	0,45543	0,45637	0,45728	0,45818	0,45907	0,45994	0,46080	0,46164	0,46246	0,46327
1,8	0,46407	0,46485	0,46562	0,46638	0,46712	0,46784	0,46856	0,46926	0,46995	0,47062
1,9	0,47128	0,47193	0,47257	0,47320	0,47381	0,47441	0,47500	0,47558	0,47615	0,47670
2,0	0,47725	0,47778	0,47831	0,47882	0,47932	0,47982	0,48030	0,48077	0,48124	0,48169
2,1	0,48214	0,48257	0,48300	0,48341	0,48382	0,48422	0,48461	0,48500	0,48537	0,48574
2,2	0,48610	0,48645	0,48679	0,48713	0,48745	0,48778	0,48809	0,48840	0,48870	0,48899
2,3	0,48928	0,48956	0,48983	0,49010	0,49036	0,49061	0,49086	0,49111	0,49134	0,49158
2,4	0,49180	0,49202	0,49224	0,49245	0,49266	0,49286	0,49305	0,49324	0,49343	0,49361
2,5	0,49379	0,49396	0,49413	0,49430	0,49446	0,49461	0,49477	0,49492	0,49506	0,49520
2,6	0,49534	0,49547	0,49560	0,49573	0,49585	0,49598	0,49609	0,49621	0,49632	0,49643
2,7	0,49653	0,49664	0,49674	0,49683	0,49693	0,49702	0,49711	0,49720	0,49728	0,49736
2,8	0,49744	0,49752	0,49760	0,49767	0,49774	0,49781	0,49788	0,49795	0,49801	0,49807
2,9	0,49813	0,49819	0,49825	0,49831	0,49836	0,49841	0,49846	0,49851	0,49856	0,49861
3,0	0,49865	0,49869	0,49874	0,49878	0,49882	0,49886	0,49889	0,49893	0,49897	0,49900
3,1	0,49903	0,49906	0,49910	0,49913	0,49916	0,49918	0,49921	0,49924	0,49926	0,49929

APÉNDICE II VALORES DE $e^{-\lambda}$ PARA SU UTILIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON

Valores de $e^{-\lambda}$

λ	$e^{-\lambda}$	λ	$e^{-\lambda}$	λ	$e^{-\lambda}$	λ	$e^{-\lambda}$
0,0	1,0000	1,6	0,2019	3,1	0,0450	4,6	0,0101
0,1	0,9048	1,7	0,1827	3,2	0,0408	4,7	0,0091
0,2	0,8187	1,8	0,1653	3,3	0,0369	4,8	0,0082
0,3	0,7408	1,9	0,1496	3,4	0,0334	4,9	0,0074
0,4	0,6703	2,0	0,1353	3,5	0,0302	5,0	0,0067
0,5	0,6065	2,1	0,1225	3,6	0,0273	5,1	0,0061
0,6	0,5488	2,2	0,1108	3,7	0,0247	5,2	0,0055
0,7	0,4966	2,3	0,1003	3,8	0,0224	5,3	0,0050
0,8	0,4493	2,4	0,0907	3,9	0,0202	5,4	0,0045
0,9	0,4066	2,5	0,0821	4,0	0,0183	5,5	0,0041
1,0	0,3679	2,6	0,0743	4,1	0,0166	5,6	0,0037
1,1	0,3329	2,7	0,0672	4,2	0,0150	5,7	0,0033
1,2	0,3012	2,8	0,0608	4,3	0,0136	5,8	0,0030
1,3	0,2725	2,9	0,0550	4,4	0,0123	5,9	0,0027
1,4	0,2466	3,0	0,0498	4,5	0,0111	6,0	0,0025
1,5	0,2231						

APÉNDICE III TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS

52	06	50	88	53	30	10	47	99	37	66	91	35	32	00	84	57	07
37	63	28	02	74	35	24	03	29	60	74	85	90	73	59	55	17	60
82	57	68	28	05	94	03	11	27	79	90	87	92	41	09	25	36	77
69	02	36	49	71	99	32	10	75	21	95	90	94	38	97	71	72	49
98	94	90	36	06	78	23	67	89	85	29	21	25	73	69	34	85	76
96	52	62	87	49	56	59	23	78	71	72	90	57	01	98	57	31	95
33	69	27	21	11	60	95	89	68	48	17	89	34	09	93	50	44	51
50	33	50	95	13	44	34	62	64	39	55	29	30	64	49	44	30	16
88	32	18	50	62	57	34	56	62	31	15	40	90	34	51	95	26	14
90	30	36	24	69	82	51	74	30	35	36	85	01	55	92	64	09	85
50	48	61	18	85	23	08	54	17	12	80	69	24	84	92	16	49	59
27	88	21	62	69	64	48	31	12	73	02	68	00	16	16	46	13	85
45	14	46	32	13	49	66	62	74	41	86	98	92	98	84	54	33	40
81	02	01	78	82	74	97	37	45	31	94	99	42	49	27	64	89	42
66	83	14	74	27	76	03	33	11	97	59	81	72	00	64	61	13	52
74	05	81	82	93	09	96	33	52	78	13	06	28	30	94	23	37	39
30	34	87	01	74	11	46	82	59	94	25	34	32	23	17	01	58	73
59	55	72	33	62	13	74	68	22	44	42	09	32	46	71	79	45	89
67	09	80	98	99	25	77	50	03	32	36	63	65	75	94	19	95	88
60	77	46	63	71	69	44	22	03	85	14	48	69	13	30	50	33	24
60	08	19	29	36	72	30	27	50	64	85	72	75	29	87	05	75	01
80	45	86	99	02	34	87	08	86	84	49	76	24	08	01	86	29	11
53	84	49	63	26	65	72	84	85	63	26	02	75	26	92	62	40	67
69	84	12	94	51	36	17	02	15	29	16	52	56	43	26	22	08	62
37	77	13	10	02	18	31	19	32	85	31	94	81	43	31	58	33	51

Fuente: Extraído de *A Million Random Digits with 100,000 Normal Deviates*, The Free Press (1955): 7, con permiso de Rand Corporation.

APÉNDICE IV CÓMO UTILIZAR EXCEL OM Y POM PARA WINDOWS

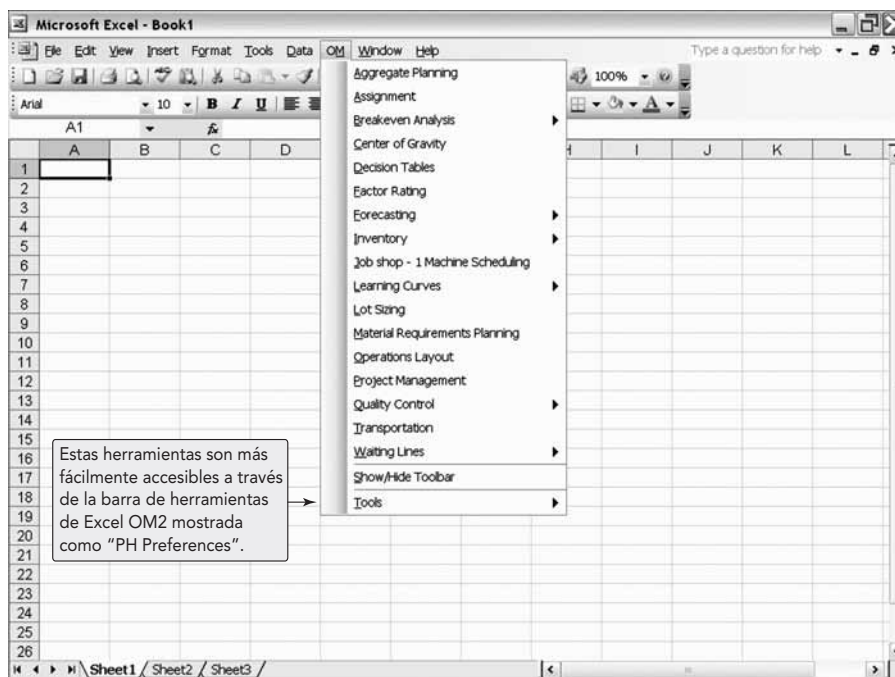
Con este texto están disponibles dos enfoques para la toma de decisiones ayudada por ordenador: **Excel OM** (*Operations Management*) y **POM** (*Production and Operations Management*) para Windows. Se trata de los dos paquetes de software existentes más fáciles de utilizar por los usuarios, para ayudarle a aprender y entender la dirección de operaciones. Ambos programas pueden usarse tanto para resolver los problemas identificados con un logotipo (**P, x, Px**) al final de los capítulos, como para comprobar las respuestas que se hayan realizado manualmente. Ambos paquetes de software se sirven del interfaz estándar Windows y funcionan en cualquier ordenador IBM-compatible 486 o superior, con al menos 4 MB de RAM, y sistema operativo Windows 95 o superior.

EXCEL OM

Excel OM ha sido también diseñado para ayudarnos a aprender y a comprender tanto la dirección de operaciones como Excel. Aun cuando el software contiene 17 módulos y más de 35 submódulos, las pantallas para cada módulo son uniformes y fáciles de usar. Los módulos se muestran en el Programa IV.1. Este software está en el CD-ROM que se incluye al final de este texto, y es gratuito para los compradores de este libro. Para su utilización, necesita tener instalado Excel 97 o superior en su ordenador.

Para instalar *Excel OM*:

1. Introduzca el CD-ROM.
2. Abra Mi PC desde el escritorio y pulse dos veces sobre el icono del CD.



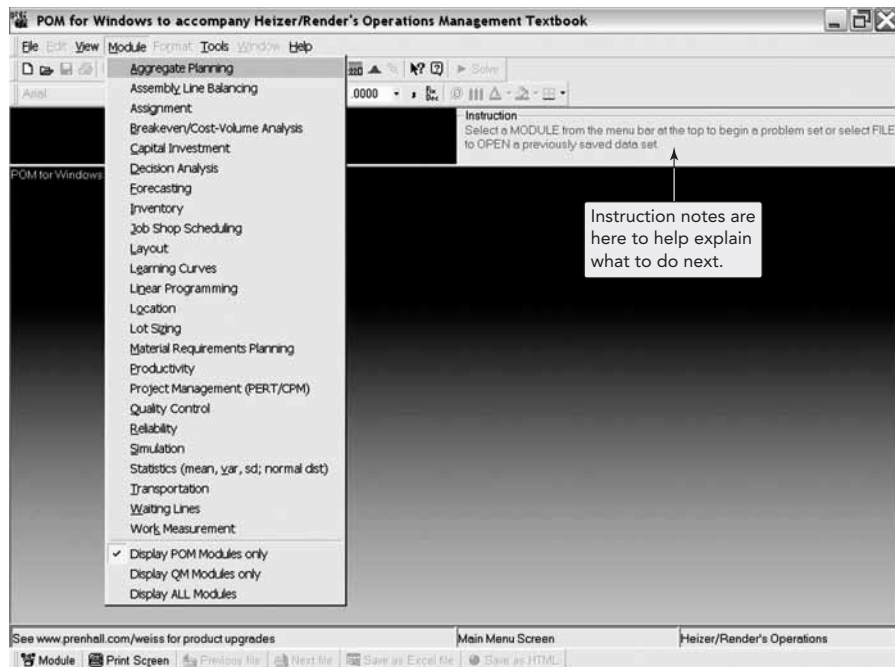
3. Abra la carpeta ExcelOM2.
4. Abra el programa ExcelOM2.Heizer.
5. Siga las instrucciones de instalación que aparecen en la pantalla.

En el programa de instalación se han asignado valores por defecto, pero pueden cambiarse si así lo desea. La carpeta por defecto en la que se instalará el programa recibe el nombre de C:\ExcelOM2 y el nombre por defecto del grupo de programas situado en el menú INICIO es Excel OM 2. Como regla general, lo único necesario es hacer clic en NEXT cada vez que la instalación nos haga una pregunta.

Iniciar del programa Si todavía no tenemos abierto Excel, entonces para arrancar Excel OM se efectuará un doble clic en el acceso directo Excel OM 2 creado en el escritorio durante la instalación. Otra opción consiste en hacer clic en INICIO, PROGRAMAS, EXCEL OM 2. Si ya tenemos abierto Excel, entonces basta con cargar el archivo ExcelOM2.xla, que se encuentra en el directorio C:\ExcelOM2, siempre que no haya cambiado este directorio durante la instalación del paquete.

También es posible instalar Excel OM como un complemento (add-in) de Excel que se carga cada vez que se abre Excel. Para ello, basta con ir a HERRAMIENTAS (TOOLS), ADD-INS, EXAMINAR (BROWSE) y seleccionar Excel OM2.xla de la carpeta C:\ExcelOM2. La desinstalación de los complementos (add-ins) en Excel resulta más difícil que su instalación, de tal forma que no se recomienda este método a menos que siempre que abramos Excel sea para resolver problemas de dirección de operaciones.

Excel OM cumple dos objetivos en el proceso de aprendizaje. En primer lugar, puede sencillamente ayudarle a resolver los problemas. Introducimos los datos adecuados y el programa facilita soluciones numéricas. POM para Windows funciona bajo el mismo principio, como veremos. Sin embargo, Excel OM permite un segundo enfoque; es el siguiente, anotar las *fór-*



PROGRAMA IV.2 ■ Lista de los módulos de POM para Windows

Method: Exponential Smoothing Alpha for smoothing: 1 Note: Error analysis begins at first period with forecast.

Details and Error Analysis

Port of New Orleans Solution Solution

	Demand(y)	Forecast	Error	Error	Error ²	Pct Error
Quarter 1	180	175	5	5	25	.0278
Quarter 2	168	175.5	-7.5	7.5	56.25	.0446
Quarter 3	159	174.75	-15.75	15.75	248.0625	.0991
Quarter 4	175	173.175	1.825	1.825	3.3306	.0104
Quarter 5	190	173.3575	16.6425	16.6425	276.9729	.0876
Quarter 6	205	175.0217	29.9783	29.9783	898.6959	.1462
Quarter 7	180	178.0196	1.9804	1.9804	3.9221	.011
Quarter 8	182	178.2176	3.7824	3.7824	14.3064	.0208
TOTALS	1439		35.9586	82.4586	1526.54	.4475
AVERAGE	179.875		4.4948	10.3073	190.8175	.0559
Next period forecast		178.5959	(Bias)	(MAD)	(MSE)	(MAPE)
				Std err	15.9507	

PROGRAMA IV.3 ■ Ejemplo previsiones en POM para Windows utilizando los datos del Capítulo 4 del volumen *Decisiones Estratégicas*

mulas Excel utilizadas para encontrar las soluciones y modificarlas para poder tratar una mayor variedad de problemas. Este enfoque “abierto” le permite observar, comprender e incluso cambiar las fórmulas en las que se basan los cálculos Excel, con la esperanza de transmitir el potencial de Excel como una herramienta de análisis en la dirección de operaciones.

POM para Windows

POM para Windows es un software de ayuda a la toma de decisiones que también se ofrece gratis en el CD del estudiante. El Programa IV.2 muestra la lista de los 24 programas OM que hay en el CD y que se instalarán en el disco duro de su ordenador. Una vez que se siguen las instrucciones estándar de instalación, se añadirá un icono del programa POM para Windows al menú INICIO y en el escritorio. Se puede acceder al programa haciendo doble clic en el icono. Existen versiones actualizadas de POM para Windows, en Internet, en la biblioteca de descargas Prentice Hall, que se encuentra en <http://prenhall.com/weiss>.

Para ilustrar la facilidad de uso de POM para Windows, incluimos los Programas IV.3 a IV.6. El Programa IV.3 muestra un aspecto del módulo de previsiones, el alisado exponencial, tal

Method: Longest operation time Cycle time computation: Given 40 units per 8 seconds minutes hours Task time unit: minutes Instruction: Enter the value for i for predecessor 6. Almost any character is permissible.

Example

TASK	Minutes	Predecessor 1	Predecessor 2	Predecessor 3	Predecessor 4	Predecessor 5	Predecessor 6
A	10						
B	11	a					
C	5	b					
D	4	b					
E	12	a					
F	3	c	d				
G	7	f					
H	11	e					
I	3	g	h				

Annotations: "Se dispone de cinco heurísticas." points to the Method dropdown. "Introduzca sólo el (los) predecesores inmediato(s)." points to the predecessor cells in the table.

PROGRAMA IV.4 ■ Módulo de equilibrado de líneas de montaje de POM para Windows, utilizando datos del Capítulo 9 del volumen *Decisiones Estratégicas*

como se aplica a los datos relativos al Puerto de Nueva Orleans del Capítulo 4 del volumen *Decisiones Estratégicas*.

Los Programas IV.4 y IV.5 ilustran el proceso del Equilibrado de Líneas de Montaje, utilizando datos del Capítulo 9 del volumen *Decisiones Estratégicas*. La primera pantalla, IV.4, muestra los datos de entrada, mientras que la IV.5 presenta los resultados del equilibrado.

Finalmente, el Programa IV.6 es un ejemplo del módulo de programación de talleres de POM para Windows. Se sirve de datos del Capítulo 5 del volumen de *Decisiones tácticas*. Encontrará que todos los módulos de este potente programa son muy fáciles de usar. Basta con seguir las instrucciones que aparecen en la parte superior de cada pantalla.

Example Solution				
Station	Task	Time (minutes)	Time left (minutes)	Ready tasks
				A
1	A	10	2	B,E
2	E	12	0	B,H
3	B	11	1	H,C,D
4	H	11	1	C,D
5	C	5	7	D
	D	4	3	F
	F	3	0	G
6	G	7	5	I
	I	3	2	
Summary Statistics				
Cycle time	12	minutes		
Min (theoretical) # of stations	6			
Actual # of stations	6			
Time allocated (cycle time * # stations)	72	minutes/cycle		
Time needed (sum of task times)	66	minutes/unit		
Idle time (allocated-needed)	6	minutes/cycle		
Efficiency (needed/allocated)	91.67%			
Balance Delay (1-efficiency)	8.33%			

Example Solution	
Method	Number of stations
Longest operation time	6
Most following tasks	7
Ranked positional weight	6
Shortest operation time	7
Fewest following tasks	6

PROGRAMA IV.5 ■ Pantalla de resultados del ejemplo anterior de equilibrado de líneas, Programa IV.4 de POM para Windows

Instruction note to advise students.

Method	Starting Day Number	Instruction
SPT - Shortest Processing Time	0	A summary table of results for each priority rule is available in one of the output displays.

Job Shop Scheduling Solution						
	Date received	Production time	Due Date	Order	Flow time	Late
A	0	6	8	third	11	3
B	0	2	6	first	2	0
C	0	8	18	fourth	19	1
D	0	3	15	second	5	0
E	0	9	23	fifth	26	5
TOTAL		28			65	9
AVERAGE					13	1.8
Total job work (processing) time since start					65	
Average # jobs in system (since start)	2.32					
Utilization (since start)	43					

Sequence: B, D, A, C, E

PROGRAMA V.6 ■ Módulo de programación de talleres de POM para Windows, a partir de datos del Capítulo 5 del volumen *Decisiones tácticas*

APÉNDICE V SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE NÚMERO PAR

Capítulo 1

- 1.2 2 válvulas/hora
- 1.4 Varía en función del lugar y la fuente
- 1.6 Productividad de la mano de obra: 9,3%
Productividad de la resina: 11,1%
Productividad del capital: -10%
Productividad de la energía: 6,1%
- 1.8 a) 0,0096 alfombras/dólar de mano de obra
b) 0,00787 alfombras/dólar
- 1.10 Disminuye la productividad del capital; aumenta la productividad de la mano de obra y de la energía.
- 1.12 Antes: 25 cajas/hora
Después: 27,08 cajas/hora
Incremento: 8,3%
- 1.14 Variación de la productividad de la mano de obra: 0%
Variación de la productividad de la inversión: 22,5%

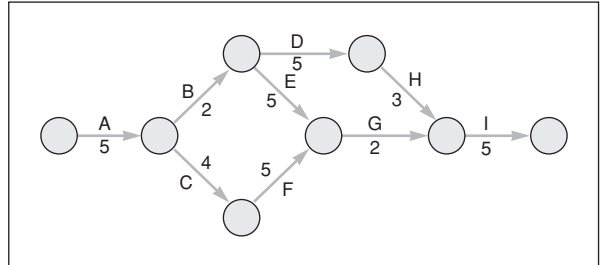
Capítulo 2

- 2.2 Liderazgo en costes: Sodhexo-Mariott
Respuesta: empresa de catering
Diferenciación: restaurante de lujo
- 2.4 Respuestas para los cinco primeros:
Arroz; Bidermann International, Francia
Braun; Procter & Gamble, Estados Unidos
Lotus Autos; Proton, Malasia
Firestone; Bridgestone, Japón
Godiva; Campbell Soup, Estados Unidos.
- 2.6 Algunas ideas generales para ayudarlo a continuar:
 - a) Los costes de la energía alteran la estructura de costes de las compañías aéreas.
 - b) Las restricciones medioambientales pueden forzar cambios en la tecnología de los procesos (fabricación y utilización de pinturas) y en el diseño del producto (automóviles).
- 2.8 Vea la clasificación actual en www.weforum.org/pfd/gcr.

Capítulo 3

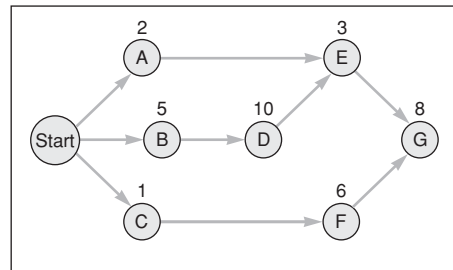
- 3.2 He aquí algunas actividades detalladas de las dos primeras actividades de la estructura desagregada de trabajo de Jacob:
 - 1.11 Defina los objetivos iniciales de recaudación de fondos.
 - 1.12 Defina la estrategia, incluyendo la identificación de fuentes y el lugar de solicitud.
 - 1.13 Recauda los fondos.
 - 1.14 Identifique lo que preocupa a los electores.
 - 1.15 Analice el historial de votos del competidor.
 - 1.16 Defina posturas sobre los problemas.

3.4



A-C-F-G-I es el camino crítico; 21 días.
Se trata de una red AOA.

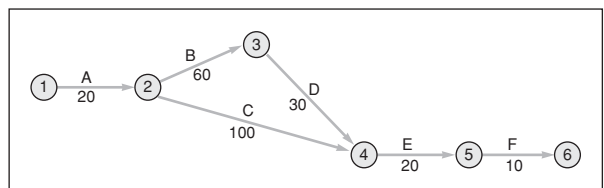
3.6 a)



- b) B-D-E-G
- c) 26 días
- d)

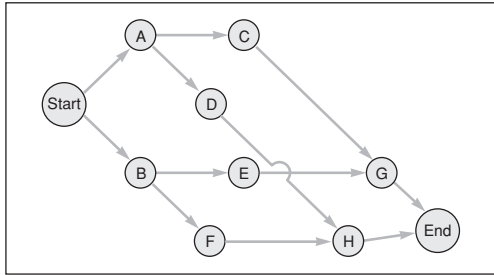
Actividad	Holgura
A	13
B	0
C	11
D	0
E	0
F	11
G	0

3.8 a)

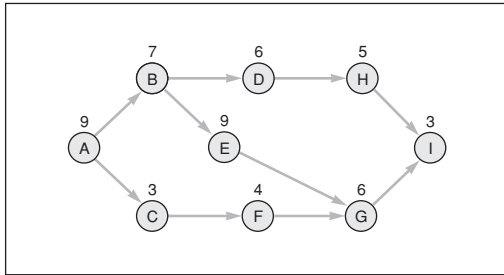


b) Tiempo de realización del proyecto = 150 horas.

3.10



3.12 a)

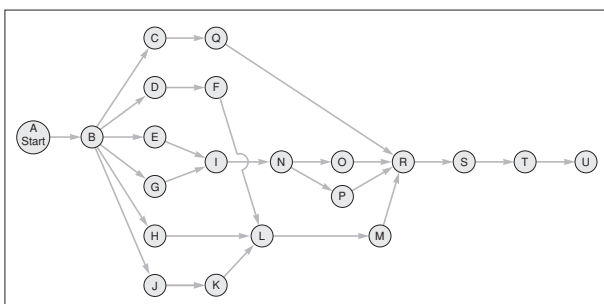


- b) A-B-E-G-I es el camino crítico.
- c) 34 semanas.

- 3.14
- | | |
|----------------|----------------|
| A, 5,83, 0,69 | G, 2,17, 0,25 |
| B, 3,67, 0,11 | H, 6,00, 1,00 |
| C, 2,00, 0,11 | I, 11,00, 0,11 |
| D, 7,00, 0,11 | J, 16,33, 1,00 |
| E, 4,00, 0,44 | K, 7,33, 1,78 |
| F, 10,00, 1,78 | |

- 3.16 0,946
- 3.18 El camino crítico es actualmente C-E con 12 días. Cuesta 1.100 dólares reducirlo en 4 días. Preste atención a los caminos críticos paralelos al reducir la duración del proyecto.

- 3.20
- a) 16 (A-D-G)
 - b) 12.300\$
 - c) D; 1 semana por 75\$
 - d) 7 semanas; 1.600\$
- 3.22
- a) A-C-E-H-I-K-M-N; 50 semanas
 - b) 82,1%
- 3.24
- a) 0,0228
 - b) 0,3085
 - c) 0,8413
 - d) 0,9772
- 3.26 a)



- b) El camino crítico es A-B-J-K-L-M-R-S-T-U con 18 días.
- c)
 - i No, las transmisiones y la dirección no están en el camino crítico.
 - ii No, la reducción a la mitad del tiempo de construcción del motor reducirá el camino crítico sólo en un día.
 - iii No, no está en el camino crítico.
- d) La reasignación de trabajadores que no están implicados en las actividades del camino crítico a actividades del camino crítico reducirá la longitud del camino crítico.

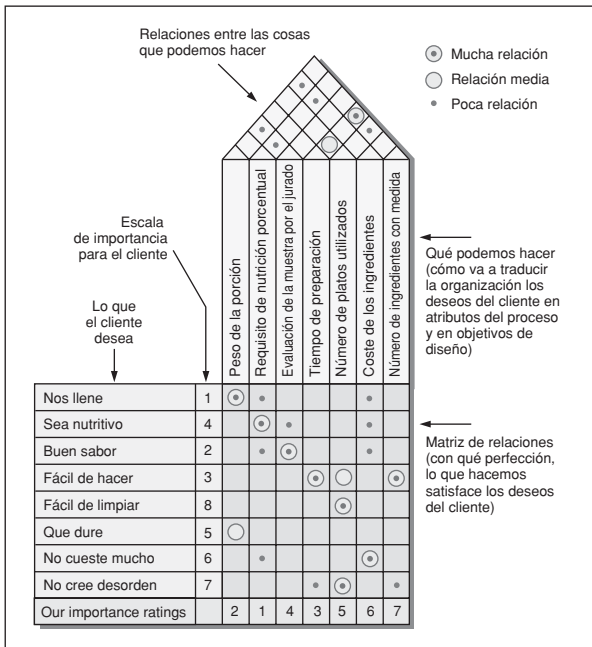
Capítulo 4

- 4.2
- a) Ninguna evidente.
 - b) 7; 7,67; 9; 10; 11; 11; 11,33; 11; 9
 - c) 6,4; 7,8; 11, 9,6; 10,9; 12,2; 10,5; 10,6; 8,4
 - d) La media móvil de 3 años.
- 4.4
- a) 41,6
 - b) 42,3
 - c) La estacionalidad del sector bancario.
- 4.6
- b) Simple = 23; móvil de 3 meses = 21,33; ponderada de 6 meses = 20,6; tendencia = 20,67
 - c) La proyección de tendencia.
- 4.8
- a) 91,3
 - b) 89
 - c) DAM = 2,7
 - d) ECM = 13,35
 - e) EPAM = 2,99%
- 4.10
- a) 4,67; 5,00; 6,33; 7,67; 8,33; 8,00; 9,33; 11,67; 13,7
 - b) 4,50; 5,00; 7,25; 7,75; 8,00; 8,25; 10,00; 12,25; 14,0
- 4.12
- Media móvil de 3 años DAM = 2,54
 Media móvil ponderada de 3 años DAM = 2,31* (El mejor)
 Alisado exponencial DAM = 2,54
- 4.14
- $\alpha = 0,6$ Alisado exponencial DAM = 5,06
 $\alpha = 0,9$ Alisado exponencial DAM = 3,7
 Media móvil de 3 años DAM = 6,2
 Proyección de tendencia DAM = 0,64* (El mejor)
- 4.16 $y = 421 + 33,6x$. Cuando $x = 6$, $y = 622,8$
- 4.18 DAM ($\alpha = 0,3$) = 74,6
 DAM (media móvil de 3 años) = 60,4
 DAM (Tendencia) = 5,6* (mejor)
- 4.20 $\alpha = 0,1$, $\alpha = 0,8$ Previsión para agosto = 71.303\$; ECM = 12,7 para $\beta = 0,8$ frente a ECM = 18,87 para $\beta = 0,2$ en el Problema 4.19.
- 4.22 Compruebe que sus resultados se ajustan a los de la Tabla 4.1.
- 4.24
- a) Las observaciones no forman una línea recta, sino que se agrupan alrededor de una.
 - b) $y = 1 + 1x$
 - c) 10 bombos
- 4.26 270, 390, 189, 351 para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente.
- 4.28 El índice es 0,709, invierno; 1,037, primavera; 1,553, verano; 0,700, otoño.
- 4.30
- a) 337
 - b) 380
 - c) 423
- 4.32
- a) $y = 50 + 18x$
 - b) 410\$

- 4.34 a) 28
b) 43
c) 58
- 4.36 a) 452,50
b) La solicitud es más elevada de lo previsto, por lo que debe buscar información adicional.
c) Añada otras variables (por ejemplo, un índice de coste del destino) para intentar aumentar r y r^2 .
- 4.38 a) $y = -0,158 + 0,1308x$
b) 2,719
c) $r = 0,966$; $r^2 = 0,934$
- 4.40 131,2 \rightarrow 72,6 pacientes; 90,6 \rightarrow 50,6 pacientes
- 4.42 a) Necesitan más datos y tienen que ser capaces de afrontar factores estacionales y de tendencia.
b) Intente diseñar su propio modelo simple ya que la estacionalidad es alta.
c) Calcule y haga un gráfico de su pronóstico.
- 4.44 El ajuste de tendencia no parece producir ninguna mejora significativa.
- 4.46 a) $y = 1,03 + 0,0034x$, $R^2 = 0,479$
b) Para $x = 350$; $Y = 2,197$
c) Para $x = 800$; $Y = 3,77$
(Puede existir redondeo dependiendo del software).
- 4.48 a) $Ventas_{(x)} = -9,349 + 0,1121x$ (contratos)
b) $r = 0,8963$; $S_{xy} = 1,3408$

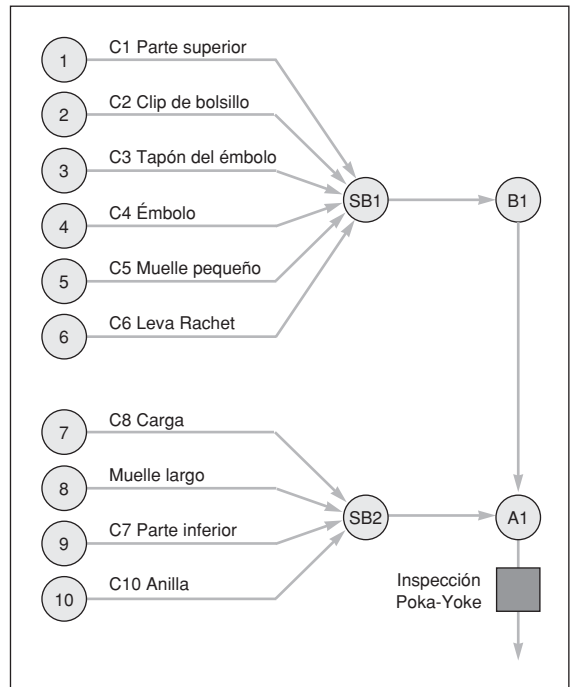
Capítulo 5

5.2 Casa de la calidad para una comida

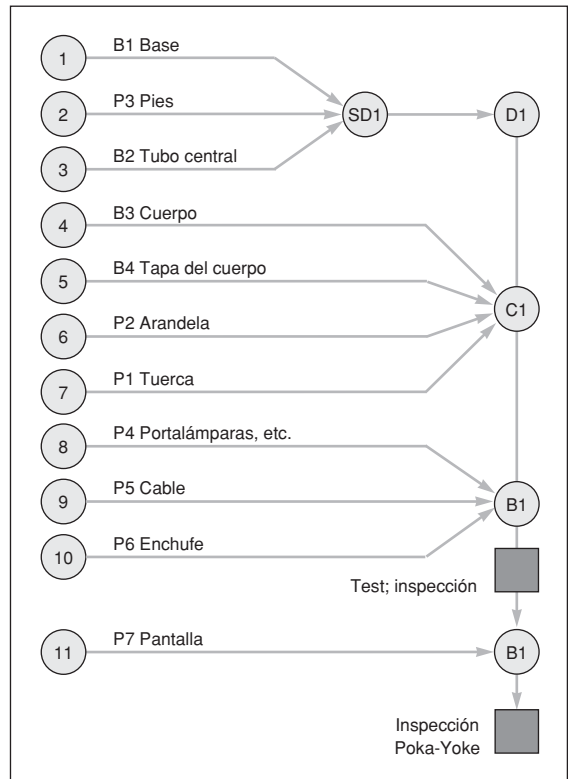


5.4 Respuesta personal. Construya una casa de la calidad similar a la que se muestra en el Problema 5.2, poniendo los *deseos* a la izquierda y los *cómo* arriba.

5.6 Diagrama de montaje de un bolígrafo:



5.8 Diagrama de montaje de una lámpara de mesa:



5.10 Estrategias posibles:

Ordenador portátil (fase de crecimiento):

Aumentar la capacidad y mejorar el equilibrio del sistema de producción.

Procurar conseguir que las instalaciones de producción sean más eficientes.

Agenda ordenador electrónica (fase introducción).

Aumentar la I+D para definir mejor las características requeridas en el producto.

Modificar y mejorar el proceso de producción.

Desarrollar sistemas de suministro y distribución.

Calculadora de mano (fase de declive):

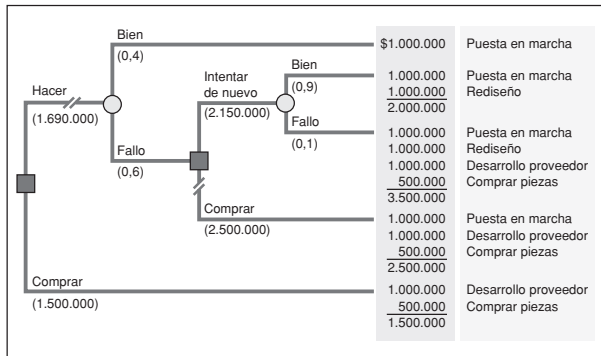
Centrarse en la reducción del coste de producción y de distribución.

5.12 VME de comenzar fabricación = 49.500.00\$

VME de hacer el análisis del valor = 55.025.000\$

Por tanto, hacer el análisis del valor.

5.14



a) La mejor solución sería comprar los semiconductores. Esta decisión tiene un beneficio esperado de 1.500.000\$.

b) Valor monetario esperado, coste mínimo.

c) Lo peor que puede ocurrir es que Ritz acabe comprando los semiconductores y gastándose 3.500.000\$.

Lo mejor que puede ocurrir es que ellos fabriquen los semiconductores y gasten sólo 1.000.000\$.

5.16 VME (Diseño A) = 875.000\$

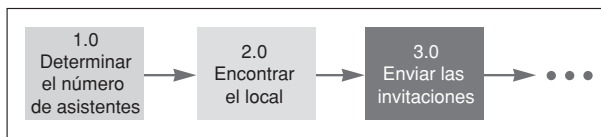
VME (Diseño B) = 700.000\$

Capítulo 6

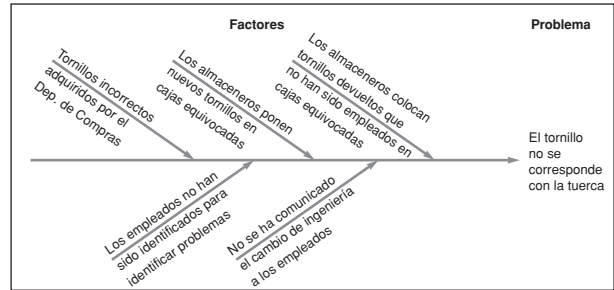
6.2 Respuesta personal, al estilo de la Figura 6.5(b).

6.4 Respuesta personal, al estilo de la Figura 6.5(f).

6.6 Diagrama de flujo parcial para planificar una fiesta:



6.8.



6.10 Respuesta personal, al estilo de la Figura 6.6 de este capítulo.

6.12 Diagrama de Pareto, al estilo del Ejemplo 1, con el “aparcamiento/caminos de acceso” como la más frecuente, “piscina” en segundo lugar, etc.

6.14 Materiales: e, f; Métodos: a, c, h; Mano de obra: b, g; Maquinaria: l; Otros: d, i, j, k, m

6.16 a) Un diagrama de dispersión al estilo del de la Figura 6.5(b) que muestra una fuerte relación positiva entre envíos y defectos.

b) Un diagrama de dispersión al estilo del de la Figura 6.5(b) que muestra una ligera relación entre envíos y rotación de empleados.

c) Un diagrama de Pareto al estilo de la Figura 6.5(d) que muestre la frecuencia de cada tipo de defecto.

d) Un diagrama de espina de pez al estilo de la Figura 6.5(c) con las 4 M mostrando las posibles causas del aumento de defectos en los envíos.

Suplemento del Capítulo 6

S6.2 $UCL_{\bar{x}} = 52,31$

$LCL_{\bar{x}} = 47,69$

S6.4 $UCL_{\bar{x}} = 46,966$

$LCL_{\bar{x}} = 45,034$

$UCL_R = 4,008$

$LCL_R = 0$

S6.6 $UCL_{\bar{x}} = 3,728$

$LCL_{\bar{x}} = 2,236$

$UCL_R = 2,336$

$LCL_R = 0,0$

El proceso está bajo control.

S6.8 a) $UCL_{\bar{x}} = 10,42$

$LCL_{\bar{x}} = 9,66$

$UCL_R = 1,187$

$LCL_R = 0$

b) Sí.

c) Aumentar el tamaño de la muestra.

S6.10 a) 1,36, 0,61

b) Utilizando σ_x , $UCL_{\bar{x}} = 11,83$ y $LCL_{\bar{x}} = 8,17$.

Utilizando A_2 , $UCL_{\bar{x}} = 11,90$ y $LCL_{\bar{x}} = 8,10$.

c) $UCL_R = 6,98$; $LCL_R = 0$

d) Sí.

S6.12 $UCL_{\bar{x}} = 47,308$; $LCL_{\bar{x}} = 46,692$.

$UCL_R = 1,777$; $LCL_R = 0,223$.

Las medias están aumentando.

S6.14

UCL	LCL
0,062	0
0,099	0
0,132	0
0,161	0
0,190	0,01

S6.16 $UCL_p = 0,313$; $LCL_p = 0$

S6.18 $UCL_p = 0,0901$; $LCL_p = 0$

Los límites de control han aumentado en más de un 50%. No.

S6.20 $UCL_p = 0,581$

$LCL_p = 0$

S6.22 $UCL_p = 33,4$

$LCL_p = 7$ (o 6,6)

S6.24 $UCL_p = 26,063$

$LCL_p = 3,137$

S6.26 $C_p = 1,0$. El proceso casi no es capaz.

S6.28 $C_{pk} = 1,125$. El proceso *está* centrado y producirá dentro de las tolerancias.

S6.30 $C_{pk} = 0,166$.

S6.32 $AOQ = 2,2\%$

S6.34 a) $UCL_{\bar{x}} = 61,131$, $LCL_{\bar{x}} = 38,421$, $UCL_R = 41,62$; $LCL_R = 0$

b) Sí, el proceso está bajo control en ambos gráficos.

c) Respaldan la opinión de West. Pero la varianza de la media debe reducirse y controlarse.

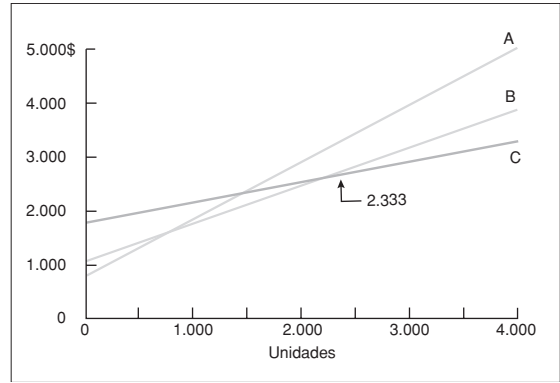
7.6 GPE es la mejor por debajo de 100.000.

FMS es la mejor entre 100.000 y 300.000.

DM es la mejor para más de 300.000.

7.8 El proceso óptimo cambiará en 100.000 y en 300.000.

7.10 a)



b) Plan c

c) Plan b

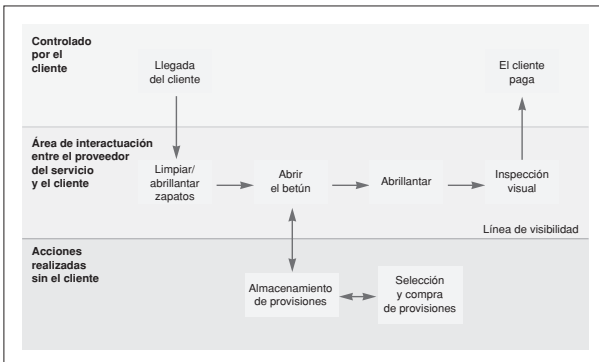
7.12 Alquilar el software de HP puesto que el volumen esperado de 80 está por encima del punto de equilibrio de 75.

Capítulo 7

7.2

Método actual <input checked="" type="checkbox"/>		DIAGRAMA DE PROCESO		Método propuesto <input type="checkbox"/>	
TEMA DIAGRAMADO <u>Limpeza de zapatos</u>		FECHA <u>1/15/05</u>		DIAGRAMA N° <u>J.C.</u>	
DEPARTAMENTO _____		HOJA N° <u>1</u> DE <u>1</u>			
DIST. EN PIES	TIEMPO EN MIN.	SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO		
	.5	○ → □ ▽ ▽	Limpiar y cepillar zapatos		
1.	.05	○ → □ ▽ ▽	Conseguir betún		
	.5	○ → □ ▽ ▽	Abrir y dar el betún		
	.75	○ → □ ▽ ▽	Abrillantar		
	.05	○ → □ ▽ ▽	Inspeccionar		
	.25	○ → □ ▽ ▽	Recibir el dinero		
1.	2.10	4 1 1	Total		

7.4



Suplemento del Capítulo 7

S7.2 69,2%

S7.4 88,9%

S7.6 81 sillas

S7.8 Diseño = 88.920

Fabricación = 160.680

Acabado = 65.520

S7.10 a) Capacidad por encima de 2.900

b) Capacidad por encima de 2.400

S7.12 a) 6.250 unidades

b) 7.000 unidades

S7.14 $x = 10.000$

S7.16 a) 12.500 unidades

b) 100.000\$

c) 350.00\$

S7.18 $PE\$ = 25.000$

S7.20 Equipo actual = 1.000\$ de beneficio

Nuevo equipo = 0\$

S7.22 a) 50.000 bolsas

b) 25.000\$

c) 60.000 bolsas

d) 150.000\$

e) 7.500\$

f) 0

g) Indiferente a 75.000

h) Proceso manual por debajo de 75.000. Proceso mecanizado por encima de 75.000

S7.24 $PE\$ = 7.584,83\$$ por mes

Comidas diarias = 9

S7.26 a) 986,19\$

b) 140,9 raciones

- S7.28 Resultado de la línea grande = 100.000\$
Resultado de la línea pequeña = 66.000\$
- S7.30 VAN = 20.280\$
- S7.32 VAN = 1.765\$
- S7.34 a) Compra de dos grandes hornos.
b) Igual calidad, igual capacidad.
c) Los pagos se hacen al final de cada periodo de tiempo. Y se conocen los tipos de interés futuros.

Capítulo 8

- 8.2 China, 1,44\$
- 8.4 India es 0,5\$ más barata que cualquier otra.
- 8.6 Atlanta = 53; Charlotte = 60; escoja Charlotte.
- 8.8 Hyde Park, con 54,5 puntos.
- 8.10 La localización C, con una puntuación *ponderada* de 1.530.
- 8.12 Gran Bretaña, con 36.
- 8.14 Italia es la que tiene una puntuación superior.
- 8.16 a) El lugar 1 hasta 125, el lugar 2 de 125 a 23, el lugar 3 por encima de 233.
b) El lugar 2
- 8.18 Proveedor local, 0-4.800; A, 4.800-8.000; B, 8.000-13.333; C, por encima de 13.333.
- 8.20 (5,15, 7,31)
- 8.22 a) (6,23, 6,08)
- 8.24 a) El lugar C es el mejor, con una puntuación de 374
b) Para todos los valores positivos de W7 tales que $W_7 \leq 14$

Capítulo 9

- 9.2 Dobladoras a la sala (área) 1; materiales a la 2; soldadoras a la 3; taladradoras a la 4; muelas a la 5; y tornos a la 6; viajes \times distancia = 13.000 pies
- 9.4 Layout #1, distancia = 600 con salas fijadas
Layout #2, distancia = 602 con salas fijadas
- 9.6 Layout #3, distancia = 609
Layout #4, distancia = 478
- 9.8 Tiempo ciclo = 9,6 minutos; 8 estaciones de trabajo con una eficiencia del 76,6%. Hay 15 horas inactivas al día.
- 9.10 Tiempo ciclo = 6,67 minutos/unidad. Hay múltiples soluciones con 5 estaciones.
Un ejemplo es: A, F, G a la estación 1; B, C a la estación 2; D, E a la estación 3; H a la estación 4; e I, J, a la estación 5.
Tiempo de inactividad = 5 minutos/ciclo
- 9.12 a) Número mínimo de estaciones de trabajo = 2,6 (o 3).
b) Eficiencia = 86,7%
c) Tiempo ciclo = 6,67 minutos/unidad con 400 minutos/día; número mínimo de estaciones de trabajo = 1,95 (o 2).
- 9.14 Tiempo ciclo = 0,5 minutos/botella. Las posibles asignaciones con 4 estaciones de trabajo proporcionan una eficacia del 90%.
- 9.16 Mínimo (teórico) = 4 estaciones. Eficiencia = 80% con 5 estaciones. Son posibles varias asignaciones con 5 estaciones.
- 9.18 Hay 3 alternativas, cada una con una eficiencia = 86,67%; se pueden producir 160 unidades. Tiempo ciclo = 3. Tiempo muerto/día = 320 minutos.

- 9.20 a) “Tiempo de operación más largo”, “Más tareas siguientes” y “pesos posicionales” cada una requiere 12 estaciones de trabajo y dan eficiencias del 84,61%.
- b) “Pesos posicionales”, con 11 estaciones de trabajo, y una eficiencia del 90,1%.

Capítulo 10

10.2

Tiempo	Operario	Tiempo	Máquina	Tiempo
1	Preparar el torno	1	Inactividad	1
	Cargar el torno			
2		2		2
3	Inactividad	3	Proceso del torno (cortando material)	3
4				
5	Descargar el torno	5	Inactividad	5
6		6		6

10.4 A continuación se muestran los 10 pasos de la pregunta 10.4(a). Los 10 pasos restantes son parecidos.

DIAGRAMA DE OPERACIONES		RESUMEN					
PROCESO: CAMBIAR LA GOMA		SIMBOLO		ACTUAL		DIF.	
ANALISTA:	FECHA:	MI	MD	MI	MD	MI	MD
HOJA: 1 de 2 <td></td> <td>1</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>		1	8				
METODO: PRESENTE	PROPUESTO	3	8				
		1					
		15	4				
OBSERVACIONES:							
		20	20				
MANO IZQUIERDA	DIST.	SIMBOLO	SIMBOLO	DIST.	MANO DERECHA		
1 Alcanzar el lápiz		⇒	□		Inactiva		
2 Asir el lápiz		○	□		Inactiva		
3 Llevar lápiz al área de trabajo		⇒	⇒		Llevar mano a parte superior del lápiz		
4 Sostener el lápiz		□	○		Asir parte superior del lápiz		
5 Sostener el lápiz		□	○		Quitar parte superior del lápiz		
6 Sostener el lápiz		□	⇒		Colocar la parte superior a un lado		
7 Sostener el lápiz		□	⇒		Alcanzar la goma vieja		
8 Sostener el lápiz		□	○		Asir goma vieja		
9 Sostener el lápiz		□	○		Quitar goma vieja		
10 Sostener el lápiz		□	⇒		Colocar goma vieja a un lado		

10.6 Solución personal.

10.8 La respuesta es similar a la del Problema resuelto 10.1, pero las actividades del equipo C y D se transforman en actividades limitadoras.

10.10 A continuación se muestra la primera parte del diagrama de actividades.

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES			
OPERARIO #1		OPERARIO #2	
TIEMPO	%	TIEMPO	%
TRABAJO	11,75	84	11,75
INACTIVO	2,25	16	2,25

OPERACIONES: Lavar y enjuagar platos
 EQUIPO: Lavadero, secador, toallas, jabón
 OPERARIO: _____
 ESTUDIO Nº: 1 ANALISTA: HSM

ASUNTO		FECHA	
ACTUAL	PROPUESTO	DE	POR
		1	HSM

LIMPIEZA	Operario #1		Operario #2	
	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO
	Llenar el fregadero con platos		Inactivo	
	Llenar el fregadero jabón y agua		Inactivo	
	Lavar platos (2 min.)		Inactivo	
	Enjuagar (1 min.)		Inactivo	
	Llenar el fregadero con platos (1 min.)		Secar platos (3 min.)	

10.12 La primera parte del diagrama de proceso se muestra a continuación.

DIAGRAMA DE PROCESO			
Método actual	<input type="checkbox"/>		
Método propuesto	<input checked="" type="checkbox"/>		
ASUNTO PRESENTADO	<u>Impresión y copia de documentos</u>		FECHA _____
			REALIZADO POR <u>HSM</u>
			DIAGRAMA Nº <u>1</u>
DEPARTAMENTO	<u>Administrativo</u>		HOJA Nº. <u>1</u> DE <u>1</u>

DIST. EN PIES	TIEMPO EN MIN.	SÍMBOLOS DEL GRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
	0,25		Dar al botón de imprimir
50	0,25		Ir a la impresora
	0,50		Esperar a la impresora
	0,10		Leer mensaje de error
100	0,50		Ir a la sala de suministros
	0,25		Localizar el papel adecuado

Suplemento del Capítulo 10

S10.2 9,35 segundos

S10.4 11 segundos

S10.6 55 segundos

S10.8 2,8 minutos

S10.10 6,183 minutos

S10.12 a) Elemento 1 = 0,437 minutos
 Elemento 2 = 1,79 minutos
 Elemento 3 = 3,83 minutos

b) Elemento 1 = 0,371 minutos
 Elemento 2 = 1,58 minutos
 Elemento 3 = 3,45 minutos

c) Tiempo estándar = 6,75 minutos

S10.14 Tiempo estándar = 5,40 minutos.

S10.16 a) Tiempo normal = 3,083 min.

b) Tiempo estándar = 3,85 min.

S10.18 $n = 426$

S10.20 a) 45,36; 13,75; 3,6; 15,09

b) 95,53 minutos

c) 96 muestras

S10.22 a) 47,6 minutos

b) 75 muestras

S10.24 $n = 347$

S10.26 73,8%

S10.28 6,55 segundos

S10.30 a) 270 minutos

b) 150 horas

c) Limpiar 9 habitaciones; ordenar 18 habitaciones

d) 45 empleados

Índice analítico

A

Actitudes, estrategias de localización y, 400
Actividad en flecha, 78-82
Actividad en nodo, 78-82
Actividades ficticias, 78
Adquisición de tecnología mediante compra de una empresa, 219
Aerovox, Inc., 39
Agrupación, 402-403
ALCNA (Acuerdo de Libre Comercio de Norte América), 39
Alianzas, competencia basada en el tiempo y, 219-220
Alisado adaptativo, 169
Alisado exponencial, 138, 142-143
ajuste de tendencias, 147-151
Almacenamiento aleatorio, disposición de almacenes y, 440
American Society for Quality (ASQ), 249n
Ampliación del puesto de trabajo, estrategia de recursos humanos y, 489
Análisis DAFO, 55
Análisis de regresión lineal, 137, 160
error estándar de la estimación, 162-163
Análisis de regresión múltiple, 165-166
Análisis de regresión y de correlación, previsión y, 160-166
Análisis del camino crítico, 83
Análisis del producto en función de su valor, 202
Análisis del umbral de rentabilidad, 369-373
caso con múltiples productos y, 372-373
caso de un único producto, 371
contribución y, 370
costes fijos, 370
costes variables, 370
de la localización, 404-406
definición, 369
función de ingresos, 370
objetivos del, 369
planteamiento algebraico, 370-371
planteamiento gráfico, 370
supuestos y, 370

Análisis del valor, 213
Análisis PERT, Microsoft Project y, 103-104
Análisis y diseño, estrategia de procesos y, 335-340
Andon, 502
Apple Computer, 77
Árboles de decisión
capacidad, 373-374
diseño del producto, 229-230
Área bajo la curva normal, 544-545, T1-4 a T1-5
Área funcional, misión y, 42
Argentina, MERCOSUR y, 40
ASRS, 346
Atención a los procesos, estrategias de procesos y, 323
Atención repetitiva, estrategia de procesos y, 325-327
Atributos:
frente a las variables, inspección y, 264
gráficos de control de los, 291
gráficos p y, 291-294
Australia, 39

B

Baldrige, Malcolm, 247
Bechtel, 70-71
Benetton, 346
Bertelsmann, 61
BetzDearborn, Inc., 282
Bienes y servicios, diseño de los, 197-241
operaciones globales y, 38
Bienes, diseño de los,
decisiones de dirección de operaciones y, 49, 52
diferencias respecto a los servicios, 49
BMW, 214, 215
Boeing, 36-37
Booz, Allen & Hamilton, 77
Borders, 330
Brasil, IBM y, 60
MERCOSUR y, 40
Bristol-Myers Squibb, 214

C

- CAD, 211-212
- Cadena de montaje, disposición orientada al producto y, 453
- Cadena de producción, disposición orientada a la producción y, 453
- Cadena de suministros, visión global de las operaciones y, 40
- Calidad de salida media, T2-5 a T2-6, 302
- Calidad orientada a objetivos, 253
- Calidad robusta, 256
- Calidad. *Véase también* Control estadístico de procesos; gestión de calidad total (GCT)
- coste de la, 248
 - decisiones de dirección de operaciones y, 48-49, 52
 - definición, 246-247
 - estrategia y, 245
 - ética y, 248
 - Normas Internacionales sobre Calidad International, 249-250
 - Premio a la calidad Malcolm Balridge, 247
 - repercusiones de, 247
- Camino crítico, 77
- Canadá, ALCNA y, 39
- Capacidad de los procesos, control estadístico de procesos y, 297-300
- definición, 297
 - índice y, 298-300
 - ratio y, 297-298
- Capacidad, estrategia y, 364
- Capacidad, previsión y, 135
- Capital, como variable de la productividad, 21
- Casa de la calidad, 206
- Caso con múltiples productos, umbral de rentabilidad y, 372-373
- Caso de un único producto, análisis del umbral de rentabilidad y, 371
- Casos de estudio,
- Bayfield Mud Company, CEP y, 316-318
 - control estadístico de los procesos y, 316-318
 - Digital Cell Phone, Inc., previsión y, 193
 - Estrategia de producto de De Mar, 239
 - Hard Rock Cafe, estrategia global y, 66
 - Jackson Manufacturing Co., medición del trabajo, 539-540
 - Karstadt frente a J. C. Penney, 510
 - Minit-Lube, Inc., 65
 - National Air Express, productividad y operaciones, 30
 - Phlebotomists, routing and scheduling, T5-17 a T5-18
 - Renovaciones de los permisos de conducir, 476
 - Rochester Manufacturing Corp., 357
 - Southern Recreational Vehicle Co., estrategias de localización y, 427-428
 - Southwestern University,
 - calidad de la dirección, 275
 - dirección de proyectos, 125-126
 - previsión, 191
 - Zykol Chemicals Corp., productividad y operaciones, 31
- Casos de estudio de Harvard
- control estadístico de procesos, 316-317
 - dirección de proyectos, 129
 - diseño de bienes y servicios, 240
 - estrategia de la disposición, 480
 - estrategia de operaciones en un entorno global, 66
 - estrategia de procesos, 359
 - estrategias de localización, 429
 - gestión de la calidad, 279
 - operaciones y productividad, 31
 - planificación de la capacidad, 389-390
 - previsiones, 193
 - recursos humanos y diseño del puesto de trabajo, 510-511
- Casos de estudio de Internet,
- control estadístico de procesos, 319
 - estrategia de disposición, 480
 - estrategia de operaciones en un entorno global, 66
 - estrategia de procesos, 359
 - estrategias de localización, 428-429
 - gestión de la calidad, 280
 - gestión de proyectos, 130
 - medición del trabajo, 539-540
 - planificación de la capacidad, 389-390
 - previsiones, 193
 - recursos humanos y diseño del puesto de trabajo, 510-511
- Caterpillar, 61
- Catorce puntos de Deming, calidad y, 249, 250
- Células de trabajo, disposición y, 434, 448-452
- centro de trabajo enfocado y fábrica enfocada, 452
 - dotación de personal, 449-450
 - requisitos de las, 448-449
- Células de trabajo equilibradas, 449
- Centro de trabajo centrado, 452
- Chile, SEATO y, 39-40
- Ciclo de vida del producto, 134, 200-201
- estrategia y, 201

- Ciclos, previsión de series temporales, 138
- Círculo de calidad, 253
- Citicorp, 61
- Clasificaciones de los puestos de trabajo, 488
- Coefficiente de correlación, 163-165
- Coefficiente de determinación, 165
- Coefficientes de correlación para las rectas de regresión, 163-165
- Comercios especializados, previsiones y, 170
- Comparación de elecciones de procesos, 331
- Competencia basada en el tiempo, desarrollo de productos y, 217-219
adquisición de tecnología mediante la compra de una empresa, 219
alianzas, 219
empresas conjuntas (joint ventures), 219
- Componentes, listas de materiales y, 221
- Componentes psicológicos, diseño del puesto de trabajo y, 490-504
- Composición del personal de ventas, previsión y, 137
- Conceptos Taguchi, 256
- Condiciones previas, estrategia de operaciones y, 53-54
- Consideraciones en las decisiones sobre capacidad, 364-366
- Consideraciones sobre la capacidad, 364-366
- Constante de alisado, 143-144
- Contribución, análisis del umbral de rentabilidad y, 369-370
- Control de la gestión de proyectos y, 71, 77
- Control de las previsiones, 166-169
- Control de procesos, 344
- Control de proyectos, 71, 77
- Control estadístico de los procesos (CEP), 262, 281-319
capacidad del proceso, 297-300
definición, 282
gráfico de barras \bar{x} , 284
definición de límites, 286-288
gráficos C, 294-295
gráficos de control, 282, 284
 cuestiones directivas y, 295-296
 para las variables, 284
 para los atributos, 291-295
gráficos p, 291-294
Gráficos R, límites y, 284
 definición de los límites y, 289
- utilización, 289
límites de la media de los gráficos, definición de los, 286-288
 utilización, 288
muestras, 283
muestreo de aceptación, 282, 300-303
teorema central del límite y, 282
variaciones asignables, 282
variaciones naturales, 282
- Control numérico CNC, 343
- Corea del Sur, SEATO y, 39-40
- Costes, ventaja competitiva y, 44, 45
 estrategias de localización y, 399
- Costes de evaluación, calidad y, 248
- Costes de la calidad, 248
- Costes de prevención, calidad y, 248
- Costes externos, calidad y, 248
- Costes fijos, análisis del umbral de rentabilidad y, 370
- Costes intangibles, estrategias de localización y, 399
- Costes tangibles, estrategias de localización y, 399
- Costes variables, análisis del umbral de rentabilidad y, 370
 inversiones impulsadas por la estrategia y, 375
- Cp, 297-298
- Cpk, 298-300
- Creación de una organización, 58
- Crítica del PERT y del método del camino crítico, 99
- Cuatro estrategias de procesos, 323-335
- Cuestiones culturales, visión global de las operaciones y, 41
- Cuestiones directivas, gráficos de control y, 295-296
- Cuestiones relacionadas con el diseño del producto, 211-216
 análisis del valor, 213
 diseño asistido por computadora, 211-212
 diseño modular, 211
 diseño robusto, 211
 diseños ecológicos, 214
 ética y, 214
 fabricación asistida por computadora, 213
 normas legales y de la industria, 216
 producción ecológica, 214
 tecnología de realidad virtual, 213
- Cuestiones relativas a la estrategia de operaciones, 52
- Curvas de características operativas, T2-2 a T2-3, 300-301
- ## D
- DaimlerChrysler, 219
- Darden Restaurants, 49, 340
- Dársenas cruzadas, 439-440

- Decisión sobre productos, 199
- Decisiones de localización, factores que afectan a las, 396-403
- Decisiones estratégicas de la dirección de operaciones, 48
- Decisiones sobre producir o comprar, 222
- Declaración de la misión de Merck, 42
- Definición de referencias (benchmarking), 254-255
- Delegación de funciones a los empleados, 15
 - expansión del puesto de trabajo, 490-491
 - GCT y, 251
- Dell Computers, 322-323, 329
- Demandas estacionales, capacidad y, 366
- Desarrollo del producto, 205-210
 - cuestiones relativas al diseño y, 211-216
 - despliegue de la función de calidad, 206-209
 - equipos y, 209
 - importancia del, 204
 - organización para el, 209-210
 - posibilidad de fabricación e ingeniería del valor, 210
 - sistema y, 205-206
- Descomposición de una serie temporal, 138
- Despliegue de la función de calidad, 206-209
- Desviación absoluta media, 144
- Determinantes de la calidad del servicio, 267
- Diagrama de espina de pez, 259-260
- Diagrama de flujos, 336
 - diseño del puesto de trabajo y, 499
- Diagrama de montaje, 223
- Diagrama de operaciones, diseño del puesto de trabajo y, 499-500
- Diagramas de causa y efecto, 259-260
- Diagramas de flujos, 261
- Diagramas de Ishikawa, 259
- Diagramas de Pareto, 261
- Diagramas de puntos, herramientas de GCT y, 259
- Dibujo del mapa de los procesos, 336
- Diez decisiones de dirección de operaciones, 7, 48-50
- Diferenciación, ventaja competitiva y, 44-45
 - diferenciación en función de la experiencia y, 44, 45
 - previsión y, 150
- Diferencias entre bienes y servicios, 49
- Dilemas éticos,
 - diseño de bienes y servicios, 234
 - estrategia de disposición, 465
 - estrategia de operaciones en un entorno global, 64
 - estrategia de procesos, 354
 - estrategias de localización, 418
 - gestión de la calidad, 270
 - gestión de proyectos, 114
 - operaciones y productividad, 26
 - previsión, 178
- Dinámica,
 - estrategia de operaciones, 54
- Dirección como variable de la productividad, 20
- Dirección de operaciones,
 - acontecimientos significativos en la, 9
 - decisiones sobre estrategia, 7, 48-50
 - definición, 3
 - donde hay puestos de trabajo en dirección de, 7
 - ética y responsabilidad social, 22
 - herencia, 8-10
 - integración con otras actividades, 58
 - nuevas tendencias, 14-15
 - oportunidades laborales en, 7, 8
 - organización para producir bienes y servicios, 3
 - razones para estudiar, 5-6
 - reto de la productividad, 16-23
 - sector servicios, 10-14
- Dirección de proyectos, 69-130
 - actividad ficticia, 78
 - análisis del camino crítico, 83
 - cálculo del tiempo de holgura, 88-90
 - control del proyecto, 72, 77
 - Crítica del PERT y del camino crítico, 99
 - determinación del plazo del proyecto, 83-90
 - diagramas y planteamientos de redes, 78-79
 - ejemplo de actividad en flecha, 78
 - ejemplo de actividad en nodo, 80-82
 - elecciones entre costes y tiempo, 96-99
 - estimaciones de tiempos en, 90-92
 - identificación del camino crítico, 88-89
 - importancia de la, 71
 - marco de la, 77-82
 - marco del PERT y el camino crítico, 77
 - Microsoft Project, 101-107
 - PERT, 77-82
 - PERT/método del camino crítico en, 77-100
 - planificación del proyecto, 72-75
 - probabilidad de culminación del proyecto, 92-96
 - programación del proyecto, 71, 75-76, 83-90
 - reducción de los plazos del proyecto, 96-99
 - técnicas de, 77-83
 - variabilidad de los tiempos de actividad, 90-96
- Director de proyectos, 73
- Diseño asistido por computadora, 211-212
- Diseño de bienes y servicios, 197-240

aplicación de los árboles de decisión al diseño del producto, 229-230
 Diseño de la capacidad, 362
 competencia basada en el tiempo, 217-220
 cuestiones relativas al diseño de los productos, 211-216
 definición del producto, 220-223
 desarrollo de productos, 205-210
 diseño del servicio, 226-229
 documentos para la producción, 223-225
 generación de nuevos productos, 202-205
 selección de bienes y servicios, 199
 transición a la producción, 231
 Diseño de la capacidad, dirección de operaciones y, 48-50, 52
 Diseño de la disposición, decisiones de dirección de operaciones y, 49, 53
 procesos de servicios y, 342
 Diseño de los procesos, dirección de operaciones y, 48-49, 52
 Diseño del puesto de trabajo, 488-500
 ampliación del puesto de trabajo, 489-490
 componentes psicológicos de, 490-492
 definición, 488
 equipos autodirigidos, 492-493
 ergonomía y métodos de trabajo y, 495-500
 espacio de trabajo visual, 500-502
 especialización del puesto de trabajo, 488-489
 estándares laborales, 503
 estrategia de recursos humanos, dirección de operaciones y, 49, 52
 limitaciones de la ampliación del puesto de trabajo, 493-494
 motivación y sistemas de incentivos y, 493-495
 Diseño isométrico, 223
 Diseño modular, desarrollo del producto y, 211
 Diseño robusto, desarrollo del producto y, 211
 Diseños ecológicos, ética y, 214
 Disposición, tipos de, 433-435
 Disposición de posición fija, 434, 441
 Disposición en las oficinas, 434-437
 Disposición en los almacenes, 433, 439-441
 almacenamiento aleatorio, 440
 cross docking, 439-440
 personalización, 440-441
 Distribución de probabilidad beta, 91
 Diversificación del puesto de trabajo, 489
 limitaciones de la, 493
 Documentos,
 para la producción, 223

para los servicios, 228
 Dotación de personal en las celdas de trabajo, 449
 Dotación de personal en una organización, 58
 DuPont, 214, 291

E

Eficiencia, definición de la, 16n
 Eficiencia, dirección de operaciones y, 16n
 Ejercicios Active Model, 79
 control estadístico de procesos, diagramas P y, 304
 diseño de bienes y servicios, árbol de decisión, 235
 estrategia de disposición, 465-466
 estrategia de procesos, 354-355
 estrategias de localización, 418-419
 gestión de la calidad, diagrama de Pareto y, 271-272
 gestión de proyectos, redes y, 114-115
 mediciones del trabajo, 532-533
 previsión, alisado exponencial, 177
 Elección de la localización, decisión de dirección de operaciones y, 49, 53
 Elección de la ubicación de un hotel, estrategias de localización y, 411-412
 Elecciones de procesos, comparación de, 331-335
 Empresas conjuntas (joint-ventures) competencia basada en el tiempo y, 219
 Empresas multinacionales, 58
 Enfoque a producto, 327
 Enfoque global, dirección de operaciones y, 14
 Enriquecimiento del puesto de trabajo, 490
 Entorno del servicio, 438-439
 Entorno del trabajo, diseño del puesto de trabajo y, 496-497
 Equilibrio de la cadena de montaje, disposición orientada al producto y, 453-458
 objetivos, 453
 Equilibrio entre coste y duración, dirección de proyectos y, 96-99
 Equipos autoridigidos, 492-493
 Ergonomía, diseño del puesto de trabajo y, 495
 Error cuadrático medio, 145
 Error del sesgo, 167
 Error estándar de la estimación, 162-163
 Error porcentual absoluto medio, 146-147
 Error Tipo I, 302
 Error Tipo II, 302
 Especialización del puesto de trabajo, 488-489
 Estacionalidad, series temporales y, 139

- Estados Unidos,
 - ALCNA, 39
 - sistema económico, 17
- Estándar para el intercambio de datos sobre productos, 212
- Estimación de tiempo pesimista, PERT y, 90-91
- Estrategia de localización de los servicios, 408-413
- Estrategia de operaciones en un entorno global, 35-68
 - desarrollo de misiones y estrategias, 42-44
 - desarrollo e implementación de la estrategia, 55-58
 - diez decisiones estratégicas de dirección de operaciones, 48-50
 - opciones de estrategia, 58-61
 - problemas en la, 52-54
 - ventaja competitiva mediante las operaciones, 44-48
 - visión de la, 38-42
- Estrategia de operaciones globales, 58-61
- Estrategia de procesos, 321-360
 - análisis y diseño, 335-338
 - cuatro estrategias de procesos, 323-335
 - definición, 323
 - diseño del proceso de servicios, 339-342
 - elección de equipos y tecnologías, 342
 - objetivos de la, 323
 - procesos éticos y ecológicos, 351
 - rediseño del proceso, 349-350
 - tecnología de producción, 343-348
 - tecnología en los servicios, 348-349
- Estrategia de recursos humanos y diseño del puesto de trabajo, 483-541
 - dirección de operaciones y, 49, 52
 - diseño del puesto de trabajo, 488-500
 - estándares laborales, 502-503
 - lugar de trabajo visual, 500-502
 - objetivos de, 485-486
 - planificación del trabajo y labor, 486-488
 - procesos de servicios y, 342
 - ventaja competitiva de la, 485
- Estrategia en múltiples países, operaciones globales y, 60-61
- Estrategia global, operaciones globales y, 60
- Estrategia internacional, operaciones globales y, 59
- Estrategia transnacional, operaciones globales y, 60-61
- Estrategia, planificación agregada
 - calidad y, 245
 - capacidad y, 364
 - ciclo de vida y, 201
 - definición, 42
 - desarrollo e implementación, 55-58
 - dirección de proyectos, 71
 - inversiones impulsadas por la planificación de la capacidad y, 375-379
 - operaciones en un entorno global, 35-68
 - previsiones, 135
 - procesos, 321-360
 - recursos humanos, 485
 - ventajas competitiva y, 199-200
- Estrategias de localización, 393-430
 - en la industria del telemarketing, 411
 - estrategia de localización de los servicios, 408-413
 - factores que afectan a las decisiones de localización, 396-403
 - importancia estratégica de las, 395-396
 - métodos para evaluar localizaciones alternativas, 403-409
 - modelo de transporte, 408
 - objetivos de las, 395
- Estrategias sobre la disposición, 431-481
 - células de trabajo, 433, 448-452
 - disposición de almacenes y almacenamiento, 433, 439-441
 - disposición de las oficinas y, 434-437
 - disposición de posición fija, 434, 441
 - disposición minorista y, 434, 437-439
 - disposición orientada a los procesos, 434, 441-447
 - disposición repetitiva y orientada a los procesos, 434, 453-458
 - importancia estratégica, 433
 - tipos de, 433-435
- Estructura desagregada del trabajo, dirección de proyectos y, 74
- Estudio de mercado de los bienes de consumo, previsión y, 137
- Estudios Hawthorne, 490-491
- Ética,
 - decisiones de localización, 399-400
 - dirección de operaciones y, 23
 - dirección de proyectos y, 73
 - diseño del producto y, 214
 - entorno laboral y, 502-503
 - estrategia de operaciones en un entorno global, 42
 - gestión de la calidad y, 248-249
 - previsión y, 178
 - procesos ecológicos, 351
- Evaluación de las alternativas de localización, 403-409
 - análisis del umbral de rentabilidad, 379-380
 - control estadístico de procesos, 304

dirección de proyectos, 107
 estrategia de disposición, 459-460
 estrategias de localización, 414-415
 previsión, 173-174
 Excelencia del producto, 209
 Experiencia histórica, medición del trabajo y, 516-517

F

Fábrica centrada, 452
 Fabricación asistida por computadora, 213
 Fabricación ecológica, 216
 Factores críticos del éxito, 56
 Fallo interno, calidad y, 248
 Fase de crecimiento, ciclo de vida del producto y, 201
 Fase de declive, ciclo de vida del producto y, 201-202
 Fase de introducción, ciclo de vida del producto y, 201
 Fase de madurez, ciclo de vida del producto y, 201
 Federal Express, 42, 394-395
 Fiabilidad. Véase también Mantenimiento
 dirección de operaciones y, 49, 52
 respuesta, 47
 Filipinas, industria de los dibujos animados y, 39
 Flujo de la fábrica, 447
 Flujos de caja, inversiones impulsadas por la estrategia y, 375
 Función de ingresos, análisis del umbral de rentabilidad y, 370
 Función de pérdida de calidad, 256

G

Generación de nuevas oportunidades, 202
 General Electric Corporation, 282
 General Motors Corporation, 213
 Gestión de calidad total, 250-257
 conceptos Taguchi, 256
 definición, 250
 de referencias, 254-255
 delegación de competencias a los empleados, 253
 herramientas de, 257-263
 just-in-time, 255
 mejora continua, 251-253
 Seis Sigma, 252
 servicios, 265
 Gestión de inventarios
 dirección de operaciones y, 49, 52

Gestión de la cadena de suministros
 asociaciones y, 14
 dirección de operaciones y, 49, 52
 previsión y, 135
 Gestión de la calidad, 243-280. Véase también
 Gestión de calidad total
 coste de la, 248
 definición, 246-249
 estrategia y, 245
 gestión de calidad total, 250-257
 herramientas de la GCT, 257-263
 implicaciones de la, 247
 normas internacionales sobre la calidad, 249-250
 papel de la inspección, 263-265
 servicios y, 265-266
 Gestión de la configuración, 224
 Gestión de la demanda, capacidad y, 366
 Gestión del ciclo de vida del producto, 224-225
 Gráfico de barras x, 284
 fijación de los límites de los gráficos de medias, 286-288
 teorema central del límite y, 285
 Gráfico P, 291-294
 Gráfico R, 284, 289-290
 Gráficos C, 294-296
 Gráficos de actividades, diseño del puesto de trabajo y, 498-500
 Gráficos de control, 262, 282, 284
 control estadístico de procesos y, 282
 cuestiones directivas y, 295-296
 de atributos, 291-296
 definición, 282
 gráficos C, 294-296
 gráficos P, 291-294
 gráficos R, 284
 pasos a seguir al utilizar, 290-291
 variables, 284, 296
 x-barra, 277, 284, 286-287
 Gráficos de procesos, análisis, diseño y, 337-338
 diseño del puesto de trabajo y, 500-501
 en el hospital Arnold Palmer, 358-359

H

Hard Rock Café
 ampliación del puesto de trabajo, 494
 apertura de un nuevo restaurante, 428-429
 Casos de estudio en vídeo:
 dirección de operaciones en los servicios, 31

- dirección de proyectos, 73, 126-127
 - elección de la localización, 428-464
 - estrategia de recursos humanos y, 510-511
 - estrategia global y, 2
 - previsión, 193-195
 - declaración de la misión, 42
 - dirección de proyectos y, 71
 - disposición del restaurante, 438-439
 - Harley-Davidson, 326
 - Herramientas de la gestión de calidad total, 257-263
 - conocimiento de las, 257
 - control estadístico de procesos, 262
 - diagramas de causa y efecto, 259-260
 - diagramas de flujos, 261
 - diagramas de Pareto, 261
 - diagramas de puntos, 259
 - histograma, 261
 - hojas de control, 259
 - Heurística, equilibrio de la cadena de montaje y, 456-457
 - Histograma, 261
 - Hoja de ruta, 223
 - Hojas de cálculo en Excel, análisis del umbral de rentabilidad y, 379-380
 - estrategias de localización, 414-415
 - previsión, 173
 - Hojas de comprobación, herramientas de gestión de la calidad total y, 257
 - Holgura libre, 90
 - Holgura total, 90
 - Hong Kong, SEATO y, 39-40
 - estrategia en Johnson Electric, 47
 - Horizonte temporal futuro, previsión y, 133
 - Hospital Arnold Palmer, 42, 77, 244, 442
 - Casos de estudio en vídeo:
 - Análisis de procesos, 358
 - Cultura de la calidad, 277
 - Dirección de proyectos, 126-127
 - Disposición, 477
 - Planificación de la capacidad, 389-390
 - Definición de la misión, 42
- I**
- IBM, 60, 282
 - Implicaciones globales, impacto de la cultura y las cuestiones éticas y, 41
 - calidad y, 247
 - Importancia estratégica
 - de la localización, 395-396
 - de la previsión, 135
 - de las decisiones sobre la disposición, 433
 - Incentivos,
 - diseño del puesto de trabajo y, 494-495
 - Industria de los dibujos animados en Manila, 39
 - Información de retroalimentación a los operarios, 496
 - Ingeniería concurrente, 210
 - Ingeniería del valor, desarrollo del producto y, 210
 - Inspección,
 - atributos frente a variables, 264
 - definición, 263
 - dónde y cuándo, 263
 - fuentes y, 264
 - gestión de la calidad y, 263-264
 - industria de los servicios y, 264, 265
 - variable, 264
 - Interacción con el consumidor, diseño del proceso y, 340-342
 - Inversiones, planificación de la capacidad y, 375-379
 - Inversiones impulsadas por la estrategia, 375-379
 - inversión, coste variable, y flujo de caja y, 375
 - valor actual neto, 375-379
 - Investigación, estrategia de operaciones y, 52-53
 - ISO 10303, 212n
 - ISO 14000, 214, 250
 - ISO 9000-2000, 249

J

 - Jackson Manufacturing Co., 539-540
 - Japón,
 - Kaizen, 251
 - SEATO y, 39-40
 - Takumi, 248
 - John Deere, 155
 - Johnson Electric Holdings, LTD., 47
 - Jornada laboral flexible, 487
 - Jurado de opinión ejecutiva, 137
 - Just-in-time*,
 - GCT y, 255

K

 - Kaizen, 251
 - Komatsu, 61
 - Krispy Kreme, 365

L

- L. L. Bean, 254-255
- Layout de comercios, 434, 437-439
- Layout orientado al proceso, 434, 441-446
 - celdas de trabajo y, 448-449
 - centro de trabajo centrado y fábrica centrada, 452
 - programas informáticos para la, 447
- Layout orientado al producto, 434, 453-458
 - equilibrio de la cadena de montaje y, 455-458
- La-Z-Boy, 516
- Lenzing AG, 68
- Liderazgo en costes reducidos, 46
- Limitaciones
 - de la diversificación del puesto de trabajo, 493-494
- Límites de los gráficos de medios, definición de, 286-289
 - utilización de, 288-290
- Límites de los intervalos, definición de los, 289
 - utilización de los, 289-290
- Línea del tiempo, 77
- Lista de materiales, 221
- Lotes de trabajos, 443
- Lugar de trabajo visual, diseño del puesto de trabajo y, 500-502

M

- Manila, industria de los dibujos animados, 39
- Mapa de actividades, 57
- Mapa del flujo de valor, 337
- Maquiladoras, 38, 399
- Maquinaria de control numérico, 343
- Marketing, dirección de operaciones y, 3
- McDonald's Corp., 60, 222, 432
- McWane, Inc., 506-507
- Medias móviles, previsión cuantitativa y, 138, 140-142
- Medición del error de previsión, 144
- Medida del trabajo, 515-541
 - estándares de trabajo y, 516
 - estudios de tiempos y, 517-522
 - experiencia histórica, 516
 - muestreo del trabajo y, 525-528
 - tiempos predeterminados, 522-524
- Mejora continua, calidad y, 251
- Mejora de los procesos de servicios, 342
- Mercados, visión global de las operaciones, 39-40
- MERCOSUR, 40
- Methods Time Measurement Association, 522-523
- Método de la calificación de factores, estrategias de localización y, 403-404
- Método de mínimos cuadrados, proyección de tendencias y, 151-154
- Método del camino crítico, 77
 - actividades ficticias, 78
 - cálculo del tiempo de holgura, 88-90
 - crítica del, 99
 - determinación del plazo del proyecto, 83-90
 - diagramas de red y enfoques, 78
 - ejemplo de actividad en flecha, 83
 - ejemplo de actividad en nodo, 80
 - identificación del camino crítico, 88
 - marco de, 77
 - variabilidad del tiempo de las actividades, 90-96
- Método Delphi, previsión y, 137
- Métodos de análisis, diseño del puesto de trabajo y, 497-500
- Métodos de medición del tiempo, 522-523
- Métodos de previsión causal, 160-166
 - análisis de regresión, 160-162
 - lineal, 160
 - múltiple, 165
 - coeficientes de correlación en las rectas de regresión, 163-165
 - error estándar de las estimaciones, 162-163
- Métodos de previsión cualitativa, 136-137
- método Delphi, 137
- Métodos de trabajo, diseño del puesto de trabajo y, 495
- México, ALCNA y, 39
 - Maquiladoras, 38
- Microsoft Project, dirección de proyectos y, 77, 101-107
- Misión, visión global de las operaciones y, 42
- Modelización de objetos en tres dimensiones, 212
- Modelo del centro de gravedad, estrategias de localización y, 406-408
- Modelos asociativos, 138
- Modelos de series temporales, 138
- Modelos de transporte
 - estrategias de localización, 408
- Módulos, atención repetitiva y, 325-327
- Momento de la verdad, diseño del servicio y, 227
- Motorola, 204, 252, 282
- MSProject, 77, 101-107
- Muestras, control estadístico de procesos y, 283-285
- Muestreo de aceptación, 282, 300-303
 - calidad de salida media y, 302

curvas de características operativas y, 300-301
riesgo del productor y del consumidor y, 300

N

National Air Express, 30
Negocios internacionales, 58
Nike, 200
Nivel de calidad aceptable, 301
Normas internacionales sobre la calidad, 249-250
Normas legales, diseño del producto y, 216
Notificación de cambio de ingeniería, 224
Nucor Steel, 323, 327-328
Nueva Guinea, SEATO y, 39-40
Nueva Zelanda, SEATO y, 39-40

O

Objetivo de la estrategia de procesos, 323
Operaciones y productividad, 1-24
Oportunidades de nuevos productos, 202
 importancia de, 204
Orden del trabajo, 224
Organización del proyecto, 72
Organización matricial, 72
Organización Mundial del Comercio (OMC), 39
Organización para producir bienes y servicios, 3

P

Paddy-Hopkirk Factory, 499
Pago por espacio en los estantes, 438
Paladin Software Corp., 77
Paraguay, MERCOSUR y, 40
Paso hacia atrás, 84, 87-88
Pasos de la previsión, 135
PDCA, 251
Perfiles de una empresa global,
 Bechtel Group, 70-71
 Boeing Aircraft, 36-37
 Dell Computer, 322-323
 Federal Express, 394-395
 Hard Rock Cafe, 2-3, 4
 hospital Arnold Palmer, 244-245
 McDonald's, 432
 Regal Marine, 198-199
 Southwest Airlines, 484-485

Tupperware Corp., 132-133
Personalización, disposición de los almacenes
 y, 440-441
Personalización en masa, dirección de operaciones
 y, 15
 estrategia de procesos y, 331-333
PERTmaster, 77
PIMS, 53
Pinturas Glidden, 162
planificación de la capacidad, 361-391
 análisis del umbral de rentabilidad, 369-373
 aplicación de los árboles de decisión a las
 decisiones sobre la capacidad, 373
 aplicación del análisis de inversiones a las
 inversiones impulsadas por la estrategia,
 375-379
 capacidad, 362-366
 definición, 362
 hospital Arnold Palmer, 389-390
 inversiones impulsadas por la estrategia y, 375
 planificación de la capacidad, 366-369
Planificación de la mano de obra, recursos humanos y,
 486-487
Planificación del proyecto, 72-75
Planificar – Hacer – Comprobar – Actuar, 251
Plano de ingeniería, 221
Plano de montaje, 223
Planteamiento algebraico, análisis del umbral de
 rentabilidad y, 369-371
Planteamiento gráfico, análisis del umbral de
 rentabilidad y, 369
Planteamiento sencillo, previsión cuantitativa y, 138,
 138-141
Plazo de finalización más tardío, 84, 87-88
Poka-yoke, 264-265
Políticas de estabilidad en el empleo, 486-487
Por qué estudiar dirección de operaciones, 5-6
Premio Deming, 247
Premios Malcolm Baldrige National Quality
 Awards, 247
Previsión a corto plazo, 133
Previsión a medio plazo, 133
Previsión con series temporales, 138-159
 alisado exponencial y, 142-144
 con ajuste de tendencia exponencial, 147-151
 constante de alisado, 143-144
 descomposición de las series temporales y, 138
 enfoque simple, 140
 estacionalidad, 139
 medias móviles, 138, 140-142

medición del error de previsión, 144-147
 proyecciones de tendencias y, 151-154
 tendencia y, 138
 variaciones aleatorias, 139
 variaciones cíclicas de los datos, 159
 variaciones estacionales de los datos, 154-159
 Previsión, 131-196. Véase también Previsión de series temporales; Métodos de previsión asociativos
 capacidad y, 135
 ciclo de vida del producto, 134
 definida, 133
 enfoques de la, 136-138
 importancia estratégica de la, 135
 resumen de fórmulas, 171
 sector servicios y, 169-172
 seguimiento y control de las previsiones, 166-169
 siete etapas de la, 135
 software en, 173-174
 tipos de, 134
 Previsión de la demanda, 134
 Previsión enfocada, 169
 Previsiones cuantitativas, 136-137
 Previsiones económicas, 134
 Previsiones tecnológicas, 134
 Primas, 494
 Primavera Systems, Inc., 77
 Problemas de medición, productividad y, 18-19
 Proceso dirección, dirección de operaciones y, 6-7
 Proceso repetitivo, 327
 Procesos centrados, 334-335
 Procesos continuos, 327
 Procesos ecológicos, 351
 Procesos intermitentes, 323
 Procesos que cambian, estrategia de procesos, 335
 Procter & Gamble, 213
 Producción, definición, 3
 Producción, desarrollo de productos y, 209
 Producción/operaciones, dirección de operaciones y, 3
 Producción integrada informáticamente, 347-348
 Producción por pedido, 330
 Producción respetuosa del medio ambiente, dirección de operaciones y, 15
 Productividad, definida, 16
 Productividad de múltiples factores, 18-19
 Productividad de un único factor, 18
 Productividad del trabajo, estrategias de localización y, 398-399
 como variable de productividad, 20-22
 Productividad total de los factores, 18

Programación agregada. Véase planificación agregada
 Programación del proyecto, 71, 75-76
 Programación hacia delante, 84-87
 Programación. Véase también Programación a corto plazo
 decisiones de dirección de operaciones y, 49, 52
 Proximidad a los competidores, estrategias de localización y, 402-403
 Proximidad a los mercados, estrategias de localización y, 401
 Proximidad a los proveedores, estrategias de localización y, 401-402
 Proyecciones de tendencias, previsiones y, 138, 151
 Proyecto Mac, 77
 Prueba de serie, diagramas y, 295

Q

Quality Coils, Inc., 398

R

Rápido desarrollo del producto, dirección de operaciones y, 15
 Recursos humanos, previsión y, 135
 Rediseño del proceso, 349-350
 Reducción de costes, visión global de las operaciones y, 38-39
 Reducción de los plazos de un proyecto, 96-99
 Reducción del tiempo de un proyecto, dirección de proyectos y, 96-99
 Regal Marine, 44, 198-199
 Reglas del trabajo, planificación de la mano de obra y, 488
 Regresión múltiple, 165
 Relaciones de asociación, estrategias de la cadena de suministros y, 14
 Relaciones de precedencia, dirección de proyectos y, 103
 Rendimiento just-in-time dirección de operaciones y, 14
 Reparto de ganancias, 494
 programación de proyectos y, 75-76
 Reputación de la empresa, calidad y, 247
 Responsabilidad por el producto, calidad y, 247
 Responsabilidad social, dirección de operaciones y, 23
 Respuesta, ventaja competitiva y, 47
 Restaurantes de comida rápida, previsión y, 170

Restricciones
 estrategia de recursos humanos y, 485-486

Reto de la productividad y dirección de operaciones,
 16-23
 definición, 16
 medición, 17-20
 sector servicios y, 22-23
 variables, 20

Reuters, 61

Riesgo del consumidor, T2-3 a T2-4, 300-301

Riesgo del productor, T2-3 a T2-4, 300-301

Riesgos cambiarios, estrategias de localización y, 399

Ritz-Carlton Hotels, 490

Robots, 345-346

ROI, 53

Rotación de puestos de trabajo, 489

Rowe Furniture Corp., 450

S

SEATO, 39

Sector servicios,
 definición, 10-14
 operaciones en el, 10-14
 previsiones y, 169
 productividad y el, 20-22

Seguimiento de las previsiones, 166-169

Selección de equipos y tecnologías, estrategia de
 procesos y, 342-343

Semana de trabajo flexible, 487-488

Servicio puro, 12

Servicios. Véase también Sector servicios
 crecimiento de los, 12
 definición, 10-11
 diferencias entre bienes y, 10
 diseño de los, bienes y, 226
 gestión de calidad total en los, 265
 mapas de los servicios, análisis, diseño y, 338-339
 sueldos en los, 14

Sesgo, 167

Sherwin Williams, 200

Siemens Corp., 22

Síndrome del túnel carpiano, diseño del puesto de
 trabajo y, 496, 496n

Sistema de producción flexible, 346-347

Sistema retributivo basado en las habilidades, 495

Sistema retributivo basado en los conocimientos, 495

Sistemas de almacenamiento y recuperación
 automatizados, 346

Sistemas de identificación automatizada, 343

Sistemas de información geográfica, estrategias de
 localización y
 Bechtel Group, 70-71
 Boeing Aircraft, 36-37
 estrategias y, 412-413
 hospital Arnold Palmer, 244-245

Sistemas de motivación, diseño del puesto de trabajo
 y, 494-495

Sistemas de visión, tecnología de producción y, 345

Smooth FM Radio, 330

Sociedad del conocimiento, 21

Solución factible básica, T3-3

Sueldos en los servicios, 14

Symantec Corp., 77

T

Taco Bell, 23

Takumi, 248

Talleres, 316-317

Tecnología de grupos, 222

Tecnología de producción, 343-348
 control de procesos, 344
 fabricación integrada por computadora, 347-348
 robots, 345-346
 sistema de producción flexible, 346-347
 sistemas de almacenes y almacenamiento
 automatizados, 346
 sistemas de identificación automática, 344
 sistemas de visión, 345
 tecnología de máquinas, 343
 vehículos guiados automáticamente, 346

Tecnología de realidad virtual, 213

Tecnología en los servicios, 348-349

Tendencias, series temporales y, 138

Teorema central del límite, gráficos de barras x y,
 285-286

The Gap, 440

Tiempo de finalización más temprano, 84-87

Tiempo de holgura, 88-90

Tiempo de inicio de actividad más tardío, 84, 87-88

Tiempo de inicio más temprano, 84-87

Tiempo de observación medio, 517

Tiempo del ciclo, equilibrio de la cadena de montaje
 y, 456

Tiempo más probable, PERT y, 90

Tiempo normal, medición del trabajo y, 517

Tiempo optimista en el PERT, 90

Tiempo parcial, 488
Tiempo tack, 449, 456n
Tiempos estándares de trabajo,
recursos humanos y, 503
Tipos de cambio, estrategias de localización, 399
Tolerancia de porcentaje de defectos por lote, 298-
299
Toma de referencias internas, 254
Tormenta de ideas, 202
Transformación, 323
Transición a la producción, 231-232
Tupperware, 132-133, 135-136

U

Unión Europea, 40
Unisys Corp., 294
UPS (United Parcel Service), 266, 523
Uruguay, MERCOSUR y, 40
Utilización, capacidad y, 363

V

Valor actual neto, inversiones impulsadas por la
estrategia y, 375-379
Variables, gráficos de control de las, 284, 295
Variables artificiales, T3-8
Variables asignables, control estadístico de los
procesos y, 282-283
Variables básicas, T3-3
Variables de la productividad, 20
Variaciones aleatorias, previsión de series temporales
y, 138
Variaciones cíclicas de los datos, previsiones y, 159
Variaciones estacionales de los datos, 154-159
Variaciones naturales, control estadístico de procesos
y, 282

Vehículos guiados automáticamente, 346
Ventaja competitiva, operaciones y, 44-48
Bechtel y, 70-71
Boeing y, 36-37
coste y, 45
definición, 44
Dell Computers y, 322-323
diferenciación y, 44
Federal Express y, 394-395
hospital Arnold Palmer y, 244-245
McDonalds y, 432
opciones de estrategias sobre el producto
y, 199-200
recursos humanos y, 485-486
Regal Marine y, 198-199
respuesta y, 47
Southwest Airlines y, 484-485
Tupperware, 132-133
Viseon, 200
Visión global de las operaciones, 38-42
VisiSchedule, 77

W

Westminster Software, Inc., 77
Wheeled Coach, 359, 479
Whirlpool, productividad en Whirlpool, 19

Y

Youdelman, Larry, 184

Z

Zykol Chemicals Corp., 31

