

# 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 utilizado<sup>1</sup>. 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.

<sup>1</sup> 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 . . . . .	(E) Condiciones atmosféricas (calor y humedad):	
(B) Suplemento básico por fatiga . . . . .	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) . . . . .	(G) Nivel de ruido:	
(ii) Muy incómoda (estar tumbado, estirado) . . . . .	(i) Intermitente-fuerte . . . . .	2
(C) Utilización de la fuerza o la energía muscular para	(ii) Intermitente-muy fuerte o de tono alto . . . . .	5
elevantar, tirar y empujar	(H) Esfuerzo mental:	
Peso levantado (libras):	(i) Complejo o que requiere una gran atención . . . . .	4
20 . . . . .	(ii) Muy complejo . . . . .	8
40 . . . . .	(I) Pesadez:	
60 . . . . .	(i) Aburrido . . . . .	2
(D) Mala iluminación:	(ii) Muy aburrido . . . . .	5
(i) Por debajo de la recomendada . . . . .		

**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.

Tiempo normal = (Tiempo observado medio) × (Factor de actividad)

$$= (4,0)(0,85)$$

$$= 3,4 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo estándar} = \frac{\text{Tiempo normal}}{1 - \text{factor de suplemento}} = \frac{3,4}{1 - 0,13} = \frac{3,4}{0,87}$$

$$= 3,9 \text{ min.}$$

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:

$$\text{Tamaño de la muestra requerido} = n = \left( \frac{zs}{hx} \right)^2 \quad (\text{S10.4})$$

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

$$h = 0,05 \quad \bar{x} = 3,00 \quad s = 1,0$$

$$z = 1,96 \text{ (de la Tabla S10.1 o del Apéndice I)}$$

$$n = \left( \frac{zs}{hx} \right)^2$$

$$n = \left( \frac{1,96 \times 1,0}{0,05 \times 3} \right)^2 = 170,74 \approx 171$$

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 Association<sup>2</sup>.

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.

<sup>2</sup> 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**

Una de las técnicas de Gilbreth era utilizar cámaras para grabar el movimiento, acoplando luces a los brazos y 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.

### 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.

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. Tippett 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 muestreo de trabajo se realiza para establecer suplementos por esperas, se suele denominar *estudio del índice de esperas*.

El procedimiento del muestreo 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

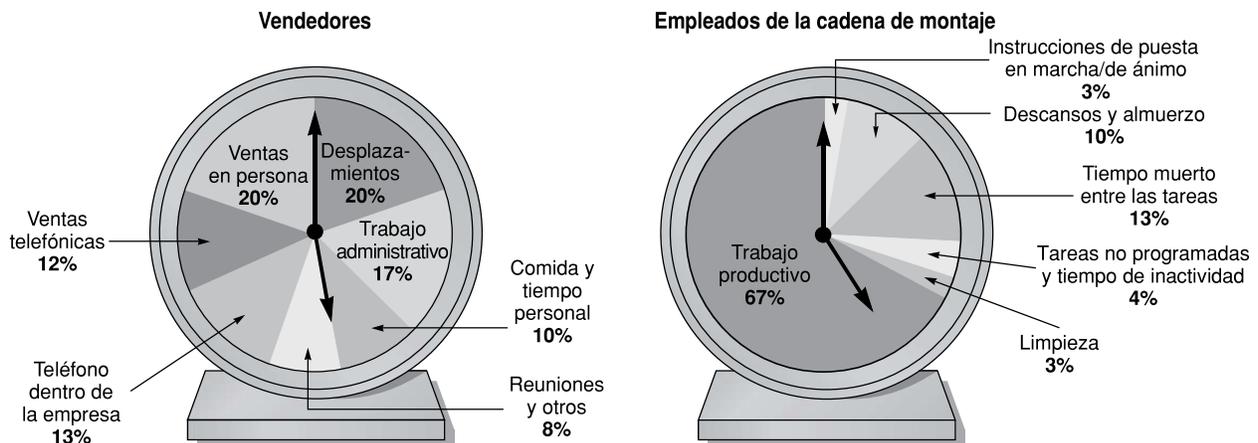
quinto lugar, las observaciones se realizan sin molestar, para no distorsionar los métodos de trabajo habituales. Transcurridas dos semanas, las 833 observaciones proporcionaron los siguientes resultados:

N.º de observaciones	Actividad
485	Atender al teléfono o reunido con un cliente
126	Inactividad
62	Tiempo personal
23	Reuniones con el supervisor
137	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 muestreo de trabajo**

Estos dos estudios de tiempo mediante el muestreo 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](http://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**

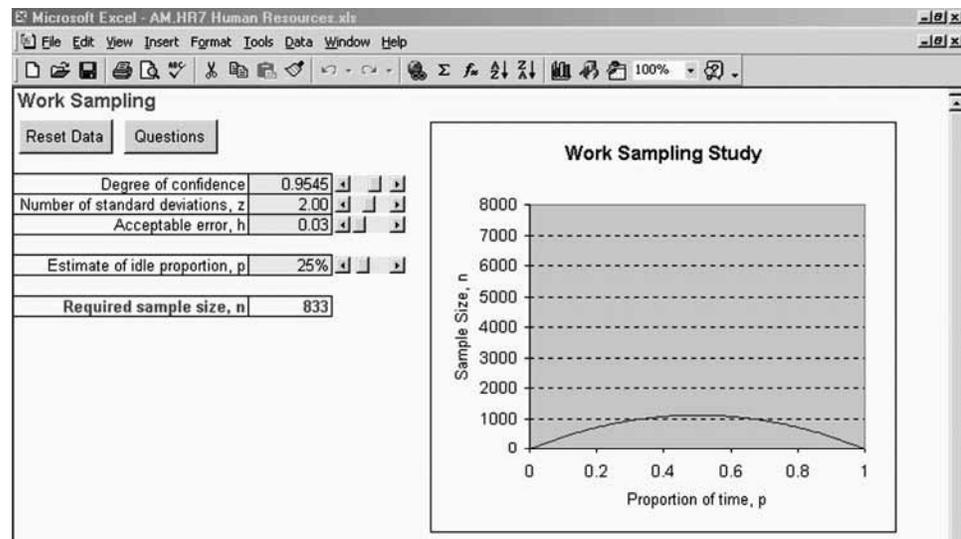
1. Identifique cuatro formas de fijar los tiempos estándar de trabajo.
2. Defina el tiempo normal.
3. ¿Cuáles son algunas de las aplicaciones de los estándares de trabajo?
4. Como nuevo ingeniero de estudio de tiempos de su empresa, tiene que estudiar a un empleado que trabaja con una taladradora. Para 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 fiamblera (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 **PW** 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 secretarías. 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 <sup>a</sup>	0,7	100
Meter la carta en el sobre	0,4	0,5	1,9 <sup>a</sup>	0,3	0,6	0,5	95
Pegar y clasificar	1,0	2,9 <sup>b</sup>	0,9	1,0	4,4 <sup>b</sup>	0,9	125

<sup>a</sup> Desestimar: la secretaria paró para responder el teléfono.  
<sup>b</sup> 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 <sup>a</sup>	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

<sup>a</sup> 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 <sup>a</sup>	15	13	110
Etiquetado y empaquetado de los informes	3	3	5	5	4	90
Distribución de los informes	15	18	21	17	45 <sup>b</sup>	85

<sup>a</sup> Fotocopiadora rota; incluido como espera en el factor de suplemento.  
<sup>b</sup> 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 <sup>a</sup>	85
Cerrar el saco	15	17	13	20	18	105
Colocar el saco en el transportador	8	6	9	30 <sup>b</sup>	35 <sup>b</sup>	90

<sup>a</sup> Saco roto y abierto; incluido como demora en el factor de suplementos.  
<sup>b</sup> 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 <sup>a</sup>	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 <sup>a</sup>	5	4	3	18 <sup>a</sup>	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 repetían. 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](http://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.

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:

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.

### 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](http://www.prenhall.com/heizer) para ver los siguientes casos prácticos de estudio:

- **Chicago Southern Hospital:** Analiza los requisitos para un plan de muestro 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](http://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/>**
- 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**

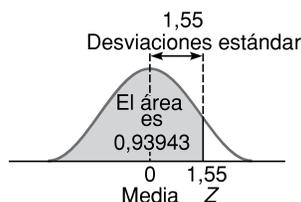
---

APÉNDICE V

**SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE NÚMERO PAR**

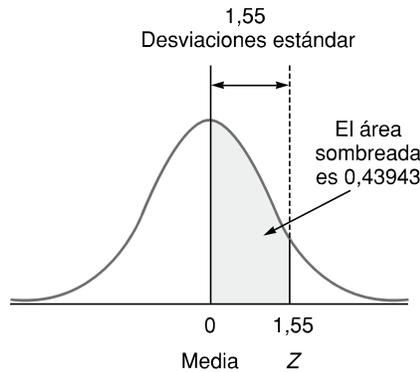
---

## 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	0,73566	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	0,99890	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	0,99995	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,  $\mu$ , 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	0,41174
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  $e^{-\lambda}$ 

$\lambda$	$e^{-\lambda}$	$\lambda$	$e^{-\lambda}$	$\lambda$	$e^{-\lambda}$	$\lambda$	$e^{-\lambda}$
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

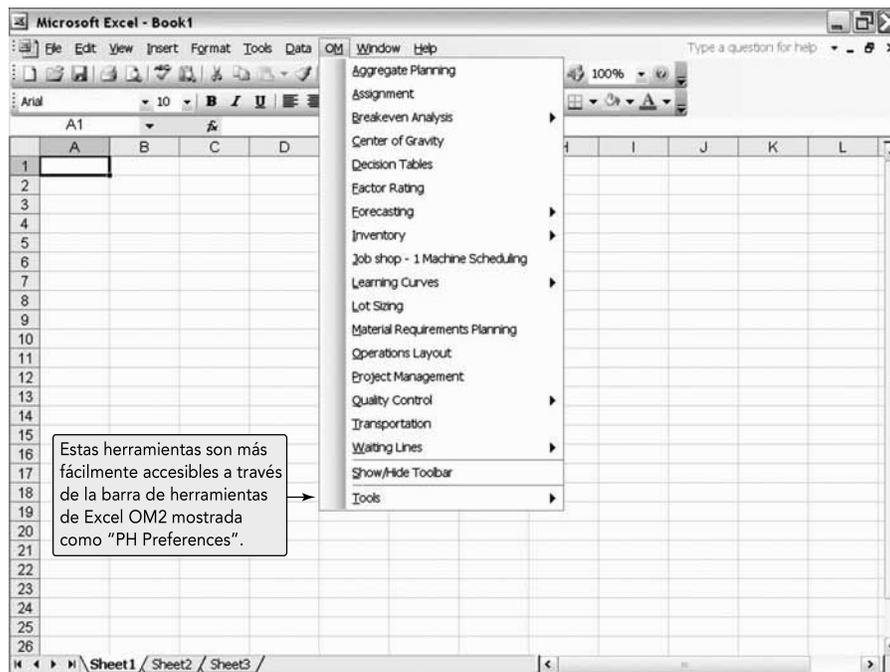
Con este texto están disponibles dos enfoques para la toma de decisiones ayudada por ordenador: **Excel OM** (*Operations Management*) y **POM** (*Production and Operations Management*) para Windows. Se trata de los dos paquetes de software existentes más fáciles de utilizar por los usuarios, para ayudarle 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.



PROGRAMA IV.1 ■ Módulos Excel OM

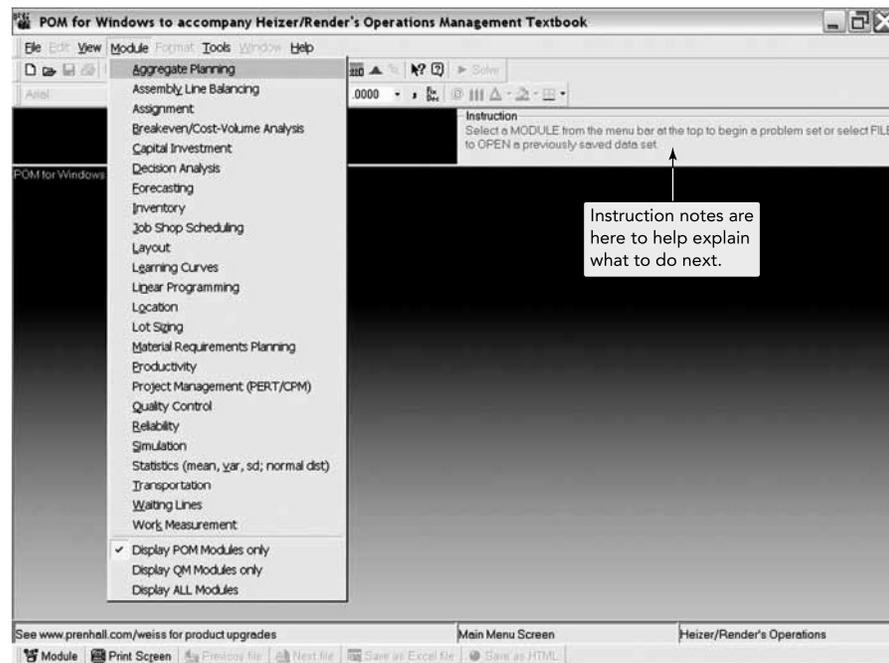
3. Abra la carpeta ExcelOM2.
4. Abra el programa ExcelOM2.Heizer.
5. Siga las instrucciones de instalación que aparecen en la pantalla.

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 <sup>2</sup>	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	.0569
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 Method dropdown), "Introduzca sólo el (los) predecesores inmediato(s)." (points to Predecessor 2 cell).

**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	28	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 NUMERO 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%

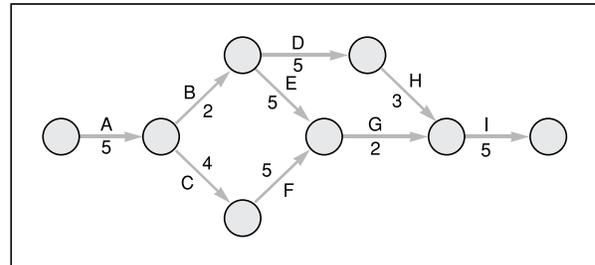
## Capítulo 2

- 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](http://www.weforum.org/pfd/gcr).

## Capítulo 3

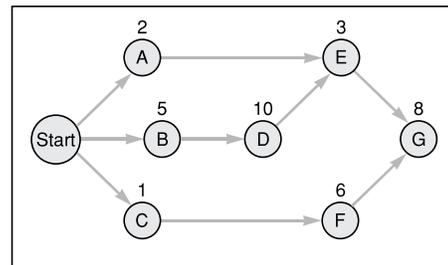
- 3.2 He aquí algunas actividades detalladas de las dos primeras actividades de la estructura desagregada de trabajo de Jacob:
  - 1.11 Defina los objetivos iniciales de recaudación de fondos.
  - 1.12 Defina la estrategia, incluyendo la identificación de fuentes y el lugar de solicitud.
  - 1.13 Recauda 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.

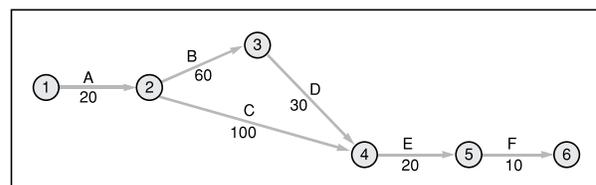
3.6 a)



- b) B-D-E-G
- c) 26 días
- d)

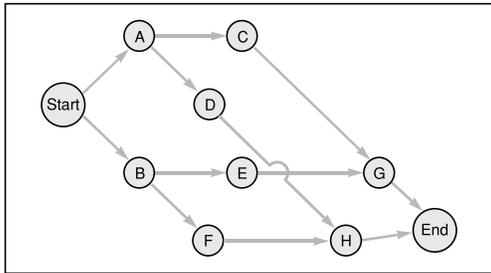
Actividad	Holgura
A	13
B	0
C	11
D	0
E	0
F	11
G	0

3.8 a)

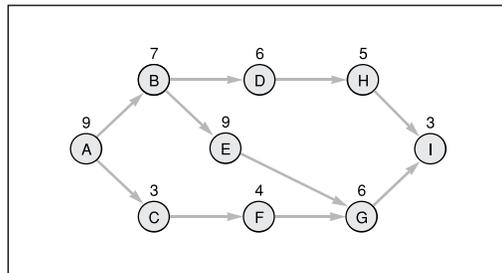


b) Tiempo de realización del proyecto = 150 horas.

3.10



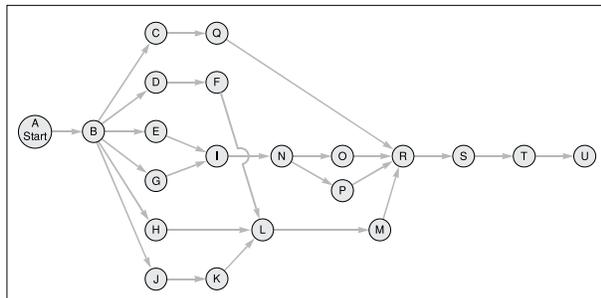
3.12 a)



- 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.

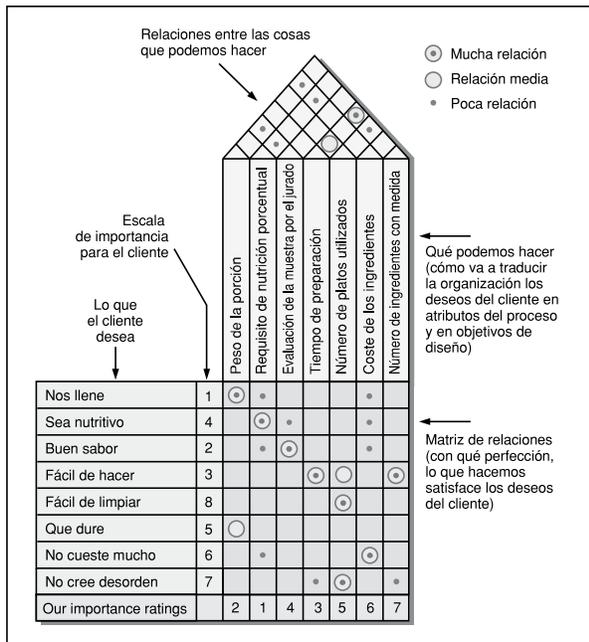
### Capítulo 4

- 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)  $Ventas_{(x)} = -9,349 + 0,1121$  (contratos)  
b)  $r = 0,8963$ ;  $S_{xy} = 1,3408$

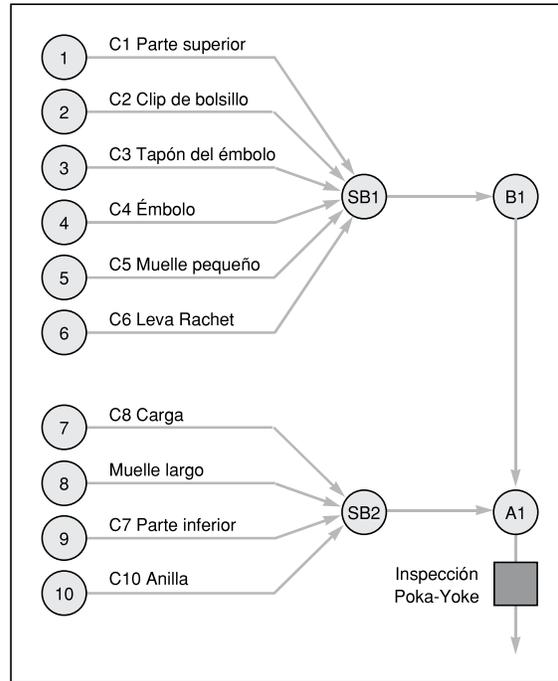
## Capítulo 5

### 5.2 Casa de la calidad para una comida

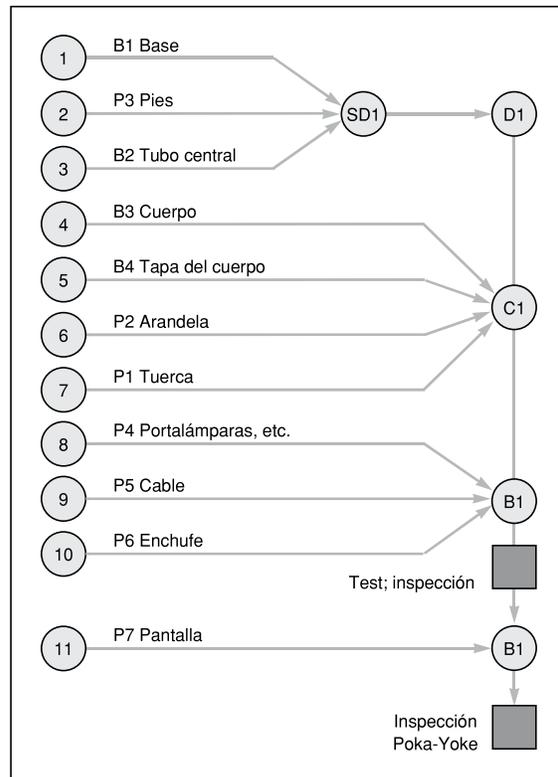


5.4 Respuesta personal. Construya una casa de la calidad similar a la que se muestra en el Problema 5.2, poniendo los *deseos* a la izquierda y los *cómo* arriba.

### 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):

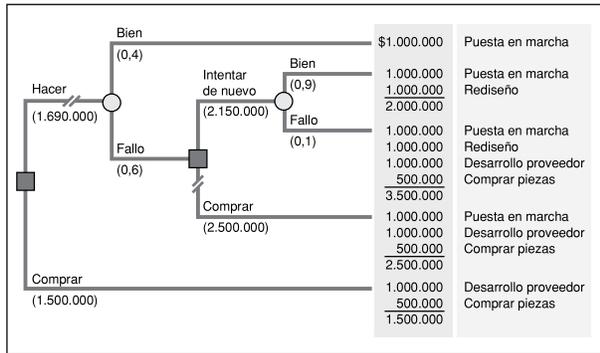
Centrarse en la reducción del coste de producción y de distribución.

**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\$

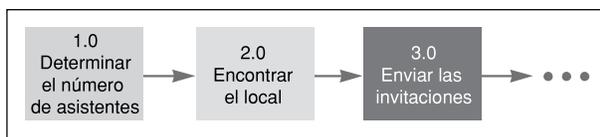
VME (Diseño B) = 700.000\$

**Capítulo 6**

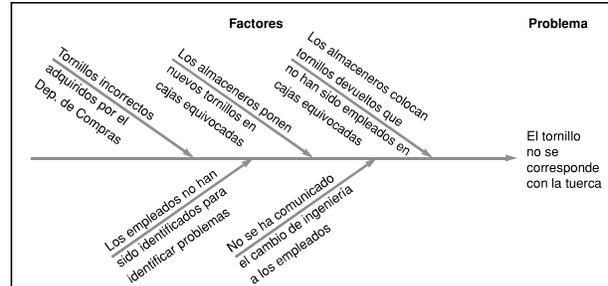
**6.2** Respuesta personal, al estilo de la Figura 6.5(b).

**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  $\sigma_{\bar{x}}$ ,  $UCL_{\bar{x}} = 11,83$  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**  $UCL_{\bar{x}} = 47,308$ ;  $LCL_{\bar{x}} = 46,692$ .

$UCL_R = 1,777$ ;  $LCL_R = 0,223$ .

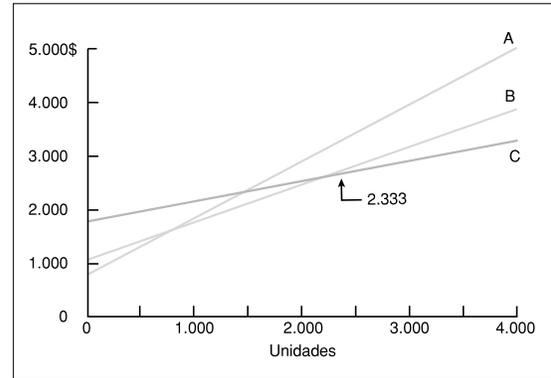
Las medias están aumentando.

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)



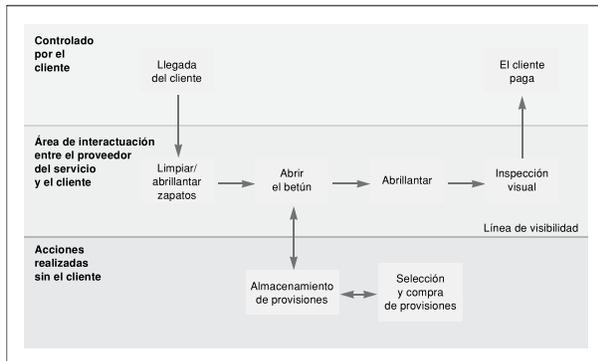
- b) Plan c  
 c) Plan b  
 7.12 Alquilar el software de HP puesto que el volumen esperado de 80 está por encima del punto de equilibrio de 75.

## Capítulo 7

7.2

Método actual <input checked="" type="checkbox"/> DIAGRAMA DE PROCESO Método propuesto <input type="checkbox"/>		TEMA DIAGRAMADO Limpieza de zapatos FECHA 1/15/05	
DEPARTAMENTO		DIAGRAMA Nº J.C.	
HOJA Nº 1 DE 1			
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  $W_7$  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 minuto/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
2	Cargar el torno	2		2
3	Inactividad	3	Proceso del torno (cortando material)	3
4		4		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		SÍMBOLO		ACTUAL				DIF.
		MI	MD	MI	MD	MI	MD	
ANALISTA:		○ OPERACIONES	1	8				
FECHA:		⇒ TRANSPORTES	3	8				
HOJA:	1 de 2	□ INSPECCIONES	1					
METODO:	PRESENTE/PROPUESTO	⊠ DEMORAS	15	4				
OBSERVACIONES:		▽ ALMACENAJES						
			TOTALES		20	20		
MANO IZQUIERDA	DIST.	SÍMBOLO	SÍMBOLO	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	84	
INACTIVO	2,25	16	2,25	16	

OPERACIONES: Lavar y enjuagar platos  
 EQUIPO: Lavadero, secador, toallas, jabón  
 OPERARIO: \_\_\_\_\_  
 ESTUDIO N°: 1 ANALISTA: HSM

ASUNTO		LIMPIEZA		FECHA	
ACTUAL	PROPUESTO	DEP.		HOJA DE	REALIZADO POR
				1	HSM

	Operario #1	Operario #2
TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO
	Llenar el fregadero con platos	Inactivo
	Llenar el fregadero jabón y agua	Inactivo
	Lavar platos (2 min.)	Inactivo
	Llenar el fregadero con platos (1 min.)	Enjuagar (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 N° <u>1</u>
DEPARTAMENTO	<u>Administrativo</u>		HOJA N° <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, provisiones 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 provisiones, 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  $\bar{x}$ , 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  
 $\bar{x}$ -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  
   fuente 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
- MSPProject, 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

