

Capítulo 15

ADMINISTRACIÓN Y PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

483	Almacén de datos de Walmart	<i>Definición de pronósticos estratégicos</i> <i>Definición de pronósticos tácticos</i>
485	Administración de la demanda	<i>Definición de demanda dependiente</i> <i>Definición de demanda independiente</i>
486	Tipos de pronósticos	<i>Definición de análisis de series de tiempo</i>
486	Componentes de la demanda	
488	Análisis de series de tiempo	<i>Definición de pronóstico de regresión lineal</i> <i>Definición de suavización exponencial</i> <i>Definición de constante de suavización alfa (α)</i> <i>Definición de constante de suavización delta (δ)</i> <i>Definición de desviación absoluta media (DAM)</i> <i>Definición de error porcentual absoluto medio (EPAM)</i> <i>Definición de señal de seguimiento</i>
	Análisis de regresión lineal	
	Descomposición de una serie de tiempo	
	Promedio móvil simple	
	Promedio móvil ponderado	
	Suavización exponencial	
	Errores de pronóstico	
	Fuentes de error	
	Medición de error	
506	Pronóstico de relaciones causales	<i>Definición de relación causal</i>
	Análisis de regresión múltiple	
508	Técnicas cualitativas de pronóstico	
	Investigación de mercado	
	Grupo de consenso	
	Analogía histórica	
	Método Delphi	
509	Pronóstico en la red: planificación, pronóstico y resurtido en colaboración (CPFR)	<i>Definición de planificación, pronóstico y resurtido en colaboración (CPFR)</i>
511	Resumen	
525	Caso: Altavox Electronics	

Almacén de datos de Walmart

El tamaño y poder de Walmart en la industria al menudeo ejercen una gran influencia en la industria de las bases de datos. Walmart maneja uno de los almacenes de datos más grandes del mundo, con más de 35 terabytes de información. Un terabyte es igual a 1024 gigabytes o un billón de bytes. Es muy probable que usted use una computadora con 500 a 750 gigabytes. La fórmula de Walmart para lograr el éxito: tener el producto apropiado en el anaquel correcto al precio más bajo, se debe en gran parte a su inversión multimillonaria en almacenamiento de datos. Walmart ofrece más detalles que sus competidores en cuanto a lo que sucede con cada producto, en cada tienda y todos los días.

Después de leer este capítulo, usted:

1. Entenderá la función de un pronóstico como base para planificar una cadena de suministro.
2. Comparará las diferencias entre demanda independiente y dependiente.
3. Identificará los componentes básicos de demanda independiente: variación promedio, de tendencia, temporal y aleatoria.
4. Describirá las técnicas comunes de pronóstico cualitativo, como el método Delphi y el pronóstico en colaboración.
5. Demostrará cómo hacer un pronóstico de serie de tiempo con regresión, promedios móviles y suavización exponencial.
6. Usará la descomposición para pronosticar cuándo hay tendencia y estacionalidad.



Los sistemas registran datos de los puntos de venta en cada tienda, niveles de inventario por tienda, productos en tránsito, estadísticas de mercado, características demográficas de los clientes, finanzas, devoluciones de productos y desempeño de los proveedores. La información se utiliza para tres extensas áreas de apoyo para tomar decisiones: analizar tendencias, manejar inventarios y entender a los clientes. Lo que surgen son los “rasgos de la personalidad” de cada una de las aproximadamente 3 000 tiendas de Walmart, con los cuales los gerentes de la compañía determinan la mezcla de productos y la presentación de cada almacén.

Lo que sigue es “minería” de datos. Walmart creó una aplicación de pronóstico de demanda que toma en cuenta los artículos de cada tienda con el fin de decidir su perfil de ventas por temporada. El sistema conserva la información correspondiente a un año sobre las ventas de 100 000 productos y proyecta qué artículos se van a necesitar en cada tienda.

Ahora Walmart realiza un análisis de la canasta básica. Recopila información sobre los artículos que constituyen la compra total de un cliente de modo que pueda analizar las relaciones y patrones en las compras de sus clientes. El almacén de datos está disponible en internet para los gerentes de tienda y proveedores.

Los pronósticos son vitales para toda organización de negocios, así como para cualquier decisión importante de la gerencia. El pronóstico es la base de la planificación corporativa de largo plazo. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, los pronósticos representan el fundamento para realizar presupuestos y controlar costos. El marketing depende del pronóstico de ventas para planificar productos nuevos, compensar al personal de ventas y tomar otras decisiones clave. Con los pronósticos, el personal de producción y operaciones toma decisiones periódicas que comprenden la selección de procesos, planificación de capacidades y distribución de instalaciones, además de decisiones continuas acerca de la planificación de la producción, programación e inventario.

Pronósticos estratégicos

Al elegir el método de pronóstico es importante considerar su propósito. Algunos pronósticos son para análisis de demanda de alto nivel. ¿Qué demanda se espera de un grupo de productos el año próximo, por ejemplo? Algunos pronósticos contribuyen a establecer la estrategia para satisfacer la demanda, en un sentido agregado. Los llamaremos **pronósticos estratégicos**. Respecto del material de este libro, los pronósticos estratégicos son más apropiados al decidir cuestiones relacionadas con la estrategia general (capítulo 2), capacidad (capítulo 4), diseño de procesos de producción (capítulo 6), diseño de procesos de servicio (capítulo 7), adquisiciones (capítulo 11), diseño de ubicación y distribución (capítulo 12), y con planificación de ventas y operaciones (capítulo 16). Todo esto comprende la toma de decisiones para un plazo relativamente largo que tiene que ver con la forma de satisfacer estratégicamente la demanda.

Pronósticos tácticos

Los pronósticos también son necesarios para ver cómo se operan los procesos cotidianos. Por ejemplo, ¿cuándo se repondrá el inventario de un artículo, o cuánta producción de un artículo debemos programar la semana próxima? Se trata de **pronósticos tácticos**, donde el objetivo es estimar la demanda en un término relativamente corto, de unas cuantas semanas o meses. Estos pronósticos son importantes para garantizar que en el corto plazo se satisfagan las expectativas de tiempo de espera de clientes, así como otros criterios relacionados con la disponibilidad de productos y servicios.



Cadena de suministro



En el capítulo 6 examinamos el concepto de puntos de desacoplamiento: puntos de la cadena de suministro en donde se cuenta con inventario para permitir que los procesos o eslabones de la cadena de suministro operen de manera independiente. Por ejemplo, si se surte un producto al minorista, el cliente lo toma del estante y el fabricante nunca ve el pedido de ningún cliente. El inventario actúa como intermedio para separar al cliente del proceso de manufactura. La selección de puntos de desacoplamiento es una decisión estratégica que determina los tiempos de espera del cliente, y ejerce una gran influencia en la inversión de inventarios. Cuanto más cerca se encuentre este punto al cliente, con más rapidez se le atiende. Por lo general hay un punto medio donde la respuesta más rápida a la demanda del cliente llega a expensas de mayor inversión en inventario, porque el inventario de artículos terminados es más costoso que el de materias primas.

Hacer pronósticos es necesario en estos puntos de desacoplamiento para establecer niveles apropiados de inventario para estos espacios de amortiguamiento. La fijación real de estos niveles es tema del capítulo 17, Control de inventarios, pero un elemento esencial en estas decisiones es un pronóstico de demanda esperada y el error esperado que se asocia a esa demanda. Si, por ejemplo, se puede pronosticar demanda con muy buena precisión, los niveles de inventario se establecen de manera precisa según la demanda esperada del cliente. Por otra parte, si es muy difícil pronosticar la demanda de corto plazo, será necesario contar con inventario adicional para cubrir esta incertidumbre.



Servicio

Lo mismo sucede para determinar servicios en donde no hay inventario para amortiguar la demanda. Aquí el problema es la disponibilidad de capacidad respecto de la demanda esperada. Si se predice con muy buena precisión la fijación de un servicio, entonces tácticamente todo lo que se necesita es garantizar la capacidad apropiada en el corto plazo. Cuando la demanda no es predecible, quizá sea necesario un exceso de capacidad si es importante atender rápidamente a los clientes.

Tenga presente que, por lo regular, un pronóstico perfecto es imposible. En un ambiente de negocios hay demasiados factores que no se pueden prever con certeza. Por tanto, en lugar de buscar el pronóstico perfecto es mucho más importante establecer la práctica de una revisión continua de los pronósticos y aprender a vivir con pronósticos imprecisos. Esto no quiere decir que no se trate de mejorar el modelo o la metodología de pronosticar, o se abandone el propósito de tratar de influir en la demanda de modo que se reduzca su incertidumbre. Al hacer pronósticos, una buena estrategia es usar dos o tres métodos y considerarlos con sentido común. ¿Los cambios esperados en la economía general van a afectar el pronóstico? ¿Los cambios del comportamiento de los clientes tendrán efecto en la demanda no captada por los métodos actuales? En este capítulo veremos técnicas tanto *cualitativas*, que apelan al juicio gerencial, como *cuantitativas*, que recurren a modelos matemáticos. Desde nuestro punto de vista, combinar estas técnicas es esencial para un buen proceso de pronóstico apropiado para tomar decisiones.

Administración de la demanda

El propósito del manejo de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda, con el fin de usar con eficiencia el sistema productivo y entregar el producto a tiempo.

¿De dónde proviene la demanda del producto o servicio de una empresa, y qué puede hacer para administrarla? Existen dos fuentes básicas de la demanda: dependiente e independiente. La **demanda dependiente** es la demanda de un producto o servicio provocada por la demanda de otros productos o servicios. Por ejemplo, si una empresa vende 1 000 triciclos, entonces se van a necesitar 1 000 ruedas delanteras y 2 000 traseras. Este tipo de demanda interna no necesita un pronóstico, sino solo una tabulación. La cantidad de triciclos que la empresa puede vender es la **demanda independiente** porque no se deriva directamente de la demanda de otros productos.¹ En los capítulos 17 y 18 se analizan más a fondo la dependencia e independencia de la demanda.

Una empresa no puede hacer mucho respecto de la demanda dependiente. Es preciso cubrirla (aunque el producto o servicio se pueda comprar en lugar de producirlo en forma interna). Pero una empresa sí puede hacer mucho en cuanto a la demanda independiente, si así lo desea. La compañía puede:

- 1. Adoptar un papel activo para influir en la demanda.** La empresa puede presionar a su fuerza de ventas, ofrecer incentivos tanto a los clientes como a su personal, crear campañas para vender sus productos y bajar precios. Estas acciones incrementan la demanda. Por el contrario, la demanda disminuye mediante aumentos de precios o la reducción de los esfuerzos de ventas.
- 2. Adoptar un papel pasivo y tan solo responder a la demanda.** Existen varias razones por las que una empresa no trata de cambiar la demanda sino que la acepta tal como llega. Si una compañía funciona a toda su capacidad, tal vez no quiera hacer nada en cuanto a la demanda. Otras razones pueden ser que la compañía no tenga el poder de cambiar la demanda debido al gasto en publicidad; es probable que el mercado sea fijo y estático; o que la demanda esté fuera de su control (como en el caso de un proveedor único). Existen otras razones competitivas, legales, ambientales, éticas y morales para aceptar de manera pasiva la demanda del mercado.

Es necesaria mucha coordinación para manejar estas demandas dependientes, independientes, activas y pasivas. Las demandas se originan tanto interna como externamente en forma de ventas de productos nuevos por parte de marketing, piezas de reparación para productos vendidos con anterioridad, reabastecimiento de los almacenes de la fábrica y suministro de artículos para manufactura. En este capítulo, el interés se centra en el pronóstico relacionado con los productos independientes.

¹ Además de la demanda dependiente e independiente, otras relaciones son las de productos complementarios y relaciones causales, en las que la demanda de una causa la demanda de otra.

Demanda dependiente

Demanda independiente

Tipos de pronósticos

Análisis de series de tiempo

Los pronósticos se clasifican en cuatro tipos básicos: *cualitativo*, *análisis de series de tiempo*, *relaciones causales* y *simulación*.

Las técnicas cualitativas son subjetivas y se basan en estimados y opiniones. El **análisis de series de tiempo**, enfoque primario de este capítulo, se basa en la idea de que es posible utilizar información relacionada con la demanda pasada para predecir la demanda futura. La información anterior puede incluir varios componentes, como influencias de tendencias, estacionales o cíclicas, y se describe en la sección siguiente. El pronóstico causal, que se analiza mediante la técnica de la regresión lineal, supone que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en el ambiente. Los modelos de simulación permiten al encargado del pronóstico manejar varias suposiciones acerca de la condición del pronóstico. En este capítulo se estudian técnicas cualitativas y de series de tiempo, pues son las más comunes en la planificación y control de la cadena de suministro.

Componentes de la demanda

En la mayor parte de los casos, la demanda de productos o servicios se divide en seis componentes: demanda promedio para el periodo, una tendencia, elementos estacionales, elementos cíclicos, variación aleatoria y autocorrelación. La ilustración 15.1 muestra una demanda durante un periodo de cuatro años, así como el promedio, la tendencia y los componentes estacionales o la aleatoriedad alrededor de la curva de la demanda suavizada.

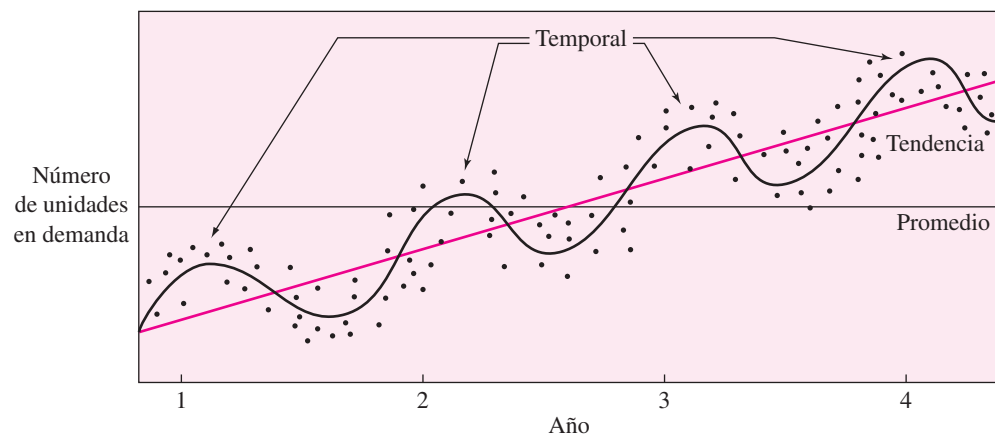
Es más difícil determinar los factores cíclicos porque quizá se desconoce el tiempo o no se toma en cuenta la causa del ciclo. La influencia cíclica sobre la demanda puede provenir de sucesos como elecciones políticas, guerras, condiciones económicas o presiones sociológicas.

Las variaciones aleatorias son provocadas por acontecimientos fortuitos. Estadísticamente, al restar todas las causas conocidas de la demanda (promedio, tendencias, estacionales, cíclicas y de autocorrelación) de la demanda total, lo que queda es la parte inexplicable de la demanda. Si no se puede identificar la causa de este remanente, se supone que es aleatoria.

La autocorrelación indica la persistencia del hecho. De manera más específica, el valor esperado en un momento dado tiene una correlación muy alta con sus propios valores anteriores. En la teoría de la línea de espera, la longitud de una línea de espera tiene una autocorrelación muy elevada. Es decir, si una línea es relativamente larga en un momento determinado, poco después de ese tiempo sería de esperar que la línea siguiera siendo larga.

ILUSTRACIÓN 15.1 Demanda histórica de productos que consiste en una tendencia al crecimiento y una demanda temporal.


Excel:
Componentes
de la
demanda



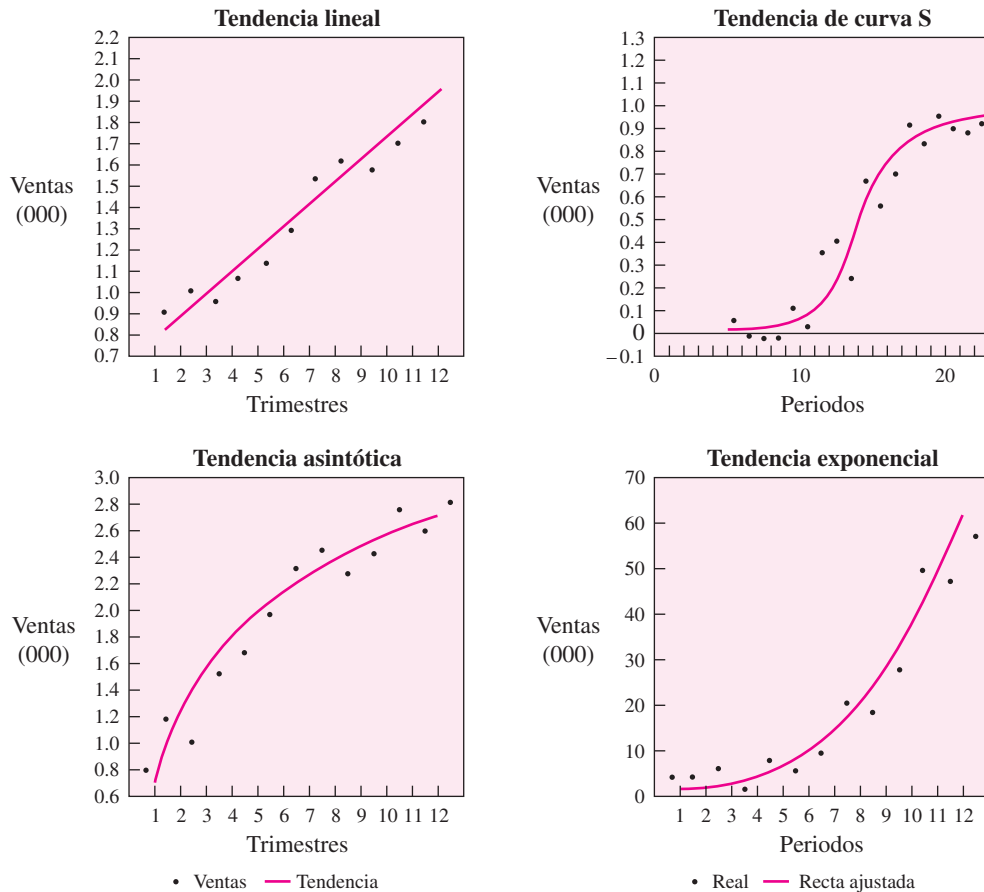
Cuando la demanda es aleatoria, es probable que varíe en gran medida de una semana a otra. Donde existe una correlación alta, no se espera que la demanda cambie mucho de una semana a la siguiente.

Las líneas de tendencia casi siempre son el punto de inicio al desarrollar un pronóstico. Después, estas líneas de tendencia se ajustan de acuerdo con los efectos estacionales, los elementos cíclicos y cualquier otro suceso esperado que pueda influir en el pronóstico final. La ilustración 15.2 muestra cuatro de los tipos de tendencias más comunes. Como es obvio, una tendencia lineal es una relación continua directa. Una curva S es característica del crecimiento y el ciclo de madurez de un producto. El punto más importante en la curva S es donde la tendencia cambia de crecimiento lento a rápido, o de rápido a lento. Una tendencia asintótica empieza con el crecimiento más alto de la demanda en un principio pero después se reduce. Una curva como esta se presenta cuando una empresa entra en un mercado existente con el objetivo de saturarlo y captar una mayor participación en él. Una curva exponencial es común en productos con un crecimiento explosivo. La tendencia exponencial sugiere que las ventas seguirán en aumento, suposición que quizá no sea seguro realizar.

Un método de pronóstico de uso muy común grafica los datos y luego busca la distribución estándar (como lineal, curva S, asintótica o exponencial) que se adapte mejor a estos. El atractivo de este método radica en que, como las matemáticas de la curva son conocidas, resulta fácil despejar los valores de los periodos futuros.

En ocasiones, la información no parece adaptarse a ninguna curva estándar. Esto quizá se deba a varias causas que, en esencia, envían los datos desde varias direcciones al mismo tiempo. Para estos casos es posible obtener un pronóstico sencillo pero eficaz con solo graficar la información.

ILUSTRACIÓN 15.2 Tipos comunes de tendencias.



Análisis de series de tiempo

Los modelos de pronósticos de series de tiempo tratan de predecir el futuro con base en información anterior. Por ejemplo, con las cifras de ventas recopiladas durante las seis semanas anteriores se pronostican las ventas durante la séptima semana. Se parte de las cifras de ventas trimestrales recopiladas durante los últimos años para pronosticar los trimestres futuros. Aunque ambos ejemplos contienen ventas es probable que se utilicen distintos modelos de series de tiempo para elaborar los pronósticos.

La ilustración 15.3 muestra los modelos de series de tiempo que se estudian en el capítulo y algunas de sus características. Los términos como *corto*, *mediano* y *largo* son relativos al contexto en que se emplean. Sin embargo, en el pronóstico de negocios, *corto plazo* casi siempre se refiere a menos de tres meses; *mediano plazo*, a un periodo de tres meses a dos años, y *largo plazo*, a un término mayor de dos años. Generalmente se usarían pronósticos de corto plazo para decisiones tácticas, como reponer inventario o programar empleados en fechas cercanas, y pronósticos de mediano plazo para planificar una estrategia con la cual satisfacer la demanda de los siguientes seis meses a un año y medio. En general, los modelos de corto plazo compensan la variación aleatoria y se ajustan a los cambios de corto plazo (como las respuestas del consumidor a un producto nuevo). Son especialmente buenos para medir la actual variabilidad en demanda, lo cual es útil para establecer niveles de seguridad de existencia o estimar cargas pico en una situación de servicio. Los pronósticos de mediano plazo son útiles para efectos estacionales, y los modelos de largo plazo detectan las tendencias generales y son muy útiles para identificar los cambios más importantes.

El modelo de pronóstico que una empresa debe elegir depende de:

1. El horizonte de tiempo que se va a pronosticar.
2. La disponibilidad de los datos.
3. La precisión requerida.
4. El tamaño del presupuesto para el pronóstico.
5. La disponibilidad de personal calificado.

Al seleccionar un modelo de pronóstico existen otros aspectos, como el grado de flexibilidad de la empresa (mientras mayor sea su habilidad para reaccionar con rapidez a los cambios, menos preciso necesita ser el pronóstico). Otro aspecto es la consecuencia de un mal pronóstico. Si una decisión importante sobre la inversión de capital se basa en un pronóstico, este debe ser bueno.

ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL

La *regresión* se define como una relación funcional entre dos o más variables correlacionadas. Con ella se pronostica una variable con base en otra. Por lo general, la relación se establece a partir de datos observados. Primero es necesario graficar los datos para ver si aparecen lineales o

ILUSTRACIÓN 15.3 Guía para seleccionar un método de pronóstico apropiado.

Método de pronóstico	Cantidad de datos históricos	Patrón de los datos	Horizonte de pronóstico
Regresión lineal	De 10 a 20 observaciones para la temporalidad, al menos cinco observaciones por temporada	Estacionarios, tendencias y temporalidad	Corto a mediano
Promedio móvil simple	6 a 12 meses; a menudo se utilizan datos semanales	Los datos deben ser estacionarios (es decir, sin tendencia ni temporalidad)	Corto
Promedio móvil ponderado y suavización exponencial simple	Para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones	Los datos deben ser estacionarios	Corto
Suavización exponencial con tendencia	Para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones	Estacionarios y tendencias	Corto

si al menos partes de los datos son lineales. La *regresión lineal* se refiere a la clase de regresión especial en la que la relación entre las variables forma una recta.

La recta de la regresión lineal tiene la forma $Y = a + bX$, donde Y es el valor de la variable dependiente que se despeja, a es la secante en Y , b es la pendiente y X es la variable independiente (en el análisis de serie de tiempo, las X son unidades de tiempo).

La regresión lineal es útil para el pronóstico de largo plazo de sucesos importantes, así como la planificación agregada. Por ejemplo, la regresión lineal sería muy útil para pronosticar las demandas de familias de productos. Si bien la demanda de productos individuales dentro de una familia puede variar en gran medida durante un periodo, la demanda de toda la familia de productos es sorprendentemente suavizada.

La principal restricción al utilizar el **pronóstico de regresión lineal** es, como su nombre lo implica, que se supone que los datos pasados y las proyecciones a futuro caen sobre una recta. Aunque esto no limita su aplicación, en ocasiones, si se utiliza un periodo más corto, aún es posible usar el análisis de regresión lineal. Por ejemplo, puede haber segmentos más cortos del periodo más largo que sean más o menos lineales.

La regresión lineal se utiliza para pronósticos tanto de series de tiempo como de relaciones causales. Cuando la variable dependiente (que casi siempre es el eje vertical en una gráfica) cambia como resultado del tiempo (trazado como el eje horizontal), se trata de un análisis de serie temporal. Si una variable cambia debido al cambio en otra, se trata de una relación causal (como el número de muertes debidas al aumento de cáncer pulmonar entre la gente que fuma).

Con el siguiente ejemplo se demuestra el análisis de regresión lineal con mínimos cuadrados.

Pronóstico de regresión lineal

EJEMPLO 15.1: Método de mínimos cuadrados

Las ventas de una línea de productos de una empresa durante los 12 trimestres de los últimos tres años son las siguientes:

Trimestre	Ventas	Trimestre	Ventas
1	600	7	2 600
2	1 550	8	2 900
3	1 500	9	3 800
4	1 500	10	4 500
5	2 400	11	4 000
6	3 100	12	4 900



Paso por paso

La compañía quiere pronosticar cada trimestre del cuarto año; es decir, los trimestres 13, 14, 15 y 16.

Solución

La ecuación de los mínimos cuadrados para la regresión lineal es

$$Y = a + bx \quad (15.1)$$

donde

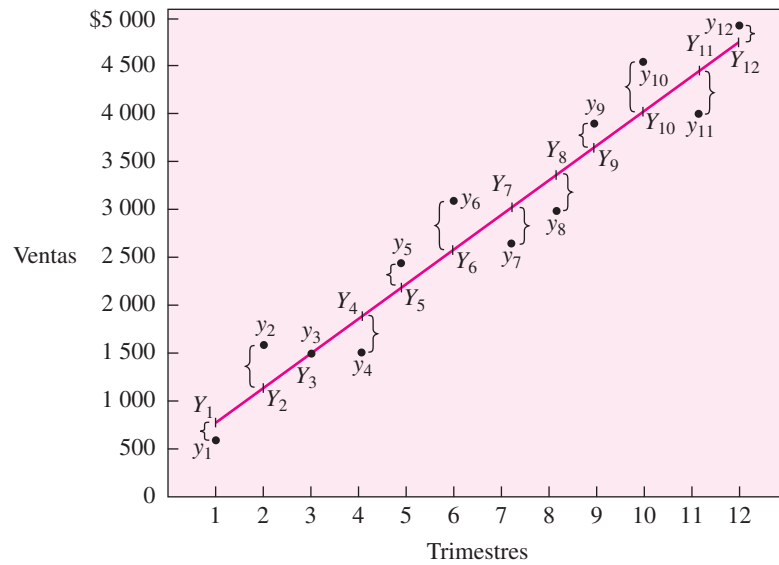
- Y = Variable dependiente calculada mediante la ecuación
- y = El punto de datos de la variable dependiente real (utilizado abajo)
- a = Secante Y
- b = Pendiente de la recta
- x = Periodo

El método de mínimos cuadrados trata de ajustar la recta a los datos *que reducen al mínimo la suma de los cuadrados de la distancia vertical* entre cada punto de datos y el punto correspondiente en la recta. Si se traza una recta a través del área general de los puntos, la diferencia entre el punto y la recta es $y - Y$. La ilustración 15.4 muestra estas diferencias. La suma de los cuadrados de las diferencias entre los puntos de datos trazados y los puntos de la recta es

$$(y_1 - Y_1)^2 + (y_2 - Y_2)^2 + \dots + (y_{12} - Y_{12})^2$$

La mejor recta es la que reduce al mínimo este total.

ILUSTRACIÓN 15.4 Recta de la regresión de mínimos cuadrados.



Como antes, la ecuación de recta es

$$Y = a + bx$$

Anteriormente se determinaron a y b a partir de la gráfica. En el método de mínimos cuadrados, las ecuaciones para a y b son

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \tag{15.2}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \tag{15.3}$$

donde

- a = Secante Y
- b = Pendiente de la recta
- \bar{y} = Promedio de todas las y
- \bar{x} = Promedio de todas las x
- x = Valor x de cada punto de datos
- y = Valor y de cada punto de datos
- n = Número de punto de datos
- Y = Valor de la variable dependiente calculada con la ecuación de regresión

La ilustración 15.5 muestra estos cálculos realizados para los 12 puntos de datos en el problema. Observe que la ecuación final para Y presenta una secante de 441.6 y una pendiente de 359.6. La pendiente muestra que por cada cambio unitario en X , Y cambia 359.6.

Con base estrictamente en la ecuación, los pronósticos de los periodos 13 a 16 serían

$$\begin{aligned} Y_{13} &= 441.6 + 359.6(13) = 5\ 116.4 \\ Y_{14} &= 441.6 + 359.6(14) = 5\ 476.0 \\ Y_{15} &= 441.6 + 359.6(15) = 5\ 835.6 \\ Y_{16} &= 441.6 + 359.6(16) = 6\ 195.2 \end{aligned}$$

El error estándar del estimado, o la forma en que la recta se adapta a los datos, es²

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n - 2}} \tag{15.4}$$

² Una ecuación del error estándar que a menudo es más fácil calcular es $S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - a\sum y - b\sum xy}{n - 2}}$.

ILUSTRACIÓN 15.5 Análisis de regresión de mínimos cuadrados.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
x	y	xy	x ²	y ²	Y
1	600	600	1	360 000	801.3
2	1 550	3 100	4	2 402 500	1 160.9
3	1 500	4 500	9	2 250 000	1 520.5
4	1 500	6 000	16	2 250 000	1 880.1
5	2 400	12 000	25	5 760 000	2 239.7
6	3 100	18 600	36	9 610 000	2 599.4
7	2 600	18 200	49	6 760 000	2 959.0
8	2 900	23 200	64	8 410 000	3 318.6
9	3 800	34 200	81	14 440 000	3 678.2
10	4 500	45 000	100	20 250 000	4 037.8
11	4 000	44 000	121	16 000 000	4 397.4
12	4 900	58 800	144	24 010 000	4 757.1
<u>78</u>	<u>33 350</u>	<u>268 200</u>	<u>650</u>	<u>112 502 500</u>	

$\bar{x} = 6.5$ $b = 359.6153$
 $\bar{y} = 2 779$ $a = 441.6666$
 Por tanto, $Y = 441.66 + 359.6x$
 $S_{yx} = 363.9$



El error estándar del estimado se calcula a partir de la segunda y la última columnas de la ilustración 15.5.

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{(600 - 801.3)^2 + (1 550 - 1 160.9)^2 + (1 500 - 1 520.5)^2 + \dots + (4 900 - 4 757.1)^2}{10}}$$

$$= 363.9$$

Microsoft Excel tiene una poderosa herramienta de regresión, diseñada para realizar estos cálculos. Para utilizarla es necesaria una tabla que contenga los datos pertinentes del problema (vea la ilustración 15.6).

ILUSTRACIÓN 15.6 Herramienta de regresión de Excel.

La herramienta forma parte del Data Analysis ToolPak, al que se tiene acceso desde el menú Herramientas (o la pestaña Datos en Excel 2007) (es probable que necesite agregar estas opciones de Herramientas mediante la opción Agregar en Herramientas).

Para usar la herramienta, primero capture los datos en dos columnas en la hoja de cálculo y luego entre en la opción Regresión del menú Herramientas → Análisis de datos. A continuación, especifique el Rango Y, que es B2:B13, y el Rango X, que es A2:A13 en el ejemplo. Por último, se especifica el Rango de salida. Entonces es cuando debe incluir en la hoja de cálculo los resultados del análisis de regresión. En el ejemplo, se capturó A16. Existe cierta información proporcionada que va más allá de lo que se estudió, pero lo que se busca son los coeficientes Secante y Variable X, que corresponden a los valores de secante y pendiente en la ecuación lineal. Estos se encuentran en las filas 32 y 33 de la ilustración 15.6. ●

En la siguiente sección sobre la descomposición de una serie de tiempo se estudia la posible existencia de componentes estacionales.

DESCOMPOSICIÓN DE UNA SERIE DE TIEMPO

Una *serie de tiempo* se define como datos ordenados en forma cronológica que pueden contener uno o más componentes de la demanda: tendencia, estacional, cíclico, autocorrelación o aleatorio. La *descomposición* de una serie de tiempo significa identificar y separar los datos de la serie de tiempo en estos componentes. En la práctica, es relativamente fácil identificar la tendencia (aun sin un análisis matemático, casi siempre es sencillo trazar y ver la dirección del movimiento) y el componente estacional (al comparar el mismo periodo año tras año). Es mucho más difícil identificar los componentes de los ciclos (pueden durar varios meses o años), la autocorrelación y el aleatorio. Por lo regular, el encargado de realizar el pronóstico considera aleatorio cualquier elemento que sobre y que no sea posible identificar como otro componente.

Cuando la demanda contiene efectos estacionales y de tendencia al mismo tiempo, la pregunta es cómo se relacionan entre sí. En esta descripción se analizan dos tipos de variación estacional: *aditiva* y *multiplicativa*.

Variación estacional aditiva La variación estacional aditiva simplemente supone que la cantidad estacional es una constante sin importar la tendencia ni la cantidad promedio.

Pronóstico que incluye tendencia y estacional = Tendencia + Estacional

La ilustración 15.7A muestra un ejemplo de una tendencia en aumento con cantidades estacionales constantes.

Variación estacional multiplicativa En la variación estacional multiplicativa, la tendencia se multiplica por los factores estacionales.

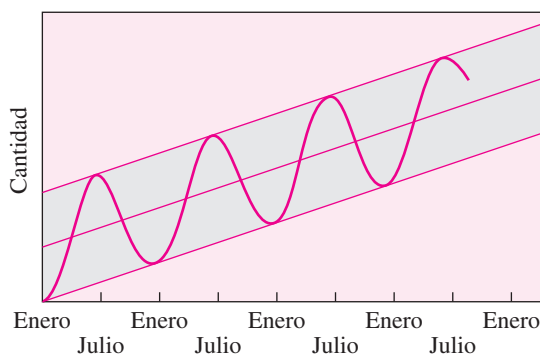
Pronóstico que incluye tendencia y estacional = Tendencia × Factor estacional

ILUSTRACIÓN 15.7 Variación estacional aditiva y multiplicativa sobrepuesta en la tendencia cambiante

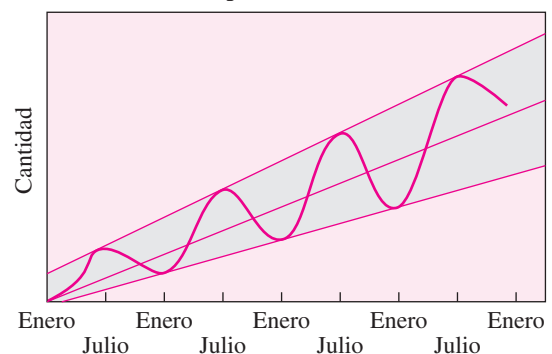


Excel:
Pronóstico

A. Estacional aditiva



B. Estacional multiplicativa



La ilustración 15.7B muestra la variación estacional en aumento conforme se incrementa la tendencia porque su tamaño depende de esta última.

La variación estacional multiplicativa es la experiencia común. En esencia, establece que mientras más elevada sea la cantidad básica pronosticada, más alta será la variación que cabe esperar a su alrededor.

Factor (o índice) estacional Un factor estacional es la cantidad de corrección necesaria en una serie temporal para ajustarse a la estación del año.

Por lo general, se relaciona *estacional* con un periodo del año caracterizado por alguna actividad en particular. Con la palabra *cíclico* se indica que no se trata de los periodos anuales recurrentes de actividad repetitiva.

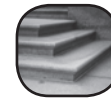
Los siguientes ejemplos muestran cómo se determinan y utilizan los índices estacionales para pronosticar 1) un cálculo sencillo basado en datos estacionales pasados y 2) la tendencia y el índice estacional de una recta de la regresión ajustada a mano. A continuación se da un procedimiento más formal para la descomposición y el pronóstico de los datos mediante regresión de mínimos cuadrados.



Compañías como Toro fabrican podadoras y limpiadores de nieve para cubrir la demanda estacional. El uso del mismo equipo y las mismas líneas de ensamble permite un mejor aprovechamiento de la capacidad, y mayor estabilidad de la mano de obra, productividad e ingresos.

EJEMPLO 15.2: Proporción simple

Suponga que en los últimos años una empresa vendió un promedio de 1 000 unidades al año de una línea de productos en particular. En promedio se vendieron 200 unidades en primavera, 350 en verano, 300 en otoño y 150 en invierno. El factor (o índice) estacional es la razón de la cantidad vendida durante cada estación dividida entre el promedio de todas las estaciones.



Paso por paso

Solución

En este ejemplo, la cantidad anual dividida en forma equitativa entre todas las temporadas es $1\,000 \div 4 = 250$. Por tanto, los factores estacionales son:

	Ventas pasadas	Promedio de ventas por cada temporada (1 000/4)	Factor estacional
Primavera	200	250	$200/250 = 0.8$
Verano	350	250	$350/250 = 1.4$
Otoño	300	250	$300/250 = 1.2$
Invierno	150	250	$150/250 = 0.6$
Total	1 000		

Con estos factores, si se espera que la demanda para el próximo año sea de 1 100 unidades, se pronosticaría que ocurra así:

	Demanda esperada para el próximo año	Promedio de ventas por cada temporada (1 100/4)	Factor estacional	Pronóstico estacional del próximo año
Primavera		275	$\times 0.8 =$	220
Verano		275	$\times 1.4 =$	385
Otoño		275	$\times 1.2 =$	330
Invierno		275	$\times 0.6 =$	165
Total	1 100			

El factor estacional se puede actualizar de manera periódica cuando se disponga de nuevos datos. El ejemplo siguiente muestra el factor estacional y la variación estacional multiplicativa.



Paso por paso

EJEMPLO 15.3: Cálculo de la tendencia y el factor estacional a partir de una recta ajustada a mano

En este caso deben calcularse la tendencia y los factores estacionales.

Solución

Se resuelve el problema con solo ajustar a mano una recta que cruce todos los puntos de datos y mida la tendencia y la secante de la gráfica. Suponga que el historial de datos es

Trimestre	Cantidad	Trimestre	Cantidad
I-2008	300	I-2009	520
II-2008	200	II-2009	420
III-2008	220	III-2009	400
IV-2008	530	IV-2009	700

Primero se grafica como en la ilustración 15.8 y luego se ajusta visualmente una recta a través de todos los datos (como es natural, esta recta y la ecuación resultante están sujetas a variación). La ecuación para la recta es

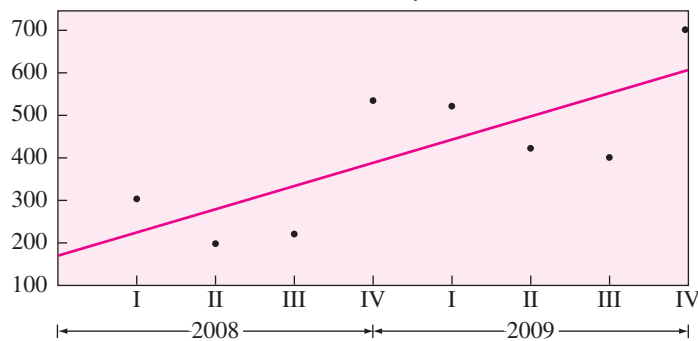
$$\text{Tendencia}_t = 170 + 55t$$

La ecuación se deriva de la secante 170 más un aumento de $(610 - 170) \div 8$ periodos. A continuación se deriva un índice estacional al comparar los datos reales con la recta de tendencia como en la ilustración 15.8. El factor estacional se elaboró calculando el promedio de los mismos trimestres de cada año.

El cálculo del pronóstico para 2010, inclusive los factores de tendencia y estacional (PFTE) es como sigue:

$$\begin{aligned} \text{PFTE}_t &= \text{Tendencia} \times \text{Estacional} \\ \text{I-2010 PFTE}_9 &= [170 + 55(9)]1.25 = 831 \\ \text{II-2010 PFTE}_{10} &= [170 + 55(10)]0.78 = 562 \\ \text{III-2010 PFTE}_{11} &= [170 + 55(11)]0.69 = 535 \\ \text{IV-2010 PFTE}_{12} &= [170 + 55(12)]1.25 = 1\ 038 \end{aligned}$$

ILUSTRACIÓN 15.8 Cálculo de un factor estacional a partir de datos reales y tendencias.



Excel: Pronóstico

Trimestre	Cantidad real	De la ecuación de tendencia $T_t = 170 + 55t$	Razón de real ÷ tendencia	Factor estacional (promedio del mismo trimestre en ambos años)
2008				
I	300	225	1.33	I-1.25
II	200	280	.71	
III	220	335	.66	
IV	530	390	1.36	
2009				
I	520	445	1.17	II-0.78
II	420	500	.84	
III	400	555	.72	
IV	700	610	1.15	

Descomposición con regresión por mínimos cuadrados La descomposición de una serie de tiempo significa encontrar los componentes básicos de la serie de tendencia, estacional y cíclico. Los índices se calculan por estaciones y ciclos. El procedimiento del pronóstico después invierte el proceso con el pronóstico de la tendencia y su ajuste mediante los índices estacionales y cíclicos, los cuales se determinaron en el proceso de descomposición. En términos formales, el proceso es:

1. Descomponer las series de tiempo en sus componentes.
 - a) Encontrar el componente estacional.
 - b) Descontar las variaciones de temporada de la demanda.
 - c) Encontrar el componente de la tendencia.
2. Pronosticar valores futuros de cada componente.
 - a) Pronosticar el componente de la tendencia en el futuro.
 - b) Multiplicar el componente de la tendencia por el componente estacional.

Observe que en esta lista no se incluye el componente aleatorio. El componente aleatorio de la serie de tiempo se elimina implícitamente cuando se promedia, como en el paso 1. No tiene caso intentar una proyección del componente aleatorio del paso 2 a menos que se tenga información sobre algún suceso inusual, como un conflicto laboral grave, que pudiera influir en la demanda del producto (y esto no sería al azar).

En la ilustración 15.9 se muestra la descomposición de una serie de tiempo con el uso de una regresión de mínimos cuadrados y los mismos datos básicos de ejemplos anteriores. Cada dato corresponde al uso de un solo trimestre del periodo de tres años (12 trimestres). El objetivo es pronosticar la demanda de los cuatro trimestres del cuarto año.

Paso 1. Determinar el factor (o índice) estacional. En la ilustración 15.9 se presenta un resumen de los cálculos necesarios. En la columna 4 se desarrolla un promedio para los

ILUSTRACIÓN 15.9 Demanda no estacional.

(1) Periodo (x)	(2) Trimestre	(3) Demanda real (y)	(4) Promedio de los mismos trimestres de cada año	(5) Factor estacional	(6) Demanda no estacional (yd) Col. (3) ÷ Col. (5)	(7) x^2 Col. (1) ²	(8) $x \times yd$ Col. (1) × Col. (6)
1	I	600	(600 + 2 400 + 3 800)/3 = 2 266.7	0.82	735.7	1	735.7
2	II	1 550	(1 550 + 3 100 + 4 500)/3 = 3 050	1.10	1 412.4	4	2 824.7
3	III	1 500	(1 500 + 2 600 + 4 000)/3 = 2 700	0.97	1 544.0	9	4 631.9
4	IV	1 500	(1 500 + 2 900 + 4 900)/3 = 3 100	1.12	1 344.8	16	5 379.0
5	I	2 400		0.82	2 942.6	25	14 713.2
6	II	3 100		1.10	2 824.7	36	16 948.4
7	III	2 600		0.97	2 676.2	49	18 733.6
8	IV	2 900		1.12	2 599.9	64	20 798.9
9	I	3 800		0.82	4 659.2	81	41 932.7
10	II	4 500		1.10	4 100.4	100	41 004.1
11	III	4 000		0.97	4 117.3	121	45 290.1
12	IV	4 900		1.12	4 392.9	144	52 714.5
78		33 350		12.03	33 350.1*	650	265 706.9

$$\bar{x} = \frac{78}{12} = 6.5 \quad b = \frac{\sum xy_d - n\bar{x}\bar{y}_d}{\sum \bar{x}^2 - n\bar{x}^2} = \frac{265\,706.9 - 12(6.5)2\,779.2}{650 - 12(6.5)^2} = 342.2$$

$$\bar{y}_d = 33\,350/12 = 2\,779.2 \quad a = \bar{y}_d - b\bar{x} = 2\,779.2 - 342.2(6.5) = 554.9$$

Por tanto, $Y = a + bx = 554.9 + 342.2x$

* Los totales de las columnas 3 y 6 deben ser iguales a 33 350. Las diferencias se deben al redondeo. La columna 5 se redondeó a dos lugares decimales.

mismos trimestres del periodo de tres años. Por ejemplo, se sumaron los primeros trimestres de los tres años y después se dividieron entre 3. Luego se deriva un factor estacional al dividir ese promedio entre el promedio general de los 12 trimestres ($\frac{33\ 350}{12}$, o 2 779). Por ejemplo, el factor estacional del primer trimestre es $\frac{2\ 266.7}{2\ 779} = 0.82$. El resultado se introduce en la columna 5. Observe que los factores estacionales son idénticos en los trimestres semejantes en cada año.

Paso 2. Descontar las variaciones de temporada de los datos originales. Para eliminar el efecto estacional de los datos se dividen los datos originales entre el factor estacional. Este paso se llama descuento de las variaciones de temporada de la demanda y se presentan en la columna 6 de la ilustración 15.9.

Paso 3. Trazar una recta de regresión por mínimos cuadrados para los datos con descuento de variaciones de temporada. El objetivo es elaborar una ecuación para la recta de la tendencia Y , que después se modifica con el factor estacional. El procedimiento es el mismo de antes:

$$Y = a + bx$$

donde

- y_d = Demanda con descuento de las variaciones de temporada (vea la ilustración 15.9)
- x = Trimestre
- Y = Demanda calculada con la ecuación de regresión $Y = a + bx$
- a = Secante de Y
- b = Pendiente de la recta

En la sección inferior de la ilustración 15.9 se presentan los cálculos de mínimos cuadrados con las columnas 1, 7 y 8. La ecuación final de descuento de las variaciones de temporada de los datos es $Y = 554.9 + 342.2x$. Esta recta se presenta en la ilustración 15.10.

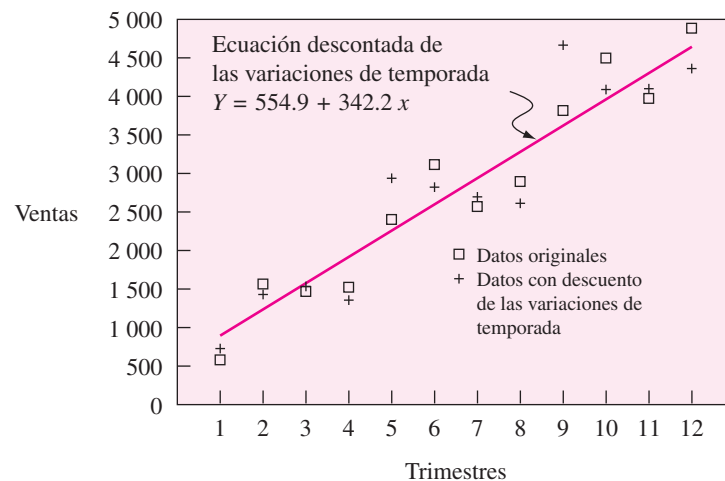
Paso 4. Proyectar la recta de la regresión a través del periodo por pronosticar. El propósito es pronosticar los periodos 13 a 16. Lo primero es resolver la ecuación para Y en cada periodo (que se muestra en el paso 5, columna 3).

Paso 5. Crear el pronóstico final mediante el ajuste de la recta de la regresión según el factor estacional. Cabe recordar que se descontaron las variaciones de temporada de la ecuación Y . Ahora se invierte el procedimiento al multiplicar los datos trimestrales derivados mediante el factor estacional de ese trimestre:

ILUSTRACIÓN 15.10 Gráfica de recta de ecuación descontada de las variaciones de temporada.



**Excel:
Pronóstico**



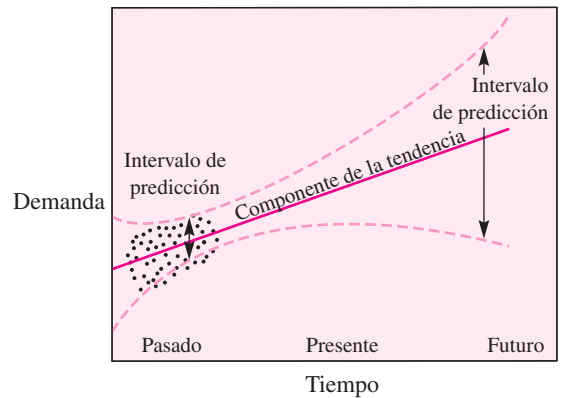
Periodo	Trimestre	Y de la recta de la regresión	Factor estacional	Pronóstico (Y × factor estacional)
13	1	5 003.5	0.82	4 102.87
14	2	5 345.7	1.10	5 880.27
15	3	5 687.9	0.97	5 517.26
16	4	6 030.1	1.12	6 753.71

Ya está completo el pronóstico. Normalmente, el procedimiento es igual al realizado en el ejemplo anterior que se ajustó a mano. Pero en este ejemplo se sigue un procedimiento más formal y también se calcula la recta de la regresión de mínimos cuadrados.

Rango de error Cuando se ajusta una recta mediante puntos de datos y después se pronostica con ella, los errores se generan desde dos fuentes. Primero, existen los errores usuales semejantes a la desviación estándar de toda serie de datos. Segundo, se generan errores porque la recta es incorrecta. La ilustración 15.11 muestra este rango de error. Más que desarrollar aquí las estadísticas, solo se demostrará brevemente la causa de que se amplíe el rango. Primero, se visualiza una recta trazada con cierto error de modo que su inclinación ascendente sea muy pronunciada. Después se calculan los errores estándar para esta recta. Ahora hay que visualizar otra recta cuya inclinación descendente sea muy pronunciada. También tiene un error estándar. El rango de error total, para este análisis, consiste en errores que resultan de ambas rectas así como de otras rectas posibles. Se incluye esta ilustración para demostrar cómo se amplía el rango de error conforme avanza.

ILUSTRACIÓN 15.11

Intervalos de predicción para la tendencia lineal.



PROMEDIO MÓVIL SIMPLE

Cuando la demanda de un producto no crece ni baja con rapidez, y si no tiene características estacionales, un promedio móvil puede ser útil para eliminar las fluctuaciones aleatorias del pronóstico. Aunque los *promedios de movimientos* casi siempre son centrados, es más conveniente utilizar datos anteriores para predecir el periodo siguiente de manera directa. Para ilustrar, un promedio centrado de cinco meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo da un promedio centrado en marzo. Sin embargo, deben existir los cinco meses de datos. Si el objetivo es pronosticar para junio, se debe proyectar el promedio de movimientos de marzo a junio. Si el promedio no está centrado sino que se encuentra en un extremo, se pronostica con mayor facilidad, aunque quizá se pierda cierta precisión. Por tanto, si se quiere pronosticar para junio con un promedio móvil de cinco meses, puede tomarse el promedio de enero, febrero, marzo, abril y mayo. Cuando pase junio, el pronóstico para julio será el promedio de febrero, marzo, abril, mayo y junio. Así se calculó la ilustración 15.12.

Si bien es importante seleccionar el mejor periodo para el promedio móvil, existen varios efectos conflictivos de distintos periodos. Cuanto más largo sea el periodo del promedio móvil, más se suavizarán (uniformarán) los elementos aleatorios (lo que será conveniente en muchos casos). Pero si existe una tendencia en los datos (ya sea a la alta o a la baja), el promedio móvil tiene la característica adversa de retrasar la tendencia. Por tanto, aunque un periodo más corto produce más oscilación, existe un seguimiento cercano de la tendencia. Por el contrario, un periodo más largo da una respuesta más uniforme pero retrasa la tendencia.

La fórmula de un promedio móvil simple es

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n} \tag{15.5}$$

donde

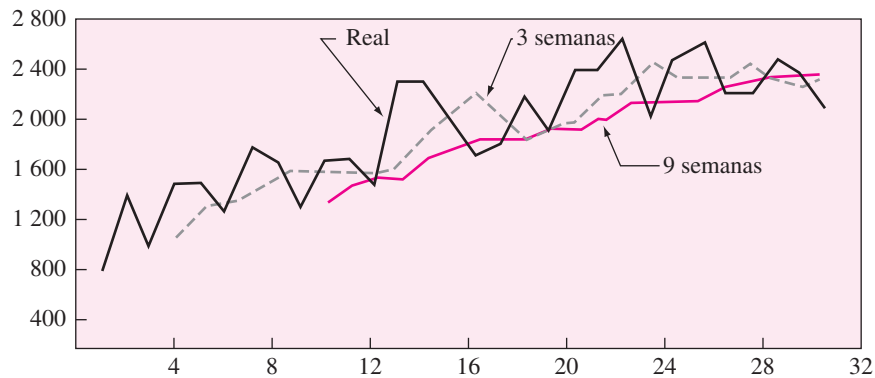
- F_t = Pronóstico para el siguiente periodo
- n = Número de periodos por promediar
- A_{t-1} = Suceso real en el periodo pasado
- A_{t-2}, A_{t-3} y A_{t-n} = Sucesos reales hace dos periodos, hace tres periodos y así sucesivamente, hasta hace n periodos

ILUSTRACIÓN 15.12 Promedio móvil simple; pronóstico de demanda en periodos de tres y nueve semanas.



**Excel:
Pronóstico**

Semana	Demanda	3 semanas	9 semanas	Semana	Demanda	3 semanas	9 semanas
1	800			16	1 700	2 200	1 811
2	1 400			17	1 800	2 000	1 800
3	1 000			18	2 200	1 833	1 811
4	1 500	1 067		19	1 900	1 900	1 911
5	1 500	1 300		20	2 400	1 967	1 933
6	1 300	1 333		21	2 400	2 167	2 011
7	1 800	1 433		22	2 600	2 233	2 111
8	1 700	1 533		23	2 000	2 467	2 144
9	1 300	1 600		24	2 500	2 333	2 111
10	1 700	1 600	1 367	25	2 600	2 367	2 167
11	1 700	1 567	1 467	26	2 200	2 367	2 267
12	1 500	1 567	1 500	27	2 200	2 433	2 311
13	2 300	1 633	1 556	28	2 500	2 333	2 311
14	2 300	1 833	1 644	29	2 400	2 300	2 378
15	2 000	2 033	1 733	30	2 100	2 367	2 378



Una gráfica de los datos en la ilustración 15.12 muestra los efectos de las distintas duraciones de un periodo de un promedio móvil. Se ve que la tendencia de crecimiento se nivela alrededor de la semana 23. El promedio de movimientos de tres semanas responde mejor al seguir este cambio que el promedio de nueve semanas, aunque, en general, el promedio de nueve semanas es más uniforme.

La principal desventaja al calcular un promedio móvil es que todos los elementos individuales se deben manejar como información, pues un nuevo periodo de pronóstico comprende agregar datos nuevos y eliminar los primeros. Para un promedio móvil de tres o seis periodos, lo anterior no es muy complicado, pero graficar un promedio móvil de 60 días sobre el uso de cada uno de los 20 000 elementos en un inventario comprendería el manejo de una gran cantidad de información.

PROMEDIO MÓVIL PONDERADO

Mientras que el promedio móvil simple da igual importancia a cada componente de la base de datos del promedio móvil, un promedio móvil ponderado permite asignar cualquier importancia a cada elemento, siempre y cuando la suma de todas las ponderaciones sea igual a uno. Por ejemplo, tal vez una tienda departamental se dé cuenta de que en un periodo de cuatro meses el mejor pronóstico se deriva con 40% de las ventas reales durante el mes más reciente, 30% de dos meses antes, 20% de tres meses antes y 10% de hace cuatro meses. Si las ventas reales fueron

Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
100	90	105	95	?

el pronóstico para el mes 5 sería

$$\begin{aligned} F_5 &= 0.40(95) + 0.30(105) + 0.20(90) + 1.10(100) \\ &= 38 + 31.5 + 18 + 10 \\ &= 97.5 \end{aligned}$$

La fórmula para un promedio móvil ponderado es

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n} \quad (15.6)$$

donde

- w_1 = Ponderación dada al hecho real para el periodo $t - 1$
- w_2 = Ponderación dada al hecho real para el periodo $t - 2$
- w_n = Ponderación dada al hecho real para el periodo $t - n$
- n = Número total de periodos en el pronóstico

Aunque quizá se ignoren muchos periodos (es decir, sus ponderaciones son de cero) y el esquema de ponderación puede estar en cualquier orden (por ejemplo, los datos más distantes pueden tener ponderaciones más altas que los más recientes), la suma de todas las ponderaciones debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Suponga que las ventas del mes 5 resultaron de 110. Entonces, el pronóstico para el mes 6 sería

$$\begin{aligned} F_6 &= 0.40(110) + 0.30(95) + 0.20(105) + 0.10(90) \\ &= 44 + 28.5 + 21 + 9 \\ &= 102.5 \end{aligned}$$

Elección de ponderaciones La experiencia y las pruebas son las formas más sencillas de elegir las ponderaciones. Por regla general, el pasado más reciente es el indicador más importante de lo que se espera en el futuro y por ende debe tener una ponderación más alta. Los ingresos o la capacidad de la planta del mes pasado, por ejemplo, serían un mejor estimado para el mes próximo que los ingresos o la capacidad de la planta de hace varios meses.

No obstante, si los datos son estacionales, por ejemplo, las ponderaciones se deben establecer en forma correspondiente. Las ventas de trajes de baño en julio del año pasado deben tener una ponderación más alta que las ventas de trajes de baño en diciembre (en el hemisferio norte).

El promedio móvil ponderado tiene una ventaja definitiva sobre el promedio móvil simple en cuanto a que puede variar los efectos de los datos pasados. Sin embargo, es más inconveniente y costoso que el método de suavización exponencial, que se analiza a continuación.

SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL

En los métodos de pronósticos anteriores (promedios móviles simple y ponderado), la principal desventaja es la necesidad de manejar en forma continua gran cantidad de datos históricos (esto también sucede con las técnicas de análisis de regresión, que se estudiarán en breve). En estos métodos, al agregar cada nueva pieza de datos se elimina la observación anterior y se calcula el nuevo pronóstico. En muchas aplicaciones (quizás en la mayor parte), los hechos más recientes son más indicativos del futuro que los del pasado más distante. Si esta premisa es válida (que la importancia de los datos disminuye conforme el pasado se vuelve más distante), es probable que el método más lógico y fácil sea la **suavización exponencial**.

La razón por la que se llama suavización exponencial es que cada incremento en el pasado se reduce $(1 - \alpha)$. Por ejemplo, si α es 0.05, las ponderaciones para los distintos periodos serían las siguientes (α se define a continuación):

**Suavización
exponencial**

Ponderación en $\alpha = 0.05$	
Ponderación más reciente = $\alpha(1 - \alpha)^0$	0.0500
Datos de un periodo anterior = $\alpha(1 - \alpha)^1$	0.0475
Datos de dos periodos anteriores = $\alpha(1 - \alpha)^2$	0.0451
Datos de tres periodos anteriores = $\alpha(1 - \alpha)^3$	0.0429

Por tanto, los exponentes 0, 1, 2, 3, ..., le dan su nombre.

La suavización exponencial es la técnica de pronóstico más común. Es parte integral de casi todos los programas de pronóstico por computadora, y se usa con mucha frecuencia al ordenar el inventario en empresas minoristas, compañías mayoristas y agencias de servicios.

Las técnicas de suavización exponencial se generalizaron por seis razones principales:

1. Los modelos exponenciales son sorprendentemente precisos.
2. Formular un modelo exponencial es relativamente fácil.
3. El usuario entiende cómo funciona el modelo.
4. Se requieren muy pocos cálculos para utilizar el modelo.
5. Los requerimientos de almacenamiento en computadora son bajos en virtud del uso limitado de datos históricos.
6. Es fácil calcular las pruebas de precisión relacionadas con el desempeño del modelo.

En el método de suavización exponencial solo se necesitan tres piezas de datos para pronosticar el futuro: el pronóstico más reciente, la demanda real que ocurrió durante el periodo de pronóstico y una **constante de suavización alfa (α)**. Esta constante de suavización determina el nivel de uniformidad y la velocidad de reacción ante las diferencias entre los pronósticos y los hechos reales. El valor de una constante se determina tanto por la naturaleza del producto como por la idea del gerente de lo que constituye un buen índice de respuesta. Por ejemplo, si una empresa produjo un artículo estándar con una demanda relativamente estable, el índice de reacción ante las diferencias entre la demanda real y pronosticada tenderían a ser pequeñas, quizá de solo 5 o 10 puntos porcentuales. No obstante, si la empresa experimentara un crecimiento, sería mejor tener un índice de reacción más alto, quizá de 15 o 30 puntos porcentuales, para dar mayor importancia a la experiencia de crecimiento reciente. Mientras más rápido sea el crecimiento, más alto deberá ser el índice de reacción. En ocasiones, los usuarios del promedio móvil simple cambian a la suavización exponencial pero conservan las proyecciones similares a las del promedio móvil simple. En este caso, α se calcula $2 \div (n + 1)$, donde n es el número de periodos.

La ecuación para un solo pronóstico de uniformidad exponencial es simplemente

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (15.7)$$

donde

- F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t
- F_{t-1} = Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo anterior
- A_{t-1} = Demanda real en el periodo anterior
- α = Índice de respuesta deseado, o constante de suavización

Esta ecuación establece que el nuevo pronóstico es igual al pronóstico anterior más una porción del error (la diferencia entre el pronóstico anterior y lo que en verdad ocurrió).³

Para comprobar el método, suponga que la demanda de largo plazo para el producto sujeto a estudio es relativamente estable, y se considera adecuada una constante de suavización (α) de 0.05. Si el método exponencial se hubiera usado como una política de continuidad, se habría hecho un pronóstico para el mes pasado.⁴ Suponga que el pronóstico del mes pasado (F_{t-1}) fue de

³ Algunos autores prefieren llamar promedio suavizado a F_t .

⁴ Cuando se introdujo la suavización exponencial, podía obtenerse el primer pronóstico o punto de partida con una estimación simple o un promedio de los periodos anteriores como el promedio de los dos o tres primeros periodos.

1 050 unidades. Si la demanda real fue de 1 000 en lugar de 1 050, el pronóstico para este mes sería

$$\begin{aligned}
 F_t &= F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \\
 &= 1\,050 + 0.05(1\,000 - 1\,050) \\
 &= 1\,050 + 0.05(-50) \\
 &= 1\,047.5 \text{ unidades}
 \end{aligned}$$

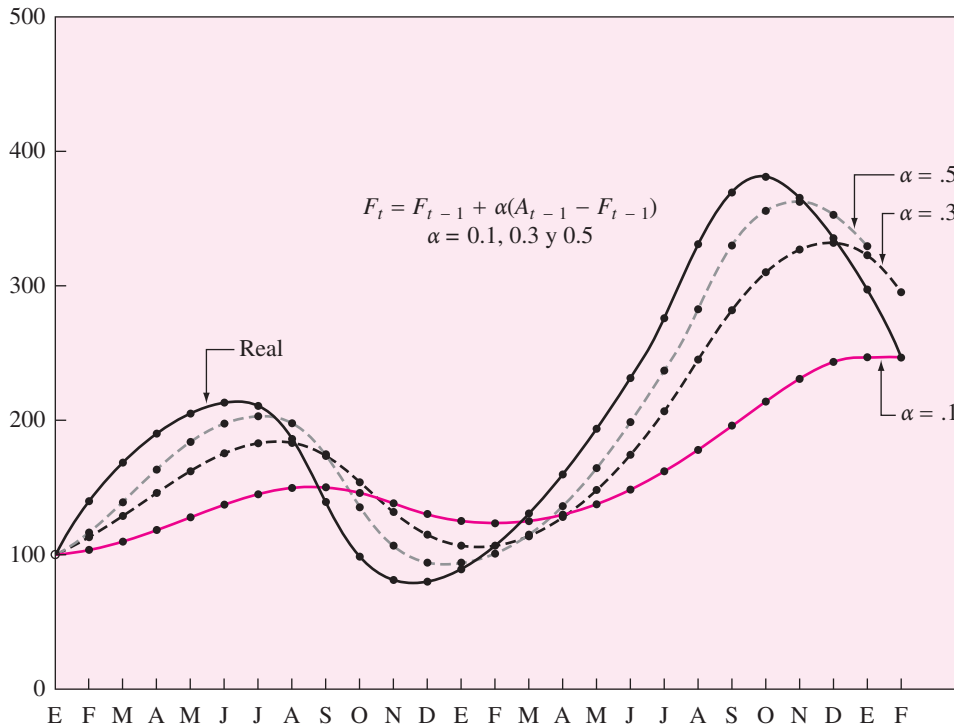
Como el coeficiente de suavización es bajo, la reacción del nuevo pronóstico ante un error de 50 unidades es reducir el pronóstico del próximo mes en solo $2\frac{1}{2}$ unidades.

La suavización exponencial simple tiene la desventaja de retrasar los cambios en la demanda. La ilustración 15.13 presenta los datos reales trazados como una curva suavizada para mostrar los efectos de demora de los pronósticos exponenciales. El pronóstico se retrasa durante un incremento o un decremento pero se dispara cuando cambia la dirección. Observe que mientras más alto sea el valor de alfa, el pronóstico será más cercano a la realidad. Y mientras más se acerque a la demanda real es probable sumar un factor de tendencia. También resulta útil ajustar el valor de alfa. Esto se conoce como *pronóstico adaptativo*. A continuación se explican en forma breve tanto los efectos de las tendencias como el pronóstico adaptativo.

Efectos de la tendencia en la suavización exponencial Recuerde que una tendencia ascendente o descendente en los datos recopilados durante una secuencia de periodos provoca que el pronóstico exponencial siempre se quede por debajo o atrás de los hechos reales. Los pronósticos suavizados exponencialmente se corrigen al agregar un ajuste a las tendencias. Para corregir la tendencia se necesitan dos constantes de suavización. Además de la constante de suavización α , la ecuación de la tendencia utiliza una **constante de suavización delta (δ)**. La delta reduce el impacto del error que ocurre entre la realidad y el pronóstico. Si no se incluyen ni alfa ni delta, la tendencia reacciona en forma exagerada ante los errores.

Constante de suavización delta (δ)

ILUSTRACIÓN 15.13 Pronósticos exponenciales *versus* demanda real de las unidades de un producto en el transcurso del tiempo que muestran una demora en el pronóstico.



Para continuar con la ecuación de la tendencia, la primera vez que se utiliza es preciso capturar el valor manualmente. Este valor de la tendencia inicial puede ser una especulación con ciertas bases o un cálculo a partir de los datos pasados observados.

La ecuación para calcular el pronóstico con la tendencia (PIT) es

$$\text{PIT}_t = F_t + T_t \quad (15.8)$$

$$F_t = \text{PIT}_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - \text{PIT}_{t-1}) \quad (15.9)$$

$$T_t = T_{t-1} + \delta(F_t - \text{PIT}_{t-1}) \quad (15.10)$$

donde

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

T_t = Tendencia suavizada exponencialmente para el periodo t

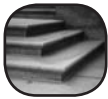
PIT_t = Pronóstico con la tendencia para el periodo t

PIT_{t-1} = Pronóstico con la tendencia hecha para el periodo anterior

A_{t-1} = Demanda real del periodo anterior

α = Constante de suavización

δ = Constante de suavización



Paso por paso

EJEMPLO 15.4: Pronóstico incluida la tendencia

Suponga una F_t inicial de 100 unidades, una tendencia de 10 unidades, un alfa de 0.20 y una delta de 0.30. Si la demanda real resulta ser de 115 en lugar de los 100 pronosticados, calcule el pronóstico para el periodo siguiente.

Solución

Al sumar el pronóstico inicial y la tendencia se obtiene

$$\text{PIT}_{t-1} = F_{t-1} + T_{t-1} = 100 + 10 = 110$$

La verdadera A_{t-1} se da como 115. Por tanto,

$$\begin{aligned} F_t &= \text{PIT}_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - \text{PIT}_{t-1}) \\ &= 110 + .2(115 - 110) = 111.0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_t &= T_{t-1} + \delta(F_t - \text{PIT}_{t-1}) \\ &= 10 + .3(111 - 110) = 10.3 \end{aligned}$$

$$\text{PIT}_t = F_t + T_t = 111.0 + 10.3 = 121.3$$

Si, en lugar de 121.3, la realidad resulta ser 120, la secuencia se repetiría y el pronóstico para el siguiente periodo sería

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= 121.3 + .2(120 - 121.3) = 121.04 \\ T_{t+1} &= 10.3 + .3(121.04 - 121.3) = 10.22 \\ \text{PIT}_{t+1} &= 121.04 + 10.22 = 131.26 \bullet \end{aligned}$$

Elección del valor apropiado para alfa La suavización exponencial requiere dar a la constante de suavización alfa (α) un valor entre 0 y 1. Si la demanda real es estable (como la demanda de electricidad o alimentos) sería deseable un alfa pequeña para reducir los efectos de los cambios de corto plazo o aleatorios. Si la demanda real aumenta o disminuye con rapidez (como en los artículos de moda o aparatos electrodomésticos menores), lo deseable es un alfa alta para tratar de seguirle el paso al cambio. Sería ideal poder proyectar qué alfa se debe usar. Por desgracia, hay dos elementos en contra. En primer lugar se necesitaría mucho tiempo para determinar la constante alfa que se adapte mejor a los datos reales, y el proceso sería tedioso. En segundo lugar, como la demanda cambia, quizá pronto sea necesario revisar la constante alfa que se eligió esta semana. Por tanto, se necesita un método automático para rastrear y cambiar los valores alfa.

Hay dos estrategias para controlar el valor de alfa. Una de ellas utiliza distintos valores de alfa, y la otra, una señal de seguimiento.

- 1. Dos o más valores predeterminados de alfa.** Se mide la cantidad de error entre el pronóstico y la demanda real. Según el grado de error se utilizan distintos valores de alfa. Si el error es grande, alfa es 0.8; si el error es pequeño, alfa es 0.2.
- 2. Valores calculados de alfa.** Una constante de rastreo alfa calcula si el pronóstico sigue el paso a los cambios genuinos hacia arriba o hacia abajo en la demanda (en contraste con los cambios aleatorios). En esta aplicación, la constante de rastreo alfa se define como el error real suavizado exponencialmente dividido entre el error absoluto suavizado exponencialmente. Alfa cambia de un periodo a otro en el rango posible de 0 a 1.

ERRORES DE PRONÓSTICO

El término *error* se refiere a la diferencia entre el valor de pronóstico y lo que ocurrió en realidad. En estadística, estos errores se conocen como *residuales*. Siempre y cuando el valor del pronóstico se encuentre dentro de los límites de confianza, como se verá más adelante en “Medición del error”, este no es en verdad un error. Pero el uso común se refiere a la diferencia como un error.

La demanda de un producto se genera mediante la interacción de varios factores demasiado complejos para describirlos con precisión en un modelo. Por tanto, todas las proyecciones contienen algún error. Al analizar los errores de pronóstico es conveniente distinguir entre las *fuentes de error* y la *medición de errores*.

FUENTES DE ERROR

Los errores provienen de diversas fuentes. Una fuente común de la que no están conscientes muchos encargados de elaborar pronósticos es la proyección de tendencias pasadas al futuro. Por ejemplo, al hablar de errores estadísticos en el análisis de regresión, se hace referencia a las desviaciones de las observaciones de la recta de la regresión. Es común relacionar una banda de confianza (es decir, límites de control estadístico) con la recta de la regresión para reducir el error sin explicar. Pero cuando se utiliza esta recta de la regresión como dispositivo de pronóstico, es probable que el error no se defina de manera correcta mediante la banda de confianza proyectada. Esto se debe a que el intervalo de confianza se basa en los datos pasados; quizá no tomen en cuenta los puntos de datos proyectados y por tanto no se puede utilizar con la misma confianza. De hecho, la experiencia demuestra que los errores reales suelen ser mayores que los proyectados a partir de modelos de pronóstico.

Los errores se clasifican como sesgados o aleatorios. Los *errores sesgados* ocurren cuando se comete un error constante. Las fuentes de sesgo son no incluir las variables correctas, usar relaciones equivocadas entre las variables, aplicar la recta de tendencia errónea, un cambio equivocado en la demanda estacional desde el punto donde normalmente ocurre y la existencia de alguna tendencia secular no detectada. Los *errores aleatorios* se definen como aquellos que no explica el modelo de pronóstico utilizado.

MEDICIÓN DE ERRORES

Varios términos comunes para describir el grado de error son *error estándar*, *error cuadrado medio* (o *varianza*) y *desviación absoluta media*. Además, con las señales de rastreo se puede indicar cualquier sesgo positivo o negativo en el pronóstico.

El error estándar se estudia en la sección sobre regresión lineal en este capítulo. Como el error estándar es la raíz cuadrada de una función, a menudo es más conveniente utilizar la función misma. Esto se conoce como error cuadrado medio o varianza.

La **desviación absoluta media (DAM)** era muy frecuente en el pasado, pero después se sustituyó con la desviación estándar y las medidas de error estándar. En años recientes, la DAM regresó por su sencillez y utilidad al obtener señales de seguimiento o rastreo. La DAM es el error promedio en los pronósticos mediante valores absolutos. Es valiosa porque, al igual que la desviación estándar, mide la dispersión de un valor observado en relación con un valor esperado.

Desviación absoluta media (DAM)

La DAM se calcula con las diferencias entre la demanda real y la demanda pronosticada sin importar el signo. Es igual a la suma de las desviaciones absolutas dividida entre el número de puntos de datos o, en forma de ecuación,

$$\text{DAM} = \frac{\sum_{i=1}^n |A_i - F_i|}{n} \quad (15.11)$$

donde

t = Número del periodo

A = Demanda real en el periodo

F = Demanda pronosticada para el periodo

n = Número total de periodos

$| |$ = Símbolo para indicar el valor absoluto sin tomar en cuenta los signos positivos ni negativos

Cuando los errores que ocurren en el pronóstico tienen una distribución normal (el caso más común), la desviación absoluta media se relaciona con la desviación estándar como

$$1 \text{ desviación estándar} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times \text{DAM}, \text{ o aproximadamente } 1.25 \text{ DAM}$$

Por el contrario,

$$1 \text{ DAM} = 0.8 \text{ desviaciones estándar}$$

La desviación estándar es la medida más grande. Si la DAM de un conjunto de puntos es 60 unidades, la desviación estándar es 75 unidades. En la manera estadística normal, si los límites de control se establecen en más o menos 3 desviaciones estándar (o ± 63.75 DAM), entonces 99.7% de los puntos caerían dentro de estos límites.

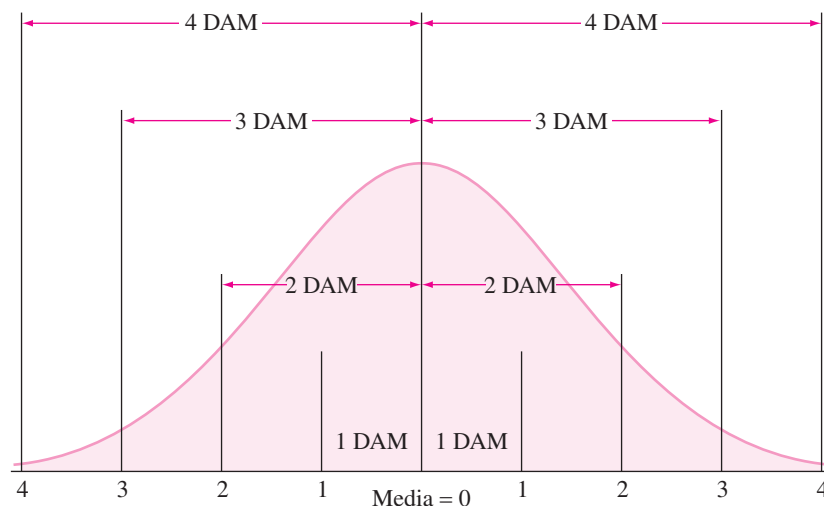
Error porcentual absoluto medio (EPAM)

Una medida adicional de error con frecuencia útil es el **error porcentual absoluto medio (EPAM)**. Esta medida determina el error respecto del promedio de demanda. Por ejemplo, si la DAM es de 10 unidades y el promedio de demanda es de 20 unidades, el error es grande e importante, pero relativamente insignificante en un promedio de demanda de 1 000 unidades. El EPAM se calcula al tomar la DAM y dividir entre el promedio de demanda,

$$\text{EPAM} = \frac{\text{DAM}}{\text{Promedio de demanda}} \quad (15.12)$$

Esta es una medida útil porque es una estimación de cuánto error se espera con un pronóstico. Entonces, si la DAM fuera de 10 y el promedio de demanda de 20, el EPAM sería 50% ($\frac{10}{20} = 50$). En el caso de un promedio de demanda de 1 000 unidades, el EPAM sería de solo 1% ($\frac{10}{1000} = 1$).

ILUSTRACIÓN 15.14 Distribución normal con media = 0 y DAM = 1.



Señal de seguimiento

Una **señal de seguimiento** es una medida que indica si el promedio pronosticado sigue el paso de cualquier cambio ascendente o descendente de la demanda. Como se utiliza en el pronóstico, la señal de seguimiento es el *número* de desviaciones absolutas medias que el valor pronosticado se encuentra por encima o por debajo de los hechos reales. La ilustración 15.14 muestra una distribución normal con una media de 0 y una DAM igual a 1. Por tanto, si se calcula la señal de seguimiento y se encuentra que es igual a menos 2, se ve que el modelo de pronóstico ofrece pronósticos por encima de la media de los hechos reales.

Una señal de seguimiento (SS) se calcula con la suma aritmética de las desviaciones pronosticadas dividida entre la desviación absoluta media:

$$SS = \frac{SCEP}{DAM} \tag{15.13}$$

donde

SCEP = Suma corriente de los errores pronosticados considerando la naturaleza del error (por ejemplo, los errores negativos cancelan los errores positivos y viceversa).

DAM = Promedio de todos los errores pronosticados (sin importar si las desviaciones son positivas o negativas). Es el promedio de las desviaciones absolutas.

La ilustración 15.15 muestra el procedimiento para calcular la DAM y la señal de seguimiento para un periodo de seis meses donde el pronóstico se estableció en una constante de 1 000 y se muestran las demandas totales que ocurrieron. En este ejemplo, el pronóstico en promedio se aleja 66.7 unidades y la señal de seguimiento es igual a 3.3 desviaciones absolutas medias.

ILUSTRACIÓN 15.15 Cálculo de la desviación absoluta media (DAM), la suma corriente de los errores en el pronóstico (SCEP) y la señal de seguimiento (SS) a partir del pronóstico y los datos reales.

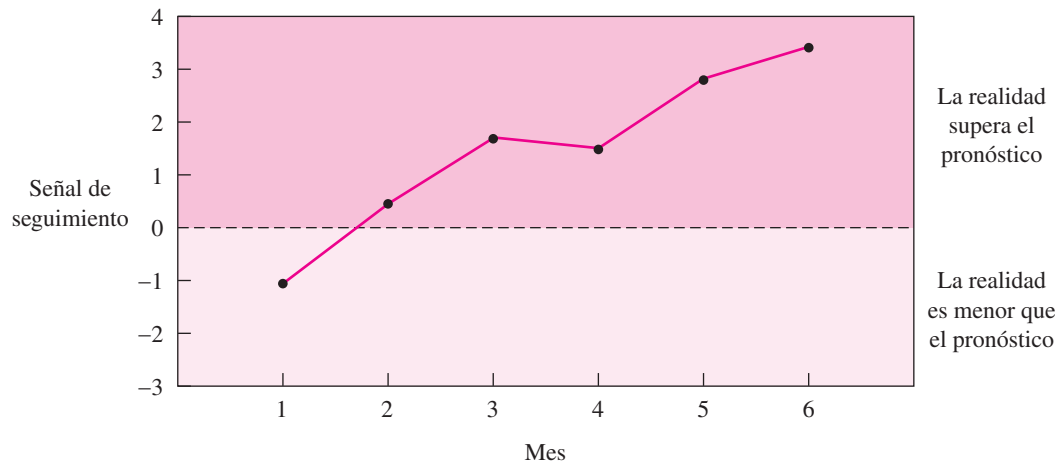
Mes	Pronóstico de la demanda	Real	Desviación	SCEP	Desv. abs.	Suma de desv. abs.	DAM*	SS = SCEP† / DAM
1	1 000	950	-50	-50	50	50	50	-1
2	1 000	1 070	+70	+20	70	120	60	.33
3	1 000	1 100	+100	+120	100	220	73.3	1.64
4	1 000	960	-40	+80	40	260	65	1.2
5	1 000	1 090	+90	+170	90	350	70	2.4
6	1 000	1 050	+50	+220	50	400	66.7	3.3

* Para el mes 6, DAM = 400 ÷ 6 = 66.7.

† Para el mes 6, SS = $\frac{SCEP}{DAM} = \frac{220}{66.7} = 3.3$ DAM.



Excel: Pronóstico



Se obtiene una mejor idea de lo que significan la DAM y la señal de seguimiento al trazar los puntos en una gráfica. Aunque esto no es del todo legítimo desde el punto de vista del tamaño de la muestra, se traza cada mes en la ilustración 15.15 para mostrar el cambio de la señal de seguimiento. Observe que cambió de menos 1 DAM a más 3.3 DAM. Esto sucedió porque la demanda real fue mayor que el pronóstico en cuatro de los seis periodos. Si la demanda real no cayera por debajo del pronóstico para compensar la Scep positiva continua, la señal de seguimiento se mantendría en aumento y se llegaría a la conclusión de que suponer una demanda de 1 000 constituye un mal pronóstico.

Pronóstico de relaciones causales

Relación causal

El pronóstico de relación causal recurre a variables independientes distintas del tiempo para predecir la demanda. Para que un pronóstico sea de valor, cualquier variable independiente debe ser un indicador guía. Por ejemplo, cabe esperar que un periodo de lluvias más prolongado aumente la venta de paraguas y gabardinas. La lluvia provoca la venta de artículos personales para este clima. Se trata de una **relación causal** en la que un hecho causa otro. Si se sabe del elemento de causa con mucha anticipación, se puede usar como base para el pronóstico.

El primer paso del pronóstico de una relación causal es encontrar los hechos que realmente sean la causa. Muchas veces los indicadores guía no son relaciones causales sino que indican, de cierta forma indirecta, que pueden ocurrir otras cosas. Otras relaciones no causales tan solo parecen existir como coincidencia. El siguiente es un ejemplo de pronóstico mediante una relación causal.



Paso por paso

EJEMPLO 15.5: Pronóstico mediante una relación causal

Carpet City Store en Carpentería lleva registros anuales de sus ventas de alfombras (en yardas cuadradas), además del número de licencias para casas nuevas en esta área.

Año	Cantidad de casas nuevas	
	Licencias	Ventas (en yardas cuadradas)
1999	18	13 000
2000	15	12 000
2001	12	11 000
2002	10	10 000
2003	20	14 000
2004	28	16 000
2005	35	19 000
2006	30	17 000
2007	20	13 000

El gerente de operaciones de Carpet City cree que es posible pronosticar las ventas si se conocen los inicios de proyectos habitacionales del año. En primer lugar se grafican los datos en la ilustración 15.16, con

x = Número de licencias de construcción

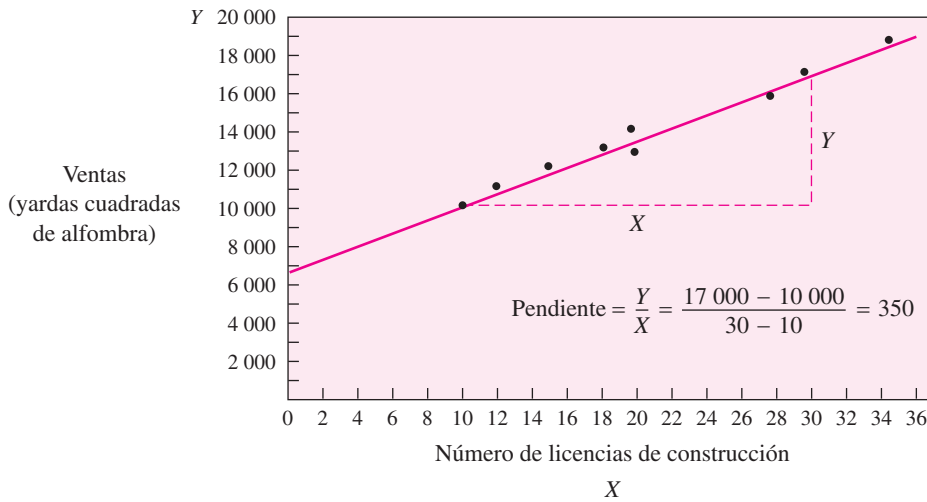
y = Ventas de alfombras

Como los puntos están sobre una recta, el gerente decide usar la relación lineal $Y = \alpha + bx$. El problema se resuelve al trazar a mano una recta. También puede resolverse esta ecuación con la regresión por mínimos cuadrados, como se hizo antes.

Solución

Proyectar la recta trazada a mano hace que toque el eje de las Y en unas 7 000 yardas. Esto puede interpretarse como la demanda cuando no se construyen casas; es decir, tal vez como sustitución de alfombras viejas. Para calcular la pendiente se seleccionan dos puntos, como

ILUSTRACIÓN 15.16 Relación causal: ventas a casas nuevas.



**Excel:
Pronóstico**

Año	x	y
2005	10	10 000
2009	30	17 000

La pendiente se calcula algebraicamente como

$$b = \frac{y(2009) - y(2005)}{x(2009) - x(2005)} = \frac{17\,000 - 10\,000}{30 - 10} = \frac{7\,000}{20} = 350$$

El gerente interpreta la pendiente como el promedio de yardas cuadradas de alfombra vendidas a cada casa nueva de la zona. Por tanto, la ecuación de pronóstico es

$$Y = 7\,000 + 350x$$

Ahora suponga que hay 25 licencias para construir casas en 2010. Por tanto, el pronóstico de las ventas para 2010 sería:

$$7\,000 + 350(25) = 15\,750 \text{ yardas cuadradas}$$

En este problema, la demora entre pedir la licencia en la oficina correspondiente y la llegada del nuevo dueño a Carpet City a comprar alfombra es una relación causal viable para el pronóstico. ●

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

Otro método de pronóstico es el análisis de regresión múltiple, en el que se considera cierto número de variables, junto con los efectos de cada una en el rubro de interés. Por ejemplo, en el campo del mobiliario doméstico, los efectos del número de matrimonios, construcción de viviendas, ingreso disponible y tendencias se expresa en una ecuación de regresión múltiple como:

$$S = B + B_m(M) + B_h(H) + B_i(I) + B_t(T)$$

donde

- S = Ventas brutas anuales
- B = Ventas de base, punto de partida a partir del que otros factores ejercen una influencia
- M = Matrimonios durante el año
- H = Construcción de viviendas durante el año
- I = Ingreso personal disponible anual
- T = Tendencia temporal (primer año = 1, segundo = 2, tercero = 3, etcétera)

B_m , B_h , B_i y B_t representan la influencia en las ventas esperadas del número de matrimonios y construcción de viviendas, ingreso y tendencia.

Es aconsejable un pronóstico con regresión múltiple cuando varios factores influyen en la variable de interés; en este caso, las ventas. Su dificultad radica en los cálculos matemáticos. Por fortuna hay programas estándares de cómputo para análisis de regresión múltiple, lo que alivia la necesidad de hacer tediosos cálculos manuales.

Microsoft Excel soporta técnicas de análisis de series de tiempo descritas en esta sección. Estas funciones se encuentran en las herramientas para el análisis de datos con suavización exponencial, promedios móviles y regresión.

Técnicas cualitativas de pronóstico



Servicio

En general, las técnicas de pronóstico cualitativo aprovechan el conocimiento de expertos y requieren mucho juicio. Comúnmente, estas técnicas abarcan procesos bien definidos para quienes participan en el ejercicio de pronosticar. Por ejemplo, en el caso de pronosticar la demanda de nueva mercancía de moda en una tienda minorista, la compañía incluye una combinación de clientes comunes para expresar preferencias y de gerentes de tienda que entienden de mezcla de productos y de volúmenes en la tienda, donde ven la mercancía y efectúan toda una serie de ejercicios diseñados para llevar el grupo a una estimación de consenso. El punto es que estos no son cálculos sin sentido en lo que se refiere a la demanda esperada, sino que más bien comprenden un método bien pensado y una toma de decisiones estructurada.

Estas técnicas son más útiles cuando el producto es nuevo o hay poca experiencia con la venta en una región nueva. Aquí, la información como el conocimiento de productos similares, hábitos de clientes en la región y cómo se anunciará e introducirá el producto puede ser importante para estimar con éxito la demanda. En algunos casos, incluso puede ser útil considerar datos de la industria y la experiencia de empresas de la competencia para estimar la demanda esperada.

A continuación veremos ejemplos de técnicas cualitativas de pronóstico.

INVESTIGACIÓN DE MERCADO

A menudo, las empresas contratan a empresas externas que se especializan en la *investigación de mercado* para realizar este tipo de pronóstico. Es probable que usted haya participado en estudios de mercado por medio de una clase de marketing; y seguramente no se ha escapado a las llamadas telefónicas en las que le preguntan sobre sus preferencias por ciertos productos, su ingreso, sus hábitos, etcétera.

La investigación de mercados se utiliza sobre todo para la investigación de productos con el objetivo de buscar nuevas ideas, conocer los gustos y disgustos relacionados con los productos existentes, los productos competitivos preferidos en una clase en particular, etc. Una vez más, los métodos de recopilación de datos son sobre todo encuestas y entrevistas.

GRUPOS DE CONSENSO

En un *grupo de consenso*, la idea de que dos cabezas piensan más que una se extrapola a la idea de que un grupo de personas que ocupan diversas posiciones elaboran un pronóstico más confiable que un grupo más reducido. Los pronósticos en grupo se realizan por medio de reuniones abiertas con un intercambio libre de ideas de todos los niveles gerenciales e individuales. El problema con este estilo abierto es que los empleados de niveles inferiores se sienten intimidados por los niveles más altos de la gerencia. Por ejemplo, un vendedor en una línea de productos en particular puede tener un buen estimado de la demanda futura de un producto, pero quizá no se exprese para refutar un estimado muy diferente dado por el vicepresidente de marketing. La técnica de Delphi (que se estudia en forma breve) se desarrolló para tratar de corregir este impedimento del libre intercambio de ideas.

Cuando las decisiones en el pronóstico se toman en un nivel más amplio y alto (como al introducir una nueva línea de productos o al tomar decisiones estratégicas sobre un

Diversas empresas, como The Gilmore Research Group, ahora ofrecen a los comerciantes software o bases de datos para ayudarlos a efectuar pronósticos de ventas más precisos para áreas del mercado, productos o segmentos específicos.

producto, como en nuevas áreas de mercado), se utiliza el término *juicio ejecutivo*, que se explica por sí mismo: participa un nivel gerencial más alto.

ANALOGÍA HISTÓRICA

Al tratar de pronosticar la demanda de un nuevo producto, una situación ideal sería contar con un producto existente o genérico como modelo. Existen muchas formas de clasificar estas analogías; por ejemplo, productos complementarios, productos sustituibles o competitivos, y productos como función del ingreso. Una vez más, seguramente ha recibido gran cantidad de productos que se anuncian por correo en una categoría similar a un producto comprado por catálogo, internet o correo. Si alguna vez ha comprado un DVD por correo, recibirá más correspondencia acerca de esos DVD y reproductores de DVD nuevos. Una relación causal sería que la demanda de discos compactos se activa por la demanda de reproductores de DVD. Una analogía sería pronosticar la demanda de reproductores de videodiscos digitales al analizar la demanda histórica de VCR. Los productos se encuentran en la misma categoría general de aparatos electrónicos y los compran consumidores en categorías similares. Un ejemplo más sencillo son tostadores y cafeteras. Una empresa que produce tostadores y quiere fabricar cafeteras puede utilizar el historial de los tostadores como modelo de crecimiento probable.

MÉTODO DELPHI

Como se apuntó en la sección sobre los grupos de consenso, es probable que la afirmación u opinión de una persona de un nivel superior pese más que la de una persona de nivel inferior. El peor de los casos se presenta cuando la gente de nivel inferior se siente amenazada y no contribuye con lo que realmente cree. Para evitar este problema, el *método Delphi* oculta la identidad de los individuos que participan en el estudio. Todos tienen el mismo peso. En cuanto al procedimiento, un moderador elabora un cuestionario y lo distribuye entre los participantes. Sus respuestas se suman y se entregan a todo el grupo con un nuevo grupo de preguntas.

El procedimiento paso a paso es:

1. Elegir a los expertos que van a participar. Debe haber gran variedad de personas con conocimientos en distintas áreas.
2. Por medio de un cuestionario (o correo electrónico), obtener las proyecciones (y cualquier premisa o calificación para el pronóstico) de todos los participantes.
3. Resumir los resultados y redistribuirlos entre los participantes con las preguntas nuevas apropiadas.
4. Volver a resumir, refinar las proyecciones y condiciones, y una vez más plantear preguntas nuevas.
5. Repetir el paso 4, si es necesario. Distribuir los resultados finales entre todos los participantes.

Por lo regular, la técnica Delphi logra resultados satisfactorios en tres rondas. El tiempo requerido es una función del número de participantes, la cantidad de trabajo para que planteen sus pronósticos y su rapidez de respuesta.

Pronóstico en la red: planificación, pronóstico y resultido en colaboración (CPFR)⁵

La **planificación, pronóstico y resultido en colaboración** (CPFR, por sus siglas en inglés) es una herramienta de internet para coordinar el pronóstico de la demanda, la planificación de la producción y las compras y resultido de inventarios entre socios comerciales de la cadena de suministro. La CPFR se usa como medio de integrar a todos los miembros de una cadena de suminis-

**Planificación,
pronóstico y resultido
en colaboración**

⁵ Gracias especiales a Gene Fliedner por su ayuda con esta sección. Gene Fliedner, "Hierarchical Forecasting: Issues and Use Guidelines", *Industrial Management & Data Systems* 101, núm. 1, 2001, pp. 5-12.

tro de n puntos, inclusive fabricantes, distribuidores y vendedores minoristas. Como se muestra en la ilustración 15.17, el punto ideal de colaboración mediante CPFR es el pronóstico de la demanda en el nivel del menudeo, con el que luego se sincronizan pronósticos y planes de producción y resurtido hacia los eslabones anteriores de la cadena de suministro.



Cadena de suministro

A la fecha, aunque la metodología es aplicable a cualquier industria, las aplicaciones de CPFR se centran sobre todo en alimentos, ropa y mercancía general. Los posibles beneficios de compartir la información para mejorar la visibilidad de la planificación son enormes para cualquier cadena de suministro. Se han propuesto varias estimaciones de los ahorros de costos atribuibles a mejorar la coordinación de la cadena de suministro, por ejemplo, 30 000 millones de dólares nada más en la industria alimentaria.⁶

El objetivo de la CPFR es intercambiar información interna selecta en un servidor de la red compartido con el fin de ofrecer panorámicas confiables y de largo plazo sobre la demanda futura en la cadena de suministro. La CPFR usa un enfoque cíclico e iterativo para derivar pronósticos consensuados en la cadena. Consiste en los siguientes cinco pasos:

Paso 1. Creación de un acuerdo de asociación del lado del cliente. Este acuerdo específica: 1) objetivos (como reducción de inventarios, eliminación de ventas perdidas, menor obsolescencia de productos) que se pretenden alcanzar mediante colaboración, 2) necesidades de recursos para la colaboración (por ejemplo, hardware, software, medidas de desempeño) y 3) expectativas de confidencialidad sobre la confianza imprescindible como requisito para compartir la información delicada de la compañía, que representa un obstáculo importante para su instrumentación.

Paso 2. Planificación conjunta de negocios. Normalmente, los socios crean estrategias de asociación, diseñan un calendario conjunto en el que se identifica la secuencia y frecuencia de las actividades de planificación que se siguen para influir en los ritmos de producción y se especifican los criterios de excepción para manejar las variaciones planificadas entre los pronósticos de la demanda de los socios comerciales.

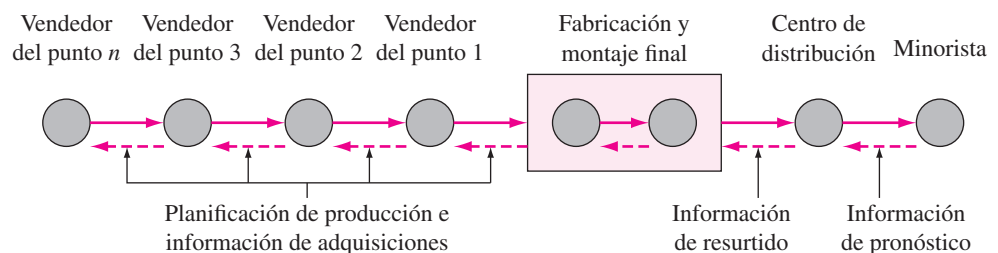
Paso 3. Elaboración de pronósticos de demanda. La elaboración de pronósticos puede apegarse a los procedimientos establecidos en la compañía. Las tiendas deben desempeñar un papel crucial, porque compartir los datos de los *puntos de venta* permite expectativas más acertadas y oportunas (a diferencia de extrapolar retiros de almacén o acumular pedidos en tiendas) tanto para vendedores minoristas como para proveedores. Por la frecuencia con que se generan pronósticos y la posibilidad de que muchos artículos requieran que se preparen pronósticos, por lo regular en la CPFR se usa algún procedimiento de pronóstico simple, como el promedio móvil. Es fácil usar técnicas simples junto con los conocimientos expertos de actos de promoción o rebaja para modificar los valores pronosticados en consecuencia.

Paso 4. Difundir los pronósticos. A continuación, vendedores minoristas (pronósticos de pedidos) y proveedores (pronósticos de ventas) publican electrónicamente sus últimos pronósticos de una lista de productos en un servidor compartido dedicado. El servidor examina

ILUSTRACIÓN 15.17 Cadena de suministro de n puntos con actividades de menudeo.



Cadena de suministro



⁶ Marshall L. Fisher, "What Is the Right Supply Chain for Your Product?", *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1997, pp. 105-116.

pares de pronósticos correspondientes y expide una nota de excepción sobre cualquier par de pronósticos cuando la diferencia supera un margen de seguridad establecido con antelación (por ejemplo, de 5%). Si se excede el margen de seguridad, los planificadores de las dos empresas colaboran por vía electrónica para llegar a un pronóstico de consenso.

Paso 5. Resurtido de inventario. Cuando coinciden los pronósticos correspondientes, el pronóstico de pedidos se convierte en pronóstico real, lo que activa el proceso de resurtido. Cada uno de estos pasos se repite iterativamente en un ciclo continuo en el que se varían los tiempos, por productos individuales y según calendario de sucesos establecido entre los socios comerciales. Por ejemplo, los socios pueden revisar el acuerdo de asociación del lado del cliente cada año, evaluar cada trimestre los planes comerciales conjuntos, desarrollar pronósticos de la demanda semanales o mensuales y resurtir a diario.

El intercambio oportuno de información entre los socios comerciales ofrece impresiones confiables y de más largo plazo sobre el futuro de la demanda en la cadena de suministro. La visibilidad hacia adelante, basada en compartir la información, trae diversos beneficios a las asociaciones en las cadenas de suministro.

Como ocurre con la mayoría de las nuevas iniciativas corporativas hay escepticismo y resistencia al cambio. Uno de los escollos más grandes para la colaboración es la falta de confianza sobre lo completo de la información que se comparte entre socios de la cadena de suministro. El objetivo contradictorio entre un proveedor que quiere maximizar sus utilidades y un cliente que quiere reducir al mínimo sus costos da lugar a relaciones opuestas en la cadena de suministro. Compartir datos operativos delicados puede permitir a un socio comercial aprovecharse del otro. Del mismo modo, una barrera a la ejecución es el potencial de perder el control. Algunas empresas se sienten justamente preocupadas por la idea de colocar en línea datos estratégicos, como informes financieros, programas de manufactura e inventarios. Las compañías quedan expuestas a fracturas de seguridad. Los acuerdos de asociación del lado del cliente, acuerdos de confidencialidad y acceso limitado a la información ayudan a superar estos temores.

Resumen

No es fácil elaborar un sistema de pronóstico. Sin embargo, debe hacerse, porque pronosticar es fundamental en cualquier esfuerzo de planificación. En el corto plazo se necesita un pronóstico para predecir las necesidades de materiales, productos, servicios u otros recursos para responder a los cambios de la demanda. Los pronósticos permiten ajustar los calendarios y variar la mano de obra y los materiales. A la larga, se requiere pronosticar como base para los cambios estratégicos, como el desarrollo de mercados nuevos, creación de nuevos productos o servicios y ampliar o construir nuevas instalaciones.

En el caso de los pronósticos de medio y largo plazos en los que se incurra en grandes compromisos económicos, debe tenerse mucho cuidado al derivarlos. Deben usarse varios métodos. Los métodos de análisis de regresión simple o regresión múltiple son los mejores, pues dan una base para realizar estudios. Deben considerarse factores económicos, tendencias de productos, factores de crecimiento y competencia, así como muchas otras posibles variables, y el pronóstico debe ajustarse para que refleje la influencia de cada uno.

Los pronósticos de corto y mediano plazos (como los que se requieren para el control de inventario así como calendarización de contratación de empleados y de material) pueden ser satisfactorios para modelos simples, como de suavización exponencial, quizá con una característica de adaptación o un índice estacional. En estas aplicaciones suelen pronosticarse miles de activos. La rutina de pronóstico debe ser sencilla y ejecutarse con rapidez en una computadora. Las rutinas también deben detectar y responder con celeridad a cambios definidos de corto plazo en la demanda, al tiempo que se ignoren las demandas espurias ocasionales. La suavización exponencial, cuando la gerencia la supervisa para controlar el valor de alfa, es una técnica eficaz.

Los sistemas de pronóstico en colaboración por internet que combinan métodos de pronóstico serán la ola del futuro en muchas industrias. Compartir información entre socios comerciales

con enlaces directos al sistema de PRE de cada empresa garantiza una información rápida y sin errores con un costo muy bajo.

En resumen, pronosticar es difícil. Un pronóstico perfecto es como un “hoyo en uno” en el golf: es sensacional atinarle, pero hay que sentirse satisfecho con acercarse; o, para proseguir con la analogía, basta caer en el *green*. La filosofía ideal es crear el mejor pronóstico posible y protegerse manteniendo la flexibilidad del sistema para tener en cuenta los inevitables errores de pronóstico.

Conceptos clave

Pronósticos estratégicos Pronósticos para mediano y largo plazos con que se toman decisiones relacionadas con el diseño y planes para satisfacer una demanda.

Pronósticos tácticos Pronósticos de corto plazo que se emplean como entrada para tomar decisiones diarias destinadas a satisfacer una demanda.

Demanda dependiente Necesidades de un producto o servicio incitadas por la demanda de otros servicios o productos. Esta demanda interna no tiene que pronosticarse, pero puede calcularse a partir de la demanda de otros productos o servicios.

Demanda independiente Demanda que no puede derivarse directamente de la demanda de otros productos.

Análisis de series de tiempo Tipo de pronóstico en que se anticipa la demanda futura con datos relacionados con la demanda anterior.

Pronóstico de regresión lineal Técnica de pronóstico que supone que los datos del pasado y las proyecciones para el futuro se ubican en torno a una línea recta.

Suavización exponencial Técnica de pronóstico por series de tiempo en la que cada incremento de los datos de la demanda anterior aminora en $(1 - \alpha)$.

Constante de suavización alfa (α) Parámetro de la ecuación de suavización exponencial que controla la velocidad de reacción ante las diferencias entre los pronósticos y la demanda real.

Constante de suavización delta (δ) Parámetro adicional de la ecuación de suavización exponencial que comprende un ajuste de la tendencia.

Desviación absoluta media (DAM) Error promedio del pronóstico con valores absolutos de error de cada pronóstico anterior.

Error porcentual absoluto medio (EPAM) Desviación absoluta media dividida entre el promedio de demanda. Es el promedio de error expresado como porcentaje de demanda.

Señal de seguimiento Medida que indica si el promedio del pronóstico concuerda con alzas o bajas verdaderas de la demanda.

Relación causal Situación en la que un suceso es causa de otro. Si el suceso está muy distante en el futuro, sirve como base para un pronóstico.

Planificación, pronóstico y resurtido en colaboración (CPFR) Herramienta de internet para coordinar pronósticos, producción y adquisiciones en la cadena de suministro de una empresa.

Revisión de fórmulas

Regresión de mínimos cuadrados

$$Y = a + bx \quad (15.1)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (15.2)$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (15.3)$$

Error estándar del estimado

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n - 2}} \quad (15.4)$$

Promedio móvil simple

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n} \quad (15.5)$$

Promedio móvil ponderado

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n} \quad (15.6)$$

Suavización exponencial simple

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (15.7)$$

Suavización exponencial con tendencia

$$PIT_t = F_t + T_t \tag{15.8}$$

$$F_t = PIT_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - PIT_{t-1}) \tag{15.9}$$

$$T_t = T_{t-1} + \delta(F_t - PIT_{t-1}) \tag{15.10}$$

Desviación absoluta media

$$DAM = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \tag{15.11}$$

Error porcentual absoluto medio

$$EPAM = \frac{DAM}{\text{Promedio de demanda}} \tag{15.12}$$

Señal de seguimiento

$$SS = \frac{SCEP}{DAM} \tag{15.13}$$

Problemas resueltos

Problema resuelto 1

Se presentan los datos por trimestres de los últimos dos años. Con estos datos prepare, mediante descomposición, un pronóstico para el año siguiente.

Periodo	Real	Periodo	Real
1	300	5	416
2	540	6	760
3	885	7	1 191
4	580	8	760



**Excel:
Pronóstico**

Solución

(Observe que los valores que obtenga pueden ser un poco diferentes por redondeo. Los valores dados aquí se obtuvieron con una hoja de cálculo de Excel.)

(1) Periodo x	(2) Real y	(3) Promedio del periodo	(4) Factor estacional	(5) Demanda no estacional
1	300	358	0.527	568.99
2	540	650	0.957	564.09
3	885	1 038	1.529	578.92
4	580	670	0.987	587.79
5	416		0.527	789.01
6	760		0.957	793.91
7	1 191		1.529	779.08
8	760		0.987	770.21
Total	5 432	2 716	8.0	
Promedio	679	679	1	

La columna 3 es el promedio estacional. Por ejemplo, el promedio del primer trimestre es

$$\frac{300 + 416}{2} = 358$$

La columna 4 es el promedio por trimestres (columna 3) dividido entre el promedio general (679). La columna 5 son datos reales divididos entre el índice estacional. Para determinar x^2 y xy se elabora la tabla siguiente:

	Periodo x	Demanda sin factor estacional (y_d)	x^2	xy
	1	568.99	1	569.0
	2	564.09	4	1 128.2
	3	578.92	9	1 736.7
	4	587.79	16	2 351.2
	5	789.01	25	3 945.0
	6	793.91	36	4 763.4
	7	779.08	49	5 453.6
	8	770.21	64	6 161.7
Sumas	36	5 432	204	26 108.8
Promedio	4.5	679		

Ahora se calculan los resultados de la regresión para los datos sin factores estacionales.

$$b = \frac{(26\ 108) - (8)(4.5)(679)}{(204) - (8)(4.5)^2} = 39.64$$

$$a = \bar{Y} = b\bar{x}$$

$$a = 679 = 39.64(4.5) = 500.6$$

Por consiguiente: los resultados de la regresión sin los factores estacionales son

$$Y = 500.6 + 39.64x$$

Periodo	Pronóstico de tendencia	Factor estacional	Pronóstico final
9	857.4	× 0.527	= 452.0
10	897.0	× 0.957	= 858.7
11	936.7	× 1.529	= 1 431.9
12	976.3	× 0.987	= 963.4

Problema resuelto 2



Excel:
Pronóstico

Sunrise Baking Company vende donas en una cadena de tiendas de alimentos. Debido a errores de los pronósticos ha tenido una producción excesiva o insuficiente. Los siguientes datos son su demanda de docenas de donas en las últimas cuatro semanas. Las donas se hacen para el día siguiente; por ejemplo, la producción de donas del domingo es para las ventas del lunes, la producción de donas del lunes es para las ventas del martes, etc. La panadería cierra los sábados, de modo que la producción del viernes debe satisfacer la demanda de sábado y domingo.

	Hace 4 semanas	Hace 3 semanas	Hace 2 semanas	Semana pasada
Lunes	2 200	2 400	2 300	2 400
Martes	2 000	2 100	2 200	2 200
Miércoles	2 300	2 400	2 300	2 500
Jueves	1 800	1 900	1 800	2 000
Viernes	1 900	1 800	2 100	2 000
Sábado				
Domingo	2 800	2 700	3 000	2 900

Elabore un pronóstico para esta semana según este esquema:

- Diario, con un promedio móvil simple de cuatro semanas.
- Diario, con un promedio móvil ponderado de 0.40, 0.30, 0.20 y 0.10 para las últimas cuatro semanas.
- Sunrise también planifica sus compras de ingredientes para la producción de pan. Si la semana pasada se pronosticó una demanda de pan de 22 000 hogazas y solo se demandaron 21 000, ¿cuál debe ser la demanda que pronostique Sunrise para esta semana, con una suavización exponencial de $\alpha = 0.10$?

d) Suponga, con el pronóstico de c), que la demanda de esta semana resulta de 22 500 hogazas. ¿Cuál sería el nuevo pronóstico de la semana siguiente?

Solución

a) Promedio móvil simple, cuatro semanas.

$$\begin{aligned} \text{Lunes} & \frac{2\,400 + 2\,300 + 2\,400 + 2\,200}{4} = \frac{9\,300}{4} = 2\,325 \text{ docenas} \\ \text{Martes} & = \frac{8\,500}{4} = 2\,125 \text{ docenas} \\ \text{Miércoles} & = \frac{9\,500}{4} = 2\,375 \text{ docenas} \\ \text{Jueves} & = \frac{7\,500}{4} = 1\,875 \text{ docenas} \\ \text{Viernes} & = \frac{7\,800}{4} = 1\,950 \text{ docenas} \\ \text{Sábado y domingo} & = \frac{11\,400}{4} = 2\,850 \text{ docenas} \end{aligned}$$

b) Promedio ponderado con ponderaciones de .40, .30, .20 y .10.

	(.10)		(.20)		(.30)		(.40)		
Lunes	220	+	480	+	690	+	960	=	2 350
Martes	200	+	420	+	660	+	880	=	2 160
Miércoles	230	+	480	+	690	+	1 000	=	2 400
Jueves	180	+	380	+	540	+	800	=	1 900
Viernes	190	+	360	+	630	+	800	=	1 980
Sábado y domingo	280	+	540	+	900	+	1 160	=	2 880
	1 300	+	2 660	+	4 110	+	5 600	=	13 670

c) Pronóstico de suavización exponencial de la demanda de pan

$$\begin{aligned} F_t &= F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \\ &= 22\,000 + 0.10(21\,000 - 22\,000) \\ &= 22\,000 - 100 = 21\,900 \text{ hogazas} \end{aligned}$$

d) Pronóstico exponencialmente suavizado

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= 21\,900 + .10(22\,500 - 21\,900) \\ &= 21\,900 + .10(600) = 21\,960 \text{ hogazas} \end{aligned}$$

Problema resuelto 3

Lo que sigue es la demanda real de un producto durante los últimos seis trimestres. Con las reglas 1 a 5 del pronóstico enfocado, encuentre la mejor regla para pronosticar el tercer trimestre del año.

	Trimestre			
	I	II	III	IV
Año pasado	1 200	700	900	1 100
Este año	1 400	1 000		

Solución

Regla 1: Demanda de los próximos tres meses = demanda de los últimos tres meses.

Prueba de esta demanda en los últimos tres meses: $F_{II} = A_I$; por tanto, $F_{II} = 1\,400$.

La demanda real fue de 1 000, así que $\frac{1\,000}{1\,400} = 71.4\%$.

Regla 2: La demanda de este trimestre es igual a la demanda del mismo trimestre del año pasado.

Por tanto, el pronóstico de la demanda del segundo trimestre de este año será de 700, el monto de ese trimestre el año anterior.

La demanda real fue de 1 000, y $\frac{1\,000}{700} = 142.9\%$.

Regla 3: 10% más que el último trimestre.

$$F_{II} = 1\,400 \times 1.10 = 1\,540$$

La demanda real fue de 1 000, y $\frac{1\,000}{1\,540} = 64.9\%$.

Regla 4: 50% más que el mismo trimestre del año anterior.

$$F_{II} = 700 \times 1.50 = 1\,050$$

La demanda real fue de 1 000, y $\frac{1\,000}{1\,050} = 95.2\%$.

Regla 5: Misma tasa de aumento o decremento de los últimos tres meses.

$$\frac{1\,400}{1\,200} = 1.167$$

$$F_{II} = 700 \times 1.167 = 816.7$$

La demanda real fue de 1 000, así que $\frac{1\,000}{816.7} = 122.4\%$.

La regla 4 fue la que más se acercó a pronosticar el último trimestre: 95.2%, o apenas 4.8% menos. Con esta regla (50% más que el mismo trimestre del año anterior) se pronosticaría el tercer trimestre del año como 50% más que el tercer trimestre del año pasado, o

$$\text{Este año } F_{III} = 1.50 A_{III} (\text{año pasado})$$

$$F_{III} = 1.50(900) = 1\,350 \text{ unidades}$$

Problema resuelto 4



**Excel:
Pronóstico**

La demanda de un producto se pronosticó con un modelo específico. En la tabla se muestran los pronósticos y la demanda correspondiente que se presentaron. Con las técnicas de DAM y de señal de seguimiento evalúe la exactitud del modelo de pronóstico.

	Real	Pronosticada
Octubre	700	660
Noviembre	760	840
Diciembre	780	750
Enero	790	835
Febrero	850	910
Marzo	950	890

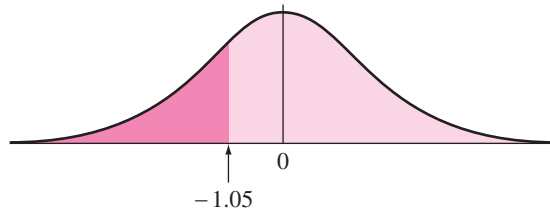
Solución

Se evalúa el modelo de pronóstico con DAM y con la señal de seguimiento.

	Demanda real	Demanda pronosticada	Desviación real	Desviación acumulada (SCEP)	Desviación absoluta
Octubre	700	660	40	40	40
Noviembre	760	840	-80	-40	80
Diciembre	780	750	30	-10	30
Enero	790	835	-45	-55	45
Febrero	850	910	-60	-115	60
Marzo	950	890	60	-55	60
					Desviación total = 315

$$\text{DAM} = \frac{315}{6} = 52.5$$

$$\text{Señal de seguimiento} = \frac{-55}{52.5} = -1.05$$



No hay suficiente evidencia para rechazar el modelo de pronóstico, así que se aceptan sus recomendaciones.

Preguntas de repaso y análisis

1. Examine la ilustración 15.3 y señale qué modelo usaría para *a)* la demanda de trajes de baño, *b)* la demanda de casas nuevas, *c)* consumo de electricidad y *d)* planes de expansión de nuevas plantas.
2. ¿En qué se fundamenta el método de mínimos cuadrados del análisis de regresión lineal?
3. Explique el procedimiento para crear un pronóstico mediante el método de descomposición de la regresión por mínimos cuadrados.
4. Mencione algunas reglas simples para manejar la demanda del producto de una empresa (un ejemplo es “limitarse al inventario disponible”).
5. ¿Qué estrategias aplican los supermercados, líneas aéreas, hospitales, bancos y fabricantes de cereal para influir en la demanda?
6. Todos los métodos de pronóstico que usan suavización exponencial, suavización adaptativa y suavización exponencial con tendencia requieren valores iniciales para que funcionen las ecuaciones. ¿Cómo escogería el valor inicial para, digamos, F_{t-1} ?
7. De la elección entre un promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial y análisis de regresión lineal, ¿qué técnica de pronóstico le parecería más precisa? ¿Por qué?
8. Dé ejemplos que tengan una relación multiplicadora de la relación de tendencia estacional.
9. ¿Cuál es la principal desventaja del pronóstico diario mediante análisis de regresión?
10. ¿Cuáles son los principales problemas de la suavización exponencial adaptativa para realizar pronósticos?
11. ¿Cómo se calcula un índice estacional a partir del análisis de una recta de regresión?
12. Comente las diferencias básicas entre la desviación absoluta media y la desviación estándar.
13. ¿Qué implicaciones tienen los errores de pronóstico en la búsqueda de modelos de pronóstico estadístico muy complejos?
14. ¿Las relaciones causales son potencialmente más útiles para qué componente de una serie de tiempo?

Problemas

1. La demanda de audífonos para aparatos estereofónicos y reproductores de MP3 para trotadores permitió a Nina Industries crecer casi 50% el año pasado. El número de trotadores sigue en aumento, así que Nina espera que la demanda también se incremente, porque, hasta ahora, no se han promulgado leyes de seguridad que impidan que los trotadores usen audífonos. La demanda de audífonos del año pasado fue la siguiente:

Mes	Demanda (unidades)	Mes	Demanda (unidades)
Enero	4 200	Julio	5 300
Febrero	4 300	Agosto	4 900
Marzo	4 000	Septiembre	5 400
Abril	4 400	Octubre	5 700
Mayo	5 000	Noviembre	6 300
Junio	4 700	Diciembre	6 000

- a)* Con un análisis de regresión por mínimos cuadrados, ¿cuál estimaría que fuera la demanda de cada mes del año entrante? Con una hoja de cálculo, siga el formato general de la ilustración 15.5. Compare sus resultados con los obtenidos mediante la función de pronóstico de la hoja de cálculo.
- b)* Para tener alguna seguridad de cubrir la demanda, Nina decide usar tres errores estándar por seguridad. ¿Cuántas unidades adicionales debe retener para alcanzar este nivel de confianza?

2. La demanda histórica del producto es

Demanda	
Enero	12
Febrero	11
Marzo	15
Abril	12
Mayo	16
Junio	15

- a) Con un promedio móvil ponderado y ponderaciones de 0.60, 0.30 y 0.10, calcule el pronóstico de julio.
- b) Con un promedio móvil simple de tres meses, determine el pronóstico de julio.
- c) Mediante suavización exponencial simple con $\alpha = 0.2$ y un pronóstico para junio de 13, calcule el pronóstico de julio. Haga todas las suposiciones que quiera.
- d) Con un análisis de regresión lineal simple, calcule la ecuación de regresión de los datos precedentes de la demanda.
- e) Con la ecuación de regresión del inciso d), calcule el pronóstico para julio.
3. Las siguientes tabulaciones son ventas unitarias reales de seis meses y un pronóstico inicial para enero.
- a) Calcule los pronósticos para los cinco meses restantes con suavización exponencial simple con $\alpha = 0.2$.
- b) Calcule la DAM de los pronósticos.

	Real	Pronosticada
Enero	100	80
Febrero	94	
Marzo	106	
Abril	80	
Mayo	68	
Junio	94	

4. Zeus Computer Chips, Inc., tenía contratos importantes para producir microprocesadores tipo Centrin. El mercado declinó los tres años anteriores debido a los módulos dual-core, que Zeus no produce, así que tiene la penosa tarea de pronosticar el año entrante. La labor es desagradable porque la empresa no ha logrado encontrar sustitutos para sus líneas de productos. Aquí está la demanda de los 12 trimestres pasados:

2007		2008		2009	
I	4 800	I	3 500	I	3 200
II	3 500	II	2 700	II	2 100
III	4 300	III	3 500	III	2 700
IV	3 000	IV	2 400	IV	1 700

Con la técnica de descomposición pronostique los cuatro trimestres de 2010.

5. Los datos de ventas de dos años son los siguientes. Los datos están acumulados con dos meses de ventas en cada "periodo".

Meses	Ventas	Meses	Ventas
Enero-febrero	109	Enero-febrero	115
Marzo-abril	104	Marzo-abril	112
Mayo-junio	150	Mayo-junio	159
Julio-agosto	170	Julio-agosto	182
Septiembre-octubre	120	Septiembre-octubre	126
Noviembre-diciembre	100	Noviembre-diciembre	106

- a) Grafique los datos.
- b) Componga un modelo de regresión lineal simple para los datos de ventas.

- c) Además del modelo de regresión, determine los factores multiplicadores del índice estacional. Se supone que un ciclo completo es de un año.
 - d) Con los resultados de los incisos b) y c) prepare un pronóstico para el año entrante.
6. Las señales de seguimiento calculadas con el historial de la demanda pasada de tres productos es la siguiente. Cada producto usa la misma técnica de pronóstico.

	SS1	SS2	SS3
1	-2.70	1.54	0.10
2	-2.32	-0.64	0.43
3	-1.70	2.05	1.08
4	-1.10	2.58	1.74
5	-0.87	-0.95	1.94
6	-0.05	-1.23	2.24
7	0.10	0.75	2.96
8	0.40	-1.59	3.02
9	1.50	0.47	3.54
10	2.20	2.74	3.75

Comente las señales de seguimiento de cada producto y señale sus implicaciones.

7. En la tabla siguiente se muestran los dos años previos de información de las ventas trimestrales. Suponga que hay tendencias y factores estacionales, y que el ciclo estacional es de un año. Con series de tiempo de descomposición pronostique las ventas trimestrales del año siguiente.

Trimestre	Ventas	Trimestre	Ventas
1	160	5	215
2	195	6	240
3	150	7	205
4	140	8	190

8. Tucson Machinery, Inc., fabrica máquinas controladas numéricamente que se venden a un precio promedio de 0.5 millones de dólares cada una. Las ventas de estas máquinas durante los dos años anteriores son:

Trimestre	Cantidad (unidades)	Trimestre	Cantidad (unidades)
2008		2009	
I	12	I	16
II	18	II	24
III	26	III	28
IV	16	IV	18

- a) Trace a mano una recta (o haga una regresión con Excel).
 - b) Encuentre la tendencia y los factores estacionales.
 - c) Pronostique las ventas para 2010.
9. No todos los artículos de su tienda de artículos de papelería están distribuidos uniformemente en lo que concierne a la demanda, así que decide pronosticar la demanda para planificar su surtido. Los datos pasados de libretas de cuentas usuales, para agosto, son los siguientes:

Semana 1	300	Semana 3	600
Semana 2	400	Semana 4	700

- a) Con un promedio móvil de tres semanas, ¿cuál sería su pronóstico para la semana entrante?
 - b) Con suavización exponencial y $\alpha = 0.20$, si el pronóstico exponencial de la semana 3 se calculó como el promedio de las dos primeras semanas $[(300 + 400)/2 = 350]$, ¿cuál sería su pronóstico para la semana 5?
10. Con la siguiente historia, aplique un pronóstico enfocado al tercer trimestre de este año. Use tres estrategias de pronóstico enfocado.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Año pasado	100	125	135	175	185	200	150	140	130	200	225	250
Este año	125	135	135	190	200	190						

11. A continuación se da la demanda tabulada real de un artículo durante un periodo de nueve meses (enero a septiembre). Su supervisor quiere probar dos métodos de pronóstico para ver cuál resultó mejor en el periodo.

Mes	Real	Mes	Real
Enero	110	Junio	180
Febrero	130	Julio	140
Marzo	150	Agosto	130
Abril	170	Septiembre	140
Mayo	160		

- a) Pronostique de abril a septiembre con un promedio móvil de tres meses.
 b) Mediante suavización exponencial simple con un alfa de 0.3 calcule de abril a septiembre.
 c) Con la DAM decida qué método produjo el mejor pronóstico en el periodo de seis meses.
12. Se aplicó cierto modelo de pronóstico para anticipar un periodo de seis meses. Aquí están la demanda pronosticada y la real:

	Real	Pronóstico
Abril	250	200
Mayo	325	250
Junio	400	325
Julio	350	300
Agosto	375	325
Septiembre	450	400

Encuentre la señal de seguimiento y señale si cree que el modelo usado da respuestas aceptables.

13. Harlen Industrias tiene un modelo de pronóstico simple: se toma la demanda real del mismo mes del año anterior y se divide entre el número fraccional de semanas de ese mes. Esto da la demanda semanal promedio para el mes. Con este promedio semanal se pronostican las semanas del mismo mes de este año. La técnica se usó para pronosticar ocho semanas de este año, que se muestran a continuación junto con la demanda real. Las siguientes ocho semanas muestran el pronóstico (basado en el año pasado) y la demanda real:

Semana	Demanda pronosticada	Demanda real	Semana	Demanda pronosticada	Demanda real
1	140	137	5	140	180
2	140	133	6	150	170
3	140	150	7	150	185
4	140	160	8	150	205

- a) Calcule la DAM de los errores de pronóstico.
 b) Con la SCEP calcule la señal de seguimiento.
 c) A partir de sus respuestas en a) y b), comente sobre el método de pronóstico de Harlen.
14. La tabla siguiente contiene la demanda de los últimos 10 meses.

Mes	Demanda real	Mes	Demanda real
1	31	6	36
2	34	7	38
3	33	8	40
4	35	9	40
5	37	10	41

- a) Calcule el pronóstico con suavización exponencial simple de estos datos con una α de .30 y un pronóstico inicial (F_1) de 31.

- b) Calcule el pronóstico de suavización exponencial con tendencia para estos datos, con una α de .30, δ de .30, un pronóstico de tendencias inicial (T_1) de 1 y un pronóstico suavizado exponencial inicial (F_1) de 30.
 - c) Calcule la desviación absoluta media (DAM) de cada pronóstico. ¿Cuál es el mejor?
15. En este problema va a poner a prueba la validez de su modelo de pronóstico. A continuación se dan los pronósticos del modelo que usó y la demanda real.

Semana	Pronóstico	Real
1	800	900
2	850	1 000
3	950	1 050
4	950	900
5	1 000	900
6	975	1 100

Con el método establecido en el texto calcule la DAM y la señal de seguimiento. Después decida si el modelo de pronóstico que usó proporciona resultados razonables.

16. Suponga que sus existencias de mercancía para venta se mantiene sobre la base de la demanda pronosticada. Si el personal de ventas de la distribuidora llama el primer día de cada mes, calcule su pronóstico de ventas con los tres métodos solicitados aquí.

	Real
Junio	140
Julio	180
Agosto	170

- a) Con un promedio móvil simple de tres meses, ¿cuál es el pronóstico para septiembre?
 - b) Con un promedio móvil ponderado, ¿cuál es el pronóstico para septiembre con valores relativos de .20, .30 y .50 para junio, julio y agosto, respectivamente?
 - c) Mediante suavización exponencial simple, y suponiendo que el pronóstico de junio fue de 130, pronostique las ventas de septiembre con una constante α de suavización de .30.
17. La demanda histórica de un producto es como sigue:

	Demanda
Abril	60
Mayo	55
Junio	75
Julio	60
Agosto	80
Septiembre	75

- a) Con un promedio móvil simple de cuatro meses, calcule un pronóstico para octubre.
 - b) Mediante suavización exponencial simple con $\alpha = 0.2$ y un pronóstico para septiembre = 65, calcule un pronóstico para octubre.
 - c) Mediante regresión lineal simple, calcule la recta de la tendencia de los datos históricos. En el eje de las X sea abril = 1, mayo = 2, y así sucesivamente, mientras que en el eje de las Y está la demanda.
 - d) Calcule un pronóstico para octubre.
18. Las ventas por trimestre del último año y los tres primeros trimestres de este año son como sigue:

	Trimestre			
	I	II	III	IV
Año pasado	23 000	27 000	18 000	9 000
Este año	19 000	24 000	15 400	

Con el procedimiento de pronóstico enfocado descrito en el texto pronostique las ventas esperadas para el cuarto trimestre de este año.

19. En la tabla siguiente se muestra la demanda predicha de un producto con su método particular de pronóstico, junto con la demanda real.

Pronóstico	Real
1 500	1 550
1 400	1 500
1 700	1 600
1 750	1 650
1 800	1 700

- a) Calcule la señal de seguimiento con la desviación absoluta media y la suma continua de errores de pronóstico.
 b) Comente si su método de pronóstico da buenas predicciones.
20. Su gerente trata de determinar qué método de pronóstico usar. A partir de los siguientes datos históricos, calcule el siguiente pronóstico y especifique qué procedimiento utilizaría.

Mes	Demanda real	Mes	Demanda real
1	62	7	76
2	65	8	78
3	67	9	78
4	68	10	80
5	71	11	84
6	73	12	85

- a) Calcule el pronóstico de promedio móvil simple de tres meses para los periodos 4 a 12.
 b) Calcule el promedio móvil ponderado a tres meses con ponderaciones de 0.50, 0.30 y 0.20 para los periodos 4 a 12.
 c) Calcule el pronóstico de suavización exponencial simple para los periodos 2 a 12 con un pronóstico inicial (F_1) de 61 y una α de 0.30.
 d) Calcule el pronóstico de suavización exponencial con componente de tendencia para los periodos 2 a 12 con un pronóstico de tendencia inicial (T_1) de 1.8, un pronóstico de suavización exponencial inicial (F_1) de 60, una α de 0.30 y una δ de 0.30.
 e) Calcule la desviación absoluta media (DAM) de los pronósticos hechos con cada técnica en los periodos 4 a 12. ¿Qué método de pronóstico prefiere?
21. Haga un análisis de regresión sobre la demanda sin factores estacionales para pronosticar la demanda en el verano de 2010, dados los siguientes datos históricos de la demanda.

Año	Estación	Demanda real
2008	Primavera	205
	Verano	140
	Otoño	375
	Invierno	575
2009	Primavera	475
	Verano	275
	Otoño	685
	Invierno	965

22. Los siguientes son los resultados de los últimos 21 meses de ventas reales de cierto producto:

	2008	2009
Enero	300	275
Febrero	400	375
Marzo	425	350
Abril	450	425
Mayo	400	400
Junio	460	350

(continúa)

(continuación)

	2008	2009
Julio	400	350
Agosto	300	275
Septiembre	375	350
Octubre	500	
Noviembre	550	
Diciembre	500	

Elabore un pronóstico para el cuarto trimestre con tres reglas de pronóstico enfocado (observe que para aplicar correctamente el procedimiento, las reglas se prueban primero en el tercer trimestre; el cuarto trimestre se pronostica con la de mejor desempeño). Resuelva el problema con trimestres en lugar de pronosticar meses separados.

23. La demanda real de un producto en los tres meses anteriores fue

Hace tres meses	400 unidades
Hace dos meses	350 unidades
El mes pasado	325 unidades

- a) Con un promedio móvil simple de tres meses haga un pronóstico para este mes.
 - b) Si este mes la demanda real fue de 300 unidades, ¿cuál sería su pronóstico para el mes entrante?
 - c) Con suavización exponencial simple, ¿cuál sería su pronóstico para este mes si el pronóstico suavizado exponencial de hace tres meses hubiese sido de 450 unidades y la constante de suavización de 0.20?
24. Después de aplicar su modelo de pronóstico durante seis meses, decide probarlo con DAM y una señal de seguimiento. Lo que sigue es el pronóstico y la demanda real del periodo de seis meses:

Periodo	Pronóstico	Real
Mayo	450	500
Junio	500	550
Julio	550	400
Agosto	600	500
Septiembre	650	675
Octubre	700	600

- a) Encuentre la señal de seguimiento.
 - b) Decida si su rutina de pronóstico es aceptable.
25. A continuación se anotan las ganancias por acción de dos compañías, por trimestre, del primer trimestre de 2006 al segundo de 2009. Pronostique las ganancias por acción para el resto de 2009 y 2010. Con suavización exponencial pronostique el tercer periodo de 2009, y con el método de descomposición de series de tiempos, los últimos dos trimestres de 2009 y los cuatro trimestres de 2010. Es mucho más fácil resolver el problema en una hoja de cálculo computarizada para ver lo que sucede.

Ganancias por acción			
	Trimestre	Compañía A	Compañía B
2006	I	\$1.67	\$0.17
	II	2.35	0.24
	III	1.11	0.26
	IV	1.15	0.34
2007	I	1.56	0.25
	II	2.04	0.37
	III	1.14	0.36
	IV	0.38	0.44

(continúa)

continuación)

	Ganancias por acción		
	Trimestre	Compañía A	Compañía B
2008	I	0.29	0.33
	II	-0.18 (pérdida)	0.40
	III	-0.97 (pérdida)	0.41
	IV	0.20	0.47
2009	I	-1.54 (pérdida)	0.30
	II	0.38	0.47

- a) Para el método de suavización exponencial, tome el primer trimestre de 2006 como pronóstico inicial. Haga dos pronósticos: uno con $\alpha = 0.10$ y otro con $\alpha = 0.30$.
- b) Con el método de DAM para comprobar el desempeño del modelo de pronóstico, más los datos reales de 2006 al segundo trimestre de 2009, ¿qué tan bien funcionó el modelo?
- c) Con la descomposición del método de pronóstico por series de tiempo, pronostique las ganancias por acción para los dos últimos trimestres de 2009 y los cuatro trimestres de 2010. ¿Hay algún factor estacional en las ganancias?
- d) Con sus pronósticos comente sobre cada compañía.
26. A continuación se encuentran los ingresos por ventas de una empresa de servicios públicos grande de 1999 a 2009. Pronostique los ingresos de 2010 a 2013. Use su buen juicio, intuición o sentido común para elegir su modelo o método, y su periodo de datos.

Ingresos (millones)		Ingresos (millones)	
1999	\$4 865.9	2005	\$5 094.4
2000	5 067.4	2006	5 108.8
2001	5 515.6	2007	5 550.6
2002	5 728.8	2008	5 738.9
2003	5 497.7	2009	5 860.0
2004	5 197.7		

27. Mark Price, nuevo gerente de producción de Speakers and Company, tiene que averiguar qué variable afecta más la demanda de su línea de bocinas estereofónicas. No está seguro de que el precio unitario del producto o los efectos de mayor marketing sean los principales impulsores de las ventas, y quiere aplicar un análisis de regresión para averiguar qué factor impulsa más la demanda de su mercado. La información pertinente se recopiló en un extenso proyecto de marketing que se extendió a los 10 años anteriores y se vació en los datos siguientes:

Año	Ventas/ unidad (millares)	Precio/unidad	Publicidad (miles de dólares)
1998	400	280	600
1999	700	215	835
2000	900	211	1 100
2001	1 300	210	1 400
2002	1 150	215	1 200
2003	1 200	200	1 300
2004	900	225	900
2005	1 100	207	1 100
2006	980	220	700
2007	1 234	211	900
2008	925	227	700
2009	800	245	690

- a) Realice en Excel un análisis de regresión basado en estos datos. Con sus resultados, conteste las preguntas siguientes.
- b) ¿Qué variable, precio o publicidad tiene un mayor efecto en las ventas, y cómo lo sabe?
- c) Pronostique las ventas anuales promedio de bocinas de Speakers and Company a partir de los resultados de la regresión si el precio fue de 300 dólares por unidad y el monto gastado en publicidad (en miles) fue de 900 dólares.

28. Suponga una F_t inicial de 300 unidades, una tendencia de 8 unidades, un alfa de 0.30 y una delta de 0.40. Si la demanda real fue de 288, calcule el pronóstico para el siguiente periodo.
29. La tabla siguiente contiene el número de quejas recibidas en una tienda departamental durante los primeros seis meses de operación.

Mes	Quejas	Mes	Quejas
Enero	36	Abril	90
Febrero	45	Mayo	108
Marzo	81	Junio	144

Si se usara un promedio móvil de tres meses, ¿cuál habría sido el pronóstico de mayo?

30. El siguiente es el número de cajas de vino merlot vendidas en la vinatería Connor Owen en un periodo de ocho años.

Año	Cajas de vino merlot	Año	Cajas de vino merlot
2002	270	2006	358
2003	356	2007	500
2004	398	2008	410
2005	456	2009	376

Estime el valor de uniformidad calculado a fines de 2009 con un modelo de suavización exponencial y un valor alfa de 0.20. Use la demanda promedio de 2002 a 2004 como pronóstico inicial y a continuación suavice el pronóstico hasta 2009.

CASO: ALTAVOX ELECTRONICS

Altavox es fabricante y distribuidor de diversos instrumentos y aparatos electrónicos, como multímetros digitales analógicos, generadores de función, osciloscopios, contadores de frecuencia y otras máquinas para pruebas y mediciones. Altavox vende una línea de medidores de prueba populares entre los electricistas profesionales. El modelo VC202 se vende por conducto de seis distribuidoras a tiendas minoristas de Estados Unidos. Las distribuidoras están en Atlanta, Boston, Chicago, Dallas y Los Ángeles, y se escogieron para atender regiones diversas del país.

El modelo VC202 se ha vendido bien durante años por su confiabilidad y sólida construcción. Altavox no lo considera un producto estacional, pero hay alguna variabilidad en la demanda.

En la tabla siguiente se muestra la demanda del producto en las últimas 13 semanas.

Estos datos se encuentran en una hoja de cálculo de Excel, *Altavox Data*. La demanda de las regiones varía entre un máximo de 40 unidades en promedio semanal en Atlanta y 48 unidades en Dallas. Los datos de este trimestre están muy cerca de la demanda del trimestre pasado.

La gerencia quisiera que usted experimentara con algunos modelos de pronóstico para determinar cuál debe usarse en un nuevo sistema que va a establecerse. El nuevo sistema está programado para usar uno de dos modelos: promedio móvil simple o suavización exponencial.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Promedio
Atlanta	33	45	37	38	55	30	18	58	47	37	23	55	40	40
Boston	26	35	41	40	46	48	55	18	62	44	30	45	50	42
Chicago	44	34	22	55	48	72	62	28	27	95	35	45	47	47
Dallas	27	42	35	40	51	64	70	65	55	43	38	47	42	48
Los Ángeles	32	43	54	40	46	74	40	35	45	38	48	56	50	46
Total	162	199	189	213	246	288	245	204	236	257	174	248	229	222



Excel:
Altavox
Data

Preguntas

1. Piense en usar un modelo de promedio móvil simple. Experimente con modelos que aplican datos de cinco y tres semanas anteriores. A continuación se dan datos previos de cada región (la semana -1 es la previa a la semana 1 de la tabla, la -2 es dos semanas antes de la semana 1, etc.). Evalúe los pronósticos que se habrían hecho en las 13 últimas semanas tomando como criterios la desviación absoluta media y la señal de seguimiento.

Semana	-5	-4	-3	-2	-1
Atlanta	45	38	30	58	37
Boston	62	18	48	40	35
Chicago	62	22	72	44	48
Dallas	42	35	40	64	43
Los Ángeles	43	40	54	46	35
Total	254	153	244	252	198

2. A continuación piense en usar un modelo de suavización exponencial simple. En su análisis, pruebe dos valores alfa, .2 y .4. Use los mismos criterios que en la pregunta 1 para evaluar el modelo. Suponga que el pronóstico inicial anterior para el modelo con un valor alfa de .2 es el promedio de las últimas tres semanas. Para el modelo que usa un alfa de .4, suponga que el pronóstico anterior es el promedio de las cinco semanas anteriores.
3. Altavox estudia una nueva opción para distribuir el modelo VC202 en la que, en lugar de cinco proveedores, haya solo uno.

Evalúe esta opción analizando la exactitud de un pronóstico basado en la demanda agregada en todas las regiones. Use el modelo que crea mejor a partir de sus análisis de las preguntas 1 y 2. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la demanda agregada desde el punto de vista del pronóstico? ¿Hay otras cosas que deben considerarse cuando se pasa de varios distribuidores a uno solo?

Cuestionario

1. Tipo de pronóstico con que se toman decisiones de largo plazo, por ejemplo, dónde ubicar un almacén o cuántos empleados tener en una planta el año siguiente.
2. El tipo de demanda más apropiado para usar modelos de pronósticos.
3. Término para influir realmente en la venta de un producto o servicio.
4. Los seis principales componentes de la demanda.
5. El tipo de análisis más apropiado cuando el pasado es un buen vaticinador del futuro.
6. Identificar y separar datos de series de tiempo en componentes de demanda.
7. Si la demanda en la semana actual fue de 102 unidades y se había pronosticado que sería de 125, ¿cuál sería el pronóstico de la semana siguiente con un modelo de suavización exponencial con un alfa de 0.3?
8. Suponga que usa suavización exponencial con ajuste de tendencia. La demanda crece a un ritmo muy uniforme de unas

cinco unidades por semana. ¿Esperaría que sus parámetros alfa y delta estuvieran más cerca de uno o de cero?

9. Su pronóstico es en promedio incorrecto alrededor de 10%. El promedio de demanda es 130 unidades. ¿Cuál es la DAM?
10. Si la señal de seguimiento para su pronóstico fuera constantemente positiva, podría entonces decir esto acerca de su técnica de pronóstico.
11. ¿Qué sugeriría usted para mejorar el pronóstico descrito en la pregunta 10?
12. Usted sabe que las ventas reciben una gran influencia de la cantidad de publicidad que su compañía contrate en el periódico local. ¿Qué técnica de pronóstico sugeriría intentar?
13. ¿Qué herramienta de pronóstico es más apropiada cuando se trabaja de cerca con clientes que dependen de los productos de usted?

1. Pronóstico estratégico 2. Demanda independiente 3. Administración de demanda 4. Promedio de demanda para el periodo, tendencia, elementos estacionales, elementos cíclicos, variación aleatoria y autocorrelación. 5. Análisis de series de tiempo 6. Descomposición 7. 118 unidades 8. Cero 9. 13 10. Segrada, constantemente demasiado baja 11. Sumar un componente de tendencia 12. Pronóstico de relación causal (con regresión) 13. Planificación, pronóstico y resurtido en colaboración (CPFR)

Bibliografía seleccionada

Diebold, F. X., *Elements of Forecasting*, 4a. ed., Mason, Ohio, South-Western College Publishing, 2006.
 Hanke, J. E., A. G. Reitsch y D. W. Wichem, *Business Forecasting*, 8a. ed., Upper Saddle River, Nueva Jersey, Prentice Hall, 2004.

Makridakis, S., S. C. Wheelwright y R. J. Hyndman, *Forecasting: Methods for Management*, Nueva York, John Wiley & Sons, 1998.

