



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA TOMA DE DECISIONES

Clase 03



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

## *Capítulo 3*

# Pronósticos



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Contenido del capítulo

**3.1 Tipos de pronósticos**

**3.2 Diagramas de dispersión y series de tiempo**

**3.3 Medidas de exactitud del pronóstico**

**3.4 Modelos de pronósticos de series de tiempo**

**3.5 Monitoreo y control de pronósticos**

**3.6 Uso de la computadora para pronosticar**



# Introducción

Los gerentes tratan siempre de reducir la incertidumbre e intentan hacer mejores estimaciones de lo que sucederá en el futuro.

- Lograr esto es el objetivo principal de la elaboración de los pronósticos.
- En muchas empresas (sobre todo las pequeñas), el proceso completo es subjetivo e incluye los métodos improvisados, la intuición y los años de experiencia.
- También hay varias técnicas cuantitativas, entre ellos:
  - Promedios móviles
  - Suavizamiento exponencial
  - Proyecciones de tendencias
  - Análisis de regresión por mínimos cuadrados.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Introducción

Ocho pasos para elaborar pronósticos:

1. Determinar el uso del pronóstico: ¿qué meta tratamos de alcanzar?
2. Seleccionar los artículos o las cantidades que se van a pronosticar.
3. Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico
4. Elegir el modelo o los modelos de pronósticos.
5. Reunir los datos o la información necesaria para realizar el pronóstico.
6. Validar el modelo del pronóstico.
7. Efectuar el pronóstico.
8. Implementar los resultados.



# Introducción

- ❑ Estos pasos indican de una manera sistemática cómo iniciar, diseñar e implementar un sistema de pronósticos.
- ❑ Cuando el sistema de pronósticos se usa para generar pronósticos periódicamente, los datos deben recolectarse por rutina, y los cálculos o procedimientos reales utilizados para hacer el pronóstico pueden hacerse de forma automática.
- ❑ Pocas veces existe un único método de pronósticos que sea superior.
  - Diferentes organizaciones pueden usar técnicas diferentes.
  - Cualquiera que sea la herramienta que funcione para una empresa, esa es la que debería usarse.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Modelos de pronósticos

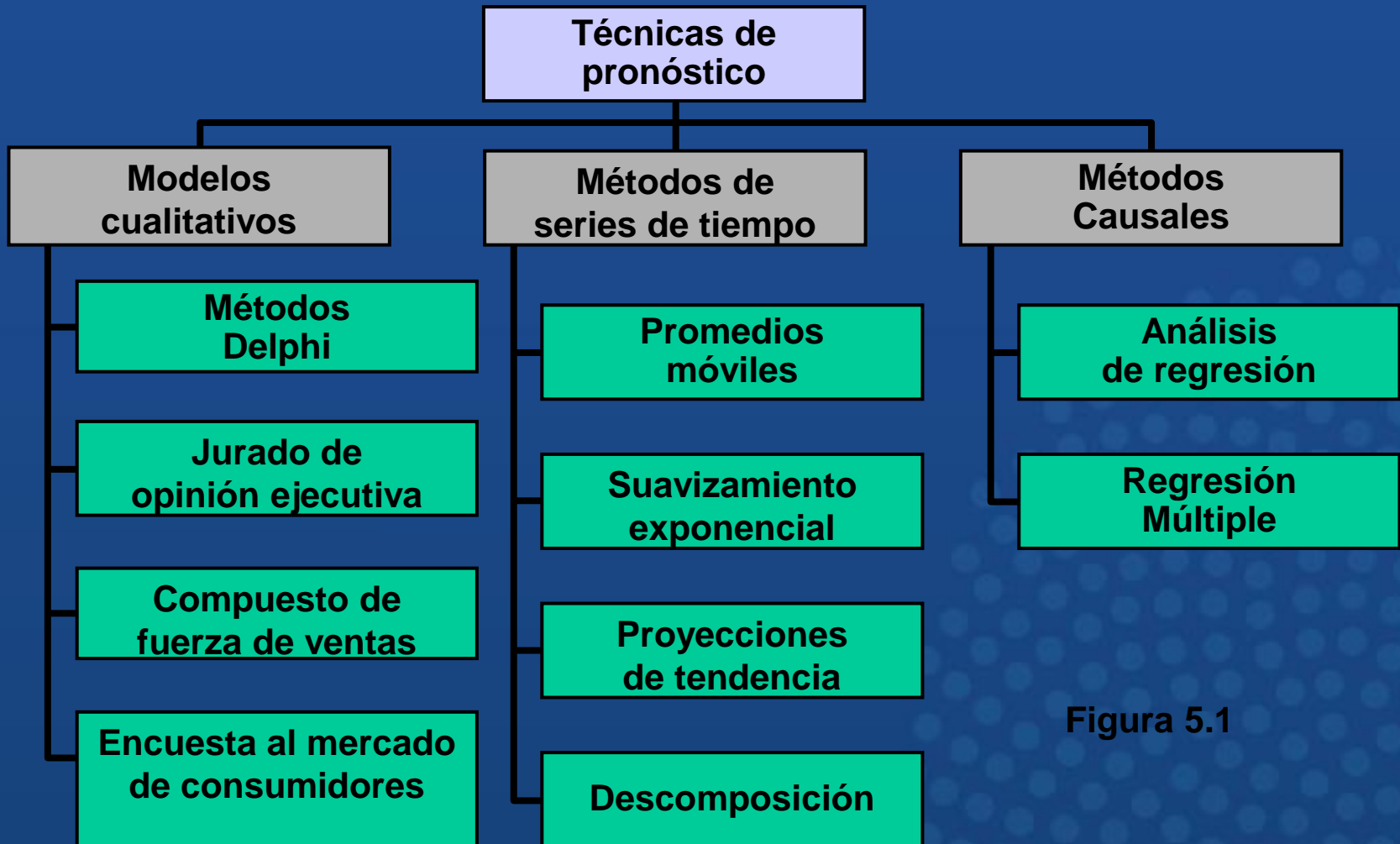


Figura 5.1





# Modelos cualitativos

- ❑ Los modelos cualitativos intentan incorporar factores subjetivos.
- ❑ Los modelos cualitativos son útiles sobre todo cuando se espera que los factores subjetivos sean muy importantes o cuando es difícil obtener datos cuantitativos precisos.
- ❑ Las técnicas cualitativas de pronósticos son:
  - Método Delphi
  - Jurado de opinión ejecutiva
  - Consulta a vendedores
  - Encuesta al mercado de consumidores





# Modelos cualitativos

- ❑ *Método Delphi* – Este proceso iterativo de grupo permite que expertos, quienes podrían encontrarse en diferentes lugares, hagan pronósticos; los *encuestados* brindan información a quienes *toman las decisiones*.
- ❑ *Jurado de opinión* – Este método toma las opiniones de un pequeño grupo de gerentes de alto nivel, con frecuencia en combinación con modelos estadísticos para el análisis.
- ❑ *Consulta a vendedores* – En este enfoque, cada persona de ventas estima las ventas en su región; tales datos después se combinan a niveles estatal y nacional.
- ❑ *Encuesta al mercado de consumidores* – Este método solicita información a los consumidores o clientes potenciales respecto a sus planes de compra futuros.



# Modelo de pronósticos de series de tiempo

- ❑ Los **modelos de pronósticos de series de tiempo** predicen valores futuros *tan solo* a partir de datos históricos de esa variable.
- ❑ Los modelos comunes de una series de tiempo son:
  - ❑ Promedios móviles
  - ❑ Suavizamiento exponencial
  - ❑ Proyecciones de tendencia
  - ❑ Descomposición
- ❑ El análisis de regresión se usa en las proyecciones de tendencia y en un tipo de modelo de descomposición.



# Modelos causales

- ❑ Los **modelos causales** incorporan las variables o factores que pueden influir en la cantidad que se pronostica.
- ❑ El objetivo es desarrollar un modelo con la mejor relación estadística entre la variable que pronosticamos, y el conjunto de variables independientes.
- ❑ El modelo causal cuantitativo más común es el análisis de regresión.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Diagrama de dispersión

**Wacker Distributors necesita pronosticar las ventas para tres productos diferentes (en la tabla ventas anuales en unidades):**

AÑO	TELEVISORES	RADIOS	REPRODUCTORES DE CD
1	250	300	110
2	250	310	100
3	250	320	120
4	250	330	140
5	250	340	170
6	250	350	150
7	250	360	160
8	250	370	190
9	250	380	200
10	250	390	190

Tabla 5.1



# Diagrama de dispersión para televisores

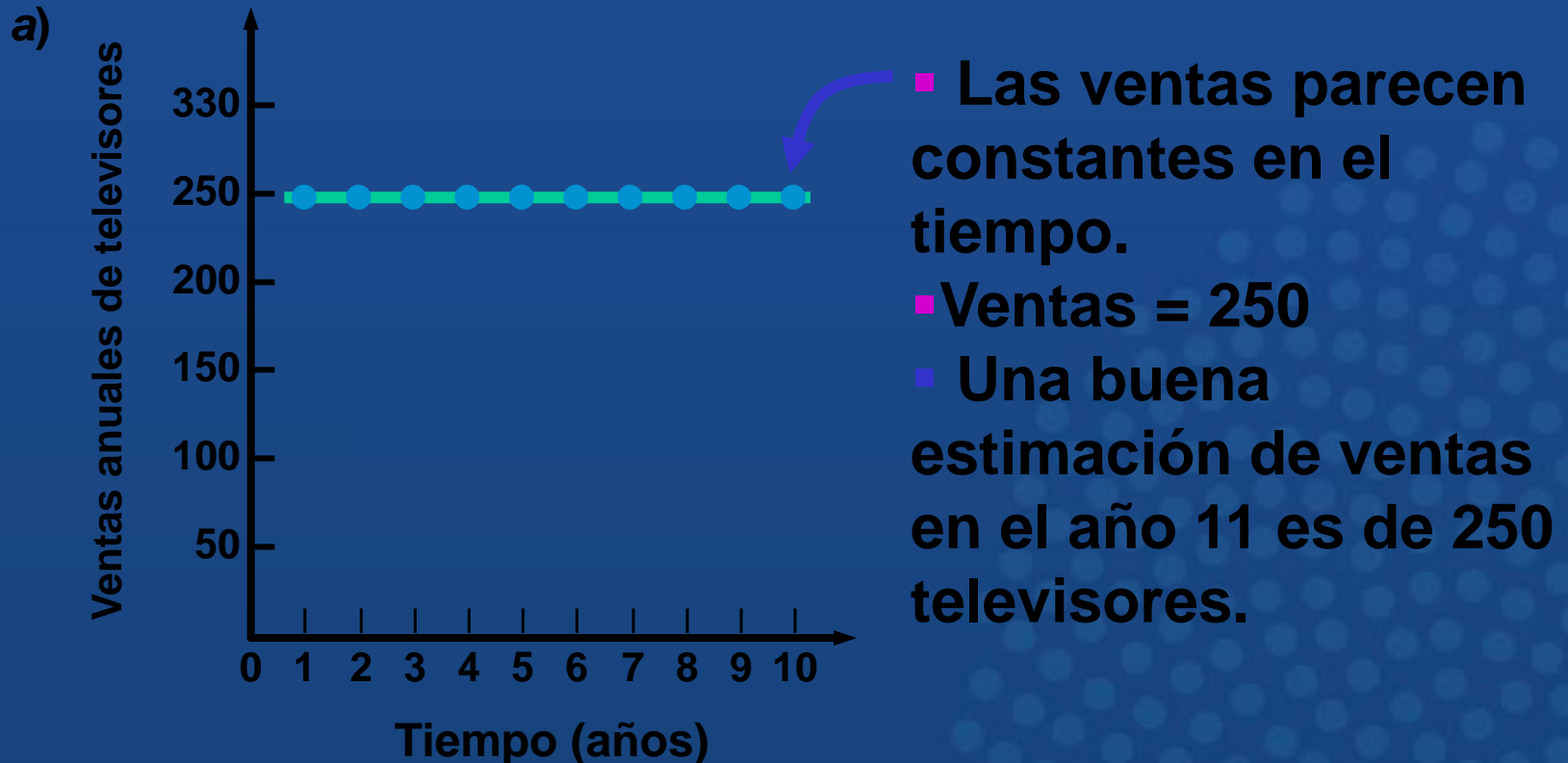


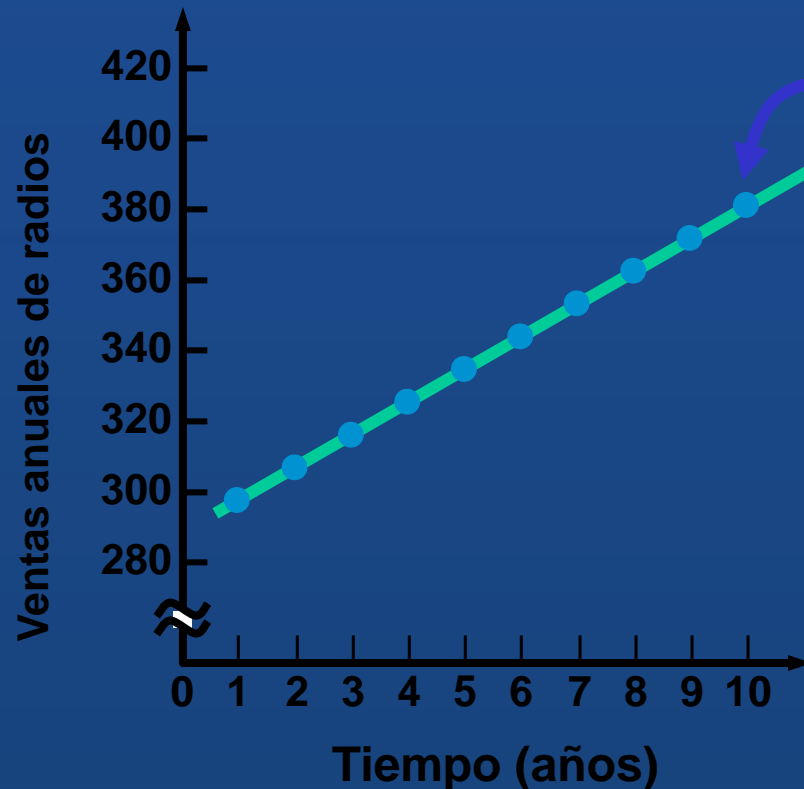
Figura 5.2a



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Diagrama de dispersión para radios

b)



■ Las ventas parecen aumentar a una tasa constante de 10 radios cada año.

$$\text{ventas} = 290 + 10(\text{años})$$

■ Una estimación razonable de ventas de radios en el año 11 es de 400.

Figura 5.2b



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Medidas de exactitud del pronóstico

Al comparar los valores pronosticados con los valores reales, se observa que tan bien funciona el modelo en comparación con otros.

**Error de pronóstico = Valor real – valor pronosticado**

- Una medida de exactitud es la **desviación media absoluta (DMA)**:

$$\text{DMA} = \frac{\sum |\text{error del pronóstico}|}{n}$$





UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Medidas de exactitud del pronóstico

Con un modelo de pronósticos sencillo calculamos la DMA:

AÑO	VENTAS REALES DE REPRODUCTORES DE CD	PRONÓSTICO DE VENTAS	VALOR ABSOLUTO DE LOS ERRORES (DESVIACIÓN) [REAL – PRONÓSTICO]
1	110	—	—
2	100	110	$ 100 - 110  = 10$
3	120	100	$ 120 - 110  = 20$
4	140	120	$ 140 - 120  = 20$
5	170	140	$ 170 - 140  = 30$
6	150	170	$ 150 - 170  = 20$
7	160	150	$ 160 - 150  = 10$
8	190	160	$ 190 - 160  = 30$
9	200	190	$ 200 - 190  = 10$
10	190	200	$ 190 - 200  = 10$
11	—	190	—
			Suma de  errores  = 160
			DMA = $160/9 = 17.8$

Tabla 5.2



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Medidas de exactitud del pronóstico

En ocasiones se emplean otras medidas de la exactitud al pronosticar.

El *error cuadrado medio* (ECM):

$$\text{ECM} = \frac{\sum (\text{error})^2}{n}$$

■ El *error medio absoluto porcentual* (EMAP):

$$\text{EMAP} = \frac{\sum \left| \frac{\text{error}}{\text{real}} \right|}{n} 100\%$$

■ Y el *sesgo* es el error promedio.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Modelos de pronósticos de series de tiempo

- Una serie de tiempo se basa en una secuencia de datos igualmente espaciados.
- Pronosticar con datos de series de tiempo implica que se predicen valores futuros tan solo a partir de datos históricos de esa variable, y que se ignoran otras.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Componentes de una serie de tiempo

Cuatro componentes comunes de una serie de tiempo:

- ❑ **Tendencia** ( $T$ ) es el movimiento gradual hacia arriba o hacia abajo de los datos en el tiempo.
- ❑ **Estacionalidad** ( $S$ ) es el patrón de la fluctuación de la demanda arriba o abajo de la recta de tendencia, que se repite a intervalos regulares.
- ❑ **Ciclos** ( $C$ ) son patrones en los datos anuales que ocurren cada cierto número de años.
- ❑ **Variaciones aleatorias** ( $R$ ) son “saltos” en los datos ocasionados por el azar y por situaciones inusuales; no siguen un patrón discernible.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Descomposición de una serie de tiempo

Demanda de productos graficada para 4 años, con  
tendencia y estacionalidad.

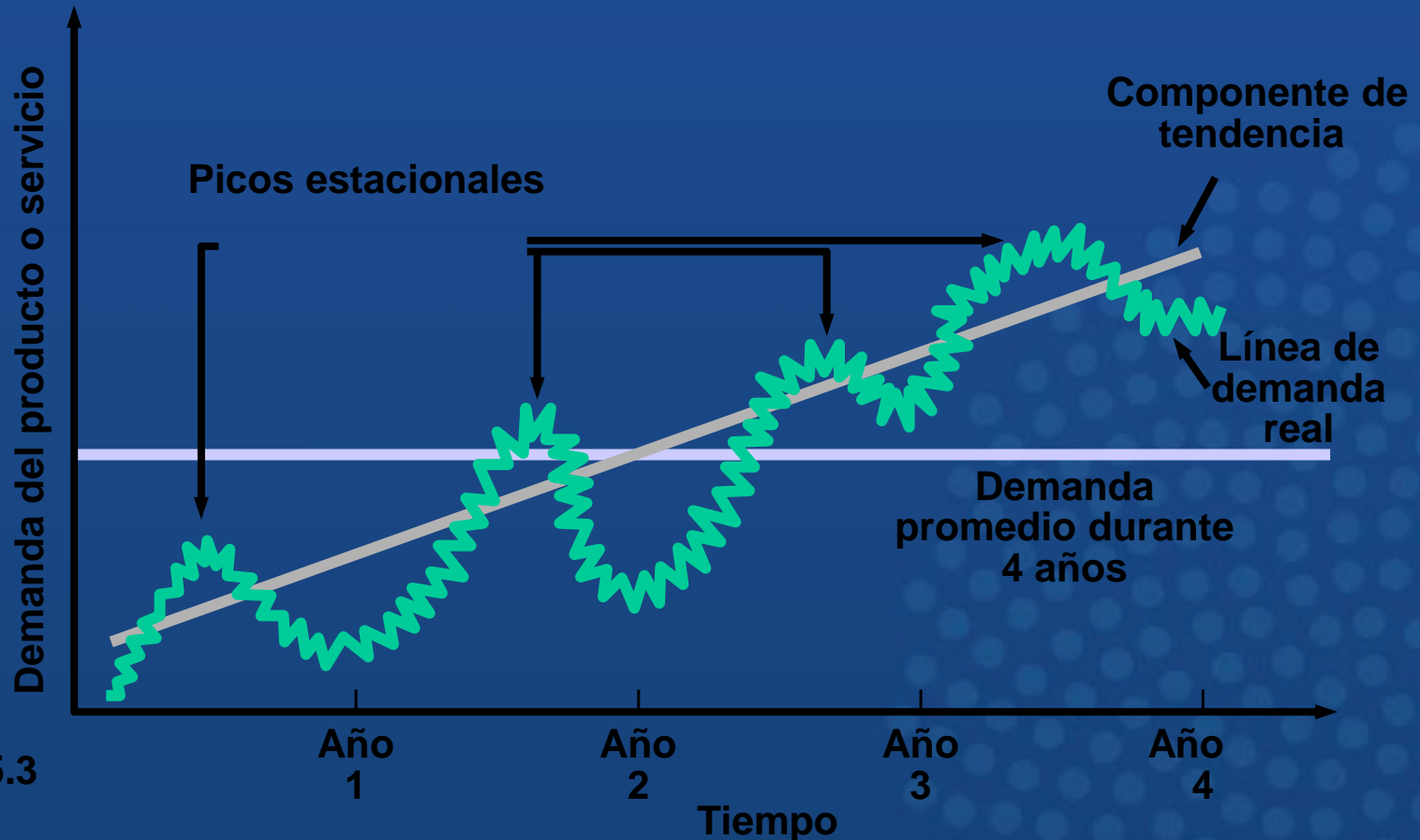


Figura 5.3



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Descomposición de una serie de tiempo

Existen dos formas generales de los modelos de series de tiempo :

➤ **Modelo multiplicativo:**

$$\text{Demanda} = T \times S \times C \times R$$

➤ **Modelo aditivo:**

$$\text{Demanda} = T + S + C + R$$

- Hay otros modelos que pueden ser una combinación de estos.
- Con frecuencia, quienes realizan pronósticos suponen que los errores se distribuyen normalmente con una media de cero.



# Promedios móviles

- Los **promedios móviles** son útiles si suponemos que las demandas del mercado permanecerán bastante estables en el tiempo.
- Un pronóstico de promedio móvil de *n* periodos, *que sirve como estimación de la demanda del siguiente periodo*.
- Esto tiende a suavizar las irregularidades del corto plazo en la serie de datos.

$$\text{Pronóstico de promedio móvil} = \frac{\text{suma de demandas de } n \text{ periodos anteriores}}{n}$$





UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Promedios móviles

## ■ Matemáticamente:

$$F_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-n+1}}{n}$$

Donde:

$F_{t+1}$  = pronóstico para el periodo  $t + 1$

$Y_t$  = valor real en el periodo  $t$

$n$  = número de periodos para promediar



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Suministros de Wallace Garden

- Suministros Wallace Garden quiere pronosticar la demanda para sus naves de almacenamiento.
- Se han recabado datos del año pasado.
- Están utilizando un promedio móvil de tres meses para pronosticar la demanda ( $n = 3$ ).



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Suministros de Wallace Garden

MES	VENTAS REALES DE NAVES DE ALMACENAMIENTO	PROMEDIO MOVIL DE 3 MESES
Enero	10	
Febrero	12	
Marzo	13	
Abril	16	$(10 + 12 + 13)/3 = 11.67$
Mayo	19	$(12 + 13 + 16)/3 = 13.67$
Junio	23	$(13 + 16 + 19)/3 = 16.00$
Julio	26	$(16 + 19 + 23)/3 = 19.33$
Agosto	30	$(19 + 23 + 26)/3 = 22.67$
Septiembre	28	$(23 + 26 + 30)/3 = 26.33$
Octubre	18	$(26 + 30 + 28)/3 = 28.00$
Noviembre	16	$(30 + 28 + 18)/3 = 25.33$
Diciembre	14	$(28 + 18 + 16)/3 = 20.67$
Enero	—	$(18 + 16 + 14)/3 = 16.00$

Tabla 5.3



# Promedio móvil ponderado

- El **promedio móvil ponderado** permite asignar diferentes pesos a las observaciones previas.
- Se suele utilizar cuando surge una tendencia u otro patrón.

$$F_{t+1} = \frac{\sum (\text{peso del periodo } i)(\text{valor real del periodo})}{\sum (\text{peso})}$$

- Matemáticamente:

$$F_{t+1} = \frac{w_1 Y_t + w_2 Y_{t-1} + \dots + w_n Y_{t-n+1}}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

donde

$w_i$  = peso para la  $i^{\text{ésima}}$  observación



# Suministros de Wallace Garden

- Wallace Garden decide usar un modelo de promedio móvil ponderado para pronosticar la demanda para su nave de almacenamiento.
- Lo cual se implementa como sigue:

PESOS APLICADOS	PERIODO
3	Último mes
2	Hace 2 meses
1	Hace 3 meses
$3 \times \text{venta del mes pasado} + 2 \times \text{ventas de hace 2 meses} + 1 \times \text{venta de hace 3 meses}$	
6	Suma de los pesos



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Suministros de Wallace Garden

VENTAS REALES DE NAVES DE ALMACENAMIENTO			PROMEDIO MÓVIL DE 3 MESES
MES			
Enero	10		
Febrero	12		
Marzo	13		
Abril	16		$[(3 \times 13) + (2 \times 12) + (10)]/6 = 12.17$
Mayo	19		$[(3 \times 16) + (2 \times 13) + (12)]/6 = 14.33$
Junio	23		$[(3 \times 19) + (2 \times 16) + (13)]/6 = 17.00$
Julio	26		$[(3 \times 23) + (2 \times 19) + (16)]/6 = 20.50$
Agosto	30		$[(3 \times 26) + (2 \times 23) + (19)]/6 = 23.83$
Septiembre	28		$[(3 \times 30) + (2 \times 26) + (23)]/6 = 27.50$
Octubre	18		$[(3 \times 28) + (2 \times 30) + (26)]/6 = 28.33$
Noviembre	16		$[(3 \times 18) + (2 \times 28) + (30)]/6 = 23.33$
Diciembre	14		$[(3 \times 16) + (2 \times 18) + (28)]/6 = 18.67$
Enero	—		$[(3 \times 14) + (2 \times 16) + (18)]/6 = 15.33$

Tabla 5.4





# Suministros de Wallace Garden

## Selección del módulo de pronósticos en Excel QM

The screenshot shows the Excel QM software interface. The 'Add-Ins' tab is selected in the top ribbon. The 'Excel QM' dropdown menu is open, showing a list of modules. The 'Forecasting' module is highlighted. A secondary menu is open for 'Forecasting', showing various forecasting methods. A mouse cursor is pointing at 'Weighted Moving Average'.

Desde la pestaña *Add-Ins* seleccione *Excel QM*.

Coloque el cursor en *Forecasting*.

Elija el método que aparece a la derecha





UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Suministros de Wallace Garden

## Ventana de inicio para el promedio móvil ponderado

Spreadsheet Initialization

Ingrese el título.

Ingrese el número de observaciones pasadas.

Title: Wallace Garden Supply

Sheet name:

Number of (past) periods of data 12

Name for period Period  
(Use A for A, B, C ... or a for a, b, c ...)

Options

☐ Tracking Signal

☒ Graph

Number of periods to average 3

Ingrese el número de periodos para el promedio.

Puede elegir ver una gráfica de los datos.

Haga clic en OK.

Use Default Settings

Help Cancel OK



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Suministros de Wallace Garden

Promedio móvil ponderado en Excel QM para Wallace Garden.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Wallace Garde	Ingrese las observaciones pasadas.							
2									
3	Forecasting	Weighted moving averages - 3 period moving average							
Los nombres de los periodos se pueden cambiar.		d area, up to bo			Se muestran pronósticos pasados, errores y medidas de exactitud.				
4	Period	Demand	Weights	Forecasts and Error Analysis					
5	January	10	1	Forecast	Error	Absolute	Squared	Abs Pct Err	
6	February	12	2						
7	March	13	3						
8	April	16		12.1667	3.8333	3.8333	14.6944	23.96%	
9	May	18		14.3333	4.6667	4.6667	21.7778	24.56%	
10	June			17	6	6	36	26.09%	
11	July			15	5.5	5.5	30.25	21.15%	
12	August			13	6.1667	6.1667	38.0278	20.56%	
13	September			15	0.5	0.5	0.25	01.79%	
14	October	18		28.3333	-10.3333	10.3333	106.7778	57.41%	
15	November	16		23.3333	-7.3333	7.3333	53.7778	45.83%	
16	December	14		18.6667	-4.6667	4.6667	21.7778	33.33%	
17				Total	4.3333	49.0000	323.3333	254.68%	
18				Average	0.4815	5.4444	35.9259	28.30%	
19					Bias	MAD	MSE	MAPE	
20						SE	6.79636		
21	Next period	15.3333333							



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Suavizamiento exponencial

El *suavizamiento exponencial* es un tipo de promedio móvil de uso sencillo y que necesita llevar algún registro de datos pasados.

**Nuevo pronóstico = pronóstico del último periodo  
+  $\alpha$  (demanda real del último periodo  
– pronóstico del último periodo)**

donde  $\alpha$  es un peso (o *constante de suavizamiento*)  
donde  $0 \leq \alpha \leq 1$ .



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Suavizamiento exponencial

Matemáticamente:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t)$$

donde:

$F_{t+1}$  = nuevo pronóstico (para el periodo  $t + 1$ )

$F_t$  = pronóstico previo (para el periodo  $t$ )

$\alpha$  = constante de suavizamiento ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$Y_t$  = demanda real para el periodo anterior

El concepto no es complejo: la última estimación es igual a la estimación previa más una fracción del error del último periodo.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Ejemplo de suavizamiento exponencial

- En enero, un distribuidor predijo una demanda de 142 automóviles de cierto modelo para febrero.
- La demanda real en febrero fue de 153 autos.
- Utilizando una constante de suavizamiento  $\alpha = 0.20$ , podemos pronosticar la demanda para marzo.

**Pronóstico nuevo (para demanda de marzo) =  $142 + 0.2(153 - 142)$   
= 144.2 o 144 autos**

- Si la demanda real en marzo fue de 136 autos, el pronóstico para abril sería el siguiente:

**Pronóstico nuevo (para demanda de abril) =  $144.2 + 0.2(136 - 144.2)$   
= 142.6 o 143 autos**





# Selección de la constante de suavizamiento

- Seleccionar el valor adecuado para  $\alpha$  es clave para obtener un buen pronóstico.
- El propósito es obtener el pronóstico más exacto.
- El enfoque general consiste en desarrollar pronósticos de prueba con diferentes valores de  $\alpha$  y seleccionar la que resulta en la menor DMA.



# Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia

- ❑ Como todas las técnicas de promedio, el suavización exponencial no responde a las tendencias.
- ❑ Un modelo más complejo puede utilizarse para el ajuste de las tendencias.
- ❑ El enfoque básico es desarrollar un pronóstico de suavización exponencial y, luego, ajustarlo a la tendencia.

**Pronóstico con tendencia ( $FIT_{t+1}$ ) = pronóstico suavizamiento( $F_{t+1}$ )  
+ tendencia suavizada ( $T_{t+1}$ )**





UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia

- ❑ La ecuación para la tendencia de corrección utiliza una nueva constante de suavizamiento  $\beta$ .
- ❑  $T_t$  debe estimarse.  $T_{t+1}$  se calcula con la ecuación:

$$T_{t+1} = (1 - \beta)T_t + \beta(F_{t+1} - FIT_t)$$

donde

$T_t$  = tendencia suavizada para el periodo  $t$

$F_t$  = pronóstico suavizamiento para el periodo  $t$

$FIT_t$  = pronóstico incluyendo tendencia para el periodo  $t$

$\alpha$  = constante de suavizamiento para el pronóstico

$\beta$  = constante de suavizamiento para la tendencia



# Selección de una constante de suavizamiento

- Al igual que con el suavizamiento exponencial, un valor grande de  $\beta$  hace que el pronóstico sea más susceptible ante los cambios en la tendencia.
- Un valor pequeño de  $\beta$  da menos peso a la tendencia reciente y suele alisar la tendencia.
- A menudo, los valores se eligen usando un enfoque de ensayo y error con base en el valor de la *DMA* para distintos valores de  $\beta$ .



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Proyecciones de tendencia

- La proyección de tendencia ajusta una recta de tendencia a una serie de datos históricos.
- Proyecta la línea al futuro para obtener pronósticos a mediano y largo plazos.
- Existen varias ecuaciones de tendencia que se pueden desarrollar con los modelos exponencial y cuadrático.
- La más sencilla es un modelo lineal desarrollado mediante análisis de regresión.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Proyecciones de tendencia

La forma matemática es

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X$$

Donde

$\hat{Y}$  = valor predicho

$b_0$  = intersección

$b_1$  = pendiente de la recta

$X$  = periodo (es decir,  $X = 1, 2, 3, \dots, n$ )



# Variaciones estacionales

- ❑ Algunas veces las variaciones recurrentes en ciertas estaciones del año hacen necesario un ajuste *estacional* en el pronóstico de la recta de tendencia.
- ❑ Un índice estacional indica la comparación de una estación dada y una estación promedio.
- ❑ Cuando no hay una tendencia, el índice se determina dividiendo el valor promedio para una estación específica entre el promedio de todos los datos.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Variaciones estacionales con tendencia

- Cuando los dos componentes de tendencia y estacionales están presentes, la tarea de predicción es más compleja.
- Los índices estacionales deberían calcularse utilizando un enfoque de **promedio móvil centrado** (PMC).
- Pasos para determinar los índices estacionales basados en los PMC:
  1. Calcular el PMC para cada observación (cuando sea posible).
  2. Calcular la razón estacional = observación/PMC para esa observación.
  3. Promediar las razones estacionales para obtener los índices estacionales.
  4. Si los índices estacionales no suman el número de estaciones, multiplicar cada índice por (número de estaciones)/(suma de índices).





UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Método de descomposición del pronóstico con componentes de tendencia y estacional

- ❑ Descomposición es el proceso de aislar los factores de tendencia lineal y estacional para desarrollar pronósticos más exactos.
- ❑ Hay cinco pasos para desarrollar un pronóstico con el método de descomposición:
  1. Calcular los índices estacionales usando los PMC.
  2. Eliminar la estacionalidad de los datos dividiendo cada número entre su índice estacional.
  3. Encontrar la ecuación de la recta de tendencia empleando los datos sin estacionalidad.
  4. Pronosticar para periodos futuros con la recta de tendencia.
  5. Multiplicar el pronóstico de la recta de tendencia por el índice estacional adecuado.





UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Uso de regresión con componentes de tendencia y estacional

- ❑ La regresión múltiple para pronosticar cuando las componentes de tendencia y estacional están presentes en una serie de tiempo.
  - Una variable independiente es el tiempo.
  - Otras variables independientes son variables artificiales para indicar la estación.
- ❑ El modelo básico es un modelo de descomposición aditivo y se expresa como:

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

**Donde**

**$X_1$  = periodo de tiempo**

**$X_2$  = 1 si es el trimestre 2, 0 o de otra manera**

**$X_3$  = 1 si es el trimestre 3, 0 o de otra manera**

**$X_4$  = 1 si es el trimestre 4, 0 o de otra manera**



# Monitoreo y control de los pronósticos

- La *señal de rastreo* se pueden utilizar para supervisar el rendimiento de un pronóstico.
- La señal de rastreo se calcula como la *suma corriente de los errores de pronóstico* (SCEP) dividida entre la desviación media absoluta:

$$\text{Señal de rastreo} = \frac{\text{SCEP}}{\text{DMA}}$$

Donde

$$\text{DMA} = \frac{\sum |\text{error del pronóstico}|}{n}$$



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Monitoreo y control de los pronósticos

- Las señales de rastreo positivas indican que la demanda es mayor que el pronóstico.
- Las señales negativas significan que la demanda es menor que el pronóstico.
- Una buena señal de rastreo tiene tantos errores positivos como negativos.
- Los problemas surgen cuando la señal llega más arriba o más abajo que los límites preestablecidos.
- Esto indica que ha habido una cantidad inaceptable de variación.
- Los límites deberían ser razonables y pueden variar de un artículo a otro.



# Kimball's Bakery

Las ventas trimestrales de *croissants* (en miles):

PERIO- DO	PRONÓSTICO DE DEMANDA	DEMANDA REAL	ERROR	SCEP	ERROR DEL PRONÓSTICO	ERROR ACUMULADO	DMA	SEÑAL DE RASTREO
1	100	90	-10	-10	10	10	10.0	-1
2	100	95	-5	-15	5	15	7.5	-2
3	100	115	+15	0	15	30	10.0	0
4	110	100	-10	-10	10	40	10.0	-1
5	110	125	+15	+5	15	55	11.0	+0.5
6	110	140	+30	+35	30	85	14.2	+2.5

$$\text{DMA} = \frac{\sum |\text{error de pronóstico}|}{n} = \frac{85}{6}$$
$$= 14.2$$

$$\text{Señal de rastreo} = \frac{\text{SCEP}}{\text{DMA}} = \frac{35}{14.2}$$
$$= 2.5 \text{ DMA}$$



# Suavizamiento adaptable

- El *suavizamiento adaptable* es la supervisión por computadora de las señales de rastreo y auto-ajuste, cuando el límite se dispara.
- En el suavizamiento exponencial, los coeficientes  $\alpha$  y  $\beta$  se ajustan cuando la computadora detecta una señal de rastreo errante.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



¿Preguntas o comentarios?



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

# Muchas gracias!