



PARAGUAYO  
ALEMANA

## Módulo: Administración de Producción, Operaciones y Logística I

# Pronósticos

# BIBLIOGRAFÍA

PARAGUAYO  
ALEMANA

## Libro de texto

- **Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management** (Pearson) 12th Edition by Jay Heizer, Barry Render and Chuck Munson (2017)
  - **Capítulo 4: Pronósticos. (Pág. 144 - 197)**

# PRONÓSTICOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

## Objetivos de aprendizaje:

Al terminar este capítulo, ustedes serán capaces de:

1. Entender los tres horizontes de tiempo y cuáles modelos se aplican a cada uno.
2. Entender cuándo debe usarse cada uno de los cuatro modelos cualitativos.
3. Aplicar el método intuitivo, promedios móviles, suavizamiento exponencial y análisis de tendencias.
4. Calcular tres medidas de la exactitud del pronóstico.
5. Realizar un análisis de regresión y correlación.



# LOS PRONÓSTICOS PROPORCIONAN UNA VENTAJA COMPETITIVA PARA DISNEY

- La cartera global incluye parques en Shanghai, Hong Kong, París, Tokio, Orlando y Anaheim
- Los ingresos provienen de personas: cuántos visitantes y cómo gastan su dinero
- El informe de gestión diaria contiene solo el pronóstico y la asistencia real en cada parque
- Disney genera pronósticos diarios, semanales, mensuales, anuales y de 5 años
- Pronóstico utilizado por la administración laboral, el mantenimiento, las operaciones, las finanzas y la programación de parques
- Pronóstico utilizado para ajustar los horarios de apertura, paseos, espectáculos, niveles de personal e invitados admitidos



# LOS PRONÓSTICOS PROPORCIONAN UNA VENTAJA COMPETITIVA PARA DISNEY

- 20% de los clientes provienen de fuera de los EE. UU.
- El modelo económico incluye el producto interno bruto, tipos de cambio cruzados, llegadas a los Estados Unidos
- Un equipo de 35 analistas y 70 personas de campo encuesta a 1 millón de visitantes, empleados y profesionales de viajes del parque cada año.
- Los aportes al modelo de pronóstico incluyen especiales de aerolíneas, políticas de la Reserva Federal, tendencias de Wall Street, horarios de vacaciones, vacaciones para 3.000 distritos escolares de todo el mundo
- El error promedio de pronóstico para el pronóstico a 5 años es del 5%
- El error de pronóstico promedio para pronósticos anuales es entre 0% y 3%

# ¿QUÉ ES PRONOSTICAR?

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros.
- Puede implicar el empleo de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático.
  - Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva; o puede ser una combinación de éstas. Es decir, un modelo matemático ajustado mediante el buen juicio del administrador.
- La planeación efectiva a corto y largo plazos depende del pronóstico de la demanda para los productos de la compañía.



# HORIZONTES DEL TIEMPO DEL PRONÓSTICO

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Por lo general, un pronóstico se clasifica por el horizonte de tiempo futuro que cubre.
- El horizonte de tiempo se clasifica en tres categorías:
  1. **Pronóstico a corto plazo:** Este pronóstico tiene una extensión de tiempo de hasta 1 año, pero casi siempre es menor a 3 meses.
    - Se usa para planear las compras, programar el trabajo, determinar niveles de mano de obra, asignar el trabajo, y decidir los niveles de producción.





# HORIZONTES DEL TIEMPO DEL PRONÓSTICO

PARAGUAYO  
ALEMANA

2. **Pronóstico a mediano plazo:** Por lo general, un pronóstico a mediano plazo, o a plazo intermedio, tiene una extensión de entre 3 meses y 3 años.
  - Se utiliza para planear las ventas, la producción, el presupuesto y el flujo de efectivo, así como para analizar diferentes planes operativos.
3. **Pronóstico a largo plazo:** Casi siempre su extensión es de 3 años o más.
  - Los pronósticos a largo plazo se emplean para planear la fabricación de nuevos productos, gastos de capital, ubicación o expansión de las instalaciones, y para investigación y desarrollo.



# PRONÓSTICOS

## LARGO Y MEDIANO PLAZO VS CORTO PLAZO

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Los pronósticos a mediano y largo plazo manejan aspectos más generales y apoyan decisiones administrativas relativas a la planeación y los productos, plantas y procesos.
- Los pronósticos a corto plazo usualmente emplean metodologías diferentes que el pronóstico a largo plazo.
  - *Promedios móviles, suavización exponencial y extrapolación de tendencias.*
- Los pronósticos a corto plazo tienden a ser más precisos que los de largo plazo.



# LA INFLUENCIA DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Otro factor que debe considerarse cuando se desarrollan pronósticos de ventas, en especial los largos, es el ciclo de vida del producto.
- Los productos, e incluso los servicios, no se venden a un nivel constante a lo largo de su vida.
- Los productos más exitosos pasan por cuatro etapas:
  - *Introducción*
  - *Crecimiento*
  - *Madurez*
  - *Declinación*

Los productos situados en las primeras dos etapas de su ciclo de vida necesitan pronósticos más largos que aquellos ubicados en las etapas de madurez y declinación.



# LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PRONÓSTICO

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Los buenos pronósticos son de crucial importancia para todos los aspectos del negocio:
  - *El pronóstico es la única estimación de la demanda hasta que se conoce la demanda real.*
- Por lo tanto, los pronósticos de la demanda guían las decisiones en muchas áreas.
- Algunas de las áreas de actividades en las que se verá el efecto del pronóstico son:
  - *Recursos humanos*
  - *Capacidad*
  - *Administración de la cadena de suministro*



# Siete pasos en el sistema de pronóstico

El pronóstico sigue siete pasos básicos. Usaremos a Disney World, el objeto de estudio del *Perfil global de una compañía* en este capítulo, como ejemplo de cada paso.

1. *Determinar el uso del pronóstico:* Disney usa los pronósticos de la asistencia al parque para dirigir el personal, las horas de entrada, la disponibilidad de los juegos y los suministros de comida.
2. *Seleccionar los aspectos que se deben pronosticar:* para Disney World hay seis parques principales. La cifra primordial que determina la mano de obra, el mantenimiento y la programación es la asistencia diaria.
3. *Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico:* ¿es a corto, mediano o largo plazos? Disney desarrolla pronósticos diarios, semanales, mensuales, anuales y para cinco años.
4. *Seleccionar los modelos de pronóstico:* Disney usa una variedad de modelos estadísticos que se analizarán, incluyendo promedios móviles, suavización exponencial y análisis de regresión. También emplea modelos de juicio, o no cuantitativos.
5. *Recopilar los datos necesarios para elaborar el pronóstico:* el equipo de pronósticos de Disney emplea a 35 analistas y 70 trabajadores de campo para encuestar a 1 millón de personas y negocios cada año. También utiliza una compañía llamada Global Insights para elaborar los pronósticos de la industria de los viajes y recopilar datos sobre las tasas de cambio, llegadas a Estados Unidos, ofertas de aerolíneas, tendencias en Wall Street y programas vacacionales en las escuelas.
6. *Realizar el pronóstico.*
7. *Validar e implementar los resultados:* en Disney, los pronósticos se revisan diariamente a los niveles más altos para asegurar la validez del modelo, de los supuestos y de los datos. Se aplican las medidas de error, y después se usan los pronósticos en la programación del personal a intervalos de 15 minutos.





# ENFOQUES DE PRONÓSTICOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Hay dos enfoques generales para pronosticar, de la misma forma que existen dos maneras de abordar todos los modelos de decisión: el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo.
  - Los **pronósticos cuantitativos** utilizan una variedad de modelos matemáticos que se apoyan en datos históricos y/o en variables causales para pronosticar la demanda.
  - Los **pronósticos cualitativos o subjetivos** incorporan factores como la intuición, las emociones, las experiencias personales y el sistema de valores de quien toma las decisiones para llegar a un pronóstico.
- Algunas empresas emplean un enfoque o el otro, pero en la práctica la combinación de ambos resulta más efectiva en la mayoría de los casos.



# PANORAMA DE LOS MÉTODOS CUALITATIVOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

- **Jurado de opinión ejecutiva:** Técnica de pronósticos que toma en cuenta la opinión de un pequeño grupo de administradores de alto nivel para obtener una estimación grupal de la demanda.
- **Método Delphi:** Técnica de pronósticos que emplea un proceso grupal con el fin de que los expertos puedan hacer pronósticos.
- **Composición de la fuerza de ventas:** Técnica de pronóstico basada en las estimaciones de las ventas esperadas por parte de los vendedores.
- **Encuesta en el mercado de consumo:** Método de pronóstico que solicita información a los clientes o posibles consumidores en relación con sus planes de compra futuros.



# PRONÓSTICOS CUANTITATIVOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Los pronósticos cuantitativos emplean datos históricos.
- Los métodos caen en dos categorías:
  - **Series de tiempo:** Técnica de pronóstico que usa una serie de datos puntuales del pasado para realizar un pronóstico.
    - Enfoque intuitivo, Promedios móviles y suavización exponencial.
  - **Modelo asociativo:** Regresión lineal



# PRONÓSTICOS SERIES DE TIEMPO

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Una serie de tiempo se basa en una secuencia de datos puntuales igualmente espaciados (semanales, mensuales, trimestrales, etc.).
  - Los ejemplos incluyen las ventas semanales de zapatos Crocs, los informes de ingresos trimestrales en Microsoft, los embarques diarios de cerveza Budweiser y los índices anuales de precios al consumidor.
- Los datos para pronósticos de series de tiempo implican que los valores futuros se predicen solamente a partir de los valores pasados y que se pueden ignorar otras variables, sin importar qué tan potencialmente valiosas sean.



# DESCOMPOSICIÓN DE UNA SERIE DE TIEMPO

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Analizar una serie de tiempo significa desglosar los datos históricos en componentes y después proyectarlos al futuro.
- Una serie de tiempo tiene cuatro componentes:
  1. La **tendencia** es el movimiento gradual, hacia arriba o hacia abajo, de los datos en el tiempo.
  2. La **estacionalidad** es un patrón de datos que se repite después de un periodo de días, semanas, meses o trimestres.
  3. Los **ciclos** son patrones, detectados en los datos, que ocurren cada cierta cantidad de años.
  4. Las **variaciones aleatorias** son “señales” generadas en los datos por casualidad o por situaciones inusuales.



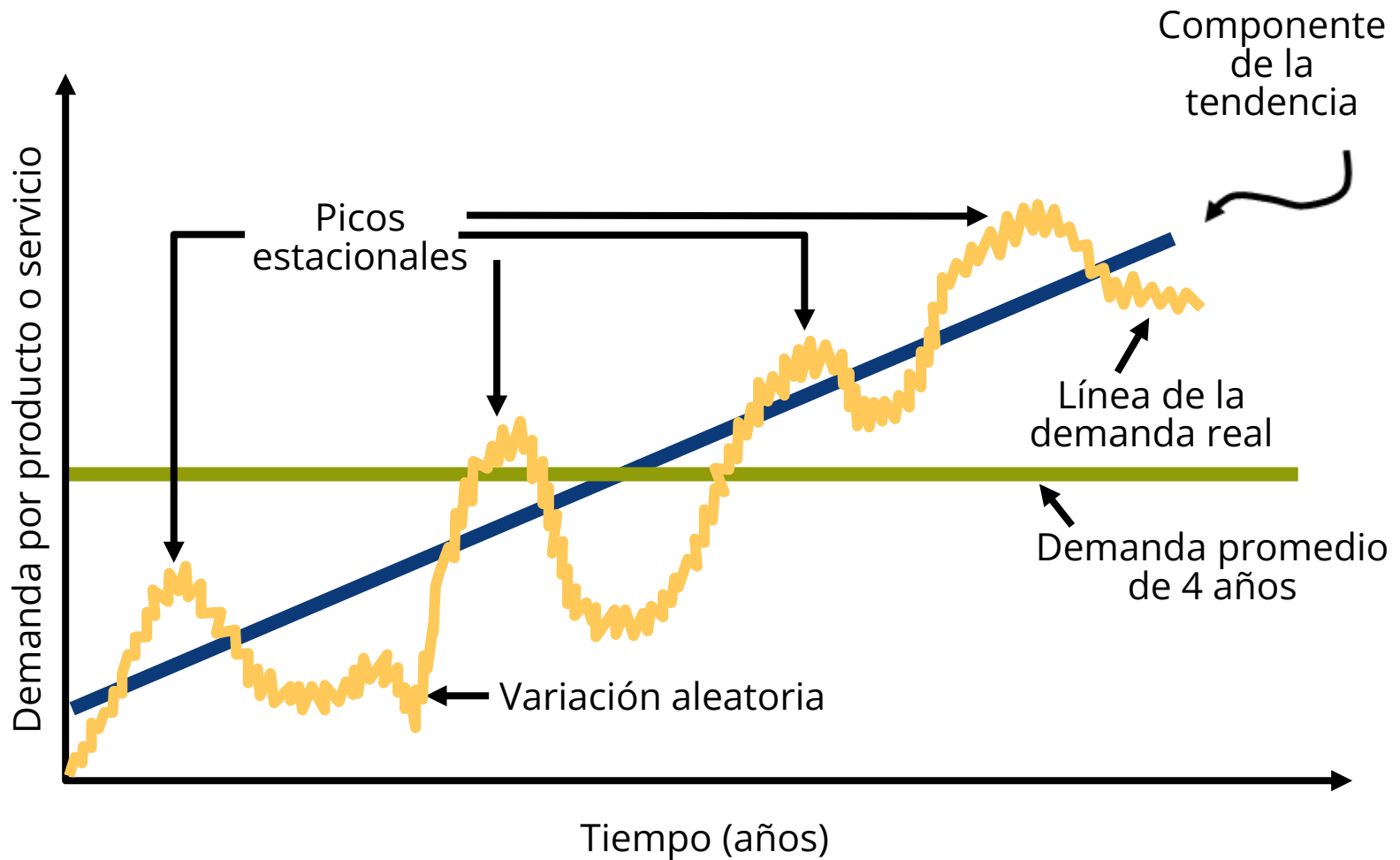


# SEIS PATRONES COMUNES DE ESTACIONALIDAD

PARAGUAYO  
ALEMANA

Periodo del patrón	Longitud de la "Estación"	Número de patrones en la "Estación"
Semana	Día	7
Mes	Semana	4 – 4,5
Mes	Día	28 – 31
Año	Trimestre	4
Año	Mes	12
Año	Semana	52





**Gráfica de la demanda de un producto durante cuatro años, la cual indica una tendencia creciente y una estacionalidad**



## AO en acción

### Pronósticos en Olive Garden y Red Lobster

Es viernes por la noche en el pueblo universitario de Gainesville, Florida, y el restaurante local Olive Garden está a su máxima capacidad. Los clientes deben esperar un promedio de 30 minutos por una mesa, entre tanto pueden probar vinos y quesos nuevos, y admirar pinturas con escenas de pueblos al estilo de la Toscana en las paredes del restaurante. Después sigue la cena con porciones tan grandes que muchas personas piden una parte para llevar a casa. La cuenta típica: menos de 15 dólares por persona.

Grandes cantidades de personas acuden a la cadena de restaurantes de Darden: Olive Garden, Red Lobster, Season 52 y Bahama Breeze en busca de valor y consistencia (y las encuentran).

Cada noche, las computadoras de Darden realizan pronósticos que les dicen a los administradores del almacén qué demanda anticipar para el día siguiente. El software genera un pronóstico completo de comidas y entradas que se convierten en elementos específicos del menú. Por ejemplo, el sistema le dice a un administrador que si se servirán 625 comidas el día siguiente, "servirás estos platillos en estas cantidades. Entonces, antes de irte a casa, saca 25 libras de camarones y 30 libras de cangrejo, y dile a los empleados encargados de las operaciones que preparen 42 paquetes de porciones de pollo, 75 platos de camarones, 8 pescados rellenos, etcétera". Con frecuencia, los administradores pueden conocer con certeza las cantidades según las condiciones locales, como el clima o una convención, pero además saben lo que sus clientes van a ordenar.



Con base en la historia de la demanda, el sistema de pronósticos ha ayudado a ahorrar millones de dólares en desperdicios. El pronóstico también reduce los costos de mano de obra al proporcionar la información necesaria para mejorar la programación. Los costos de mano de obra disminuyeron casi en un porcentaje total el primer año, traduciéndose en millones adicionales de ahorro para la cadena Darden. En el negocio de los restaurantes con bajo margen de utilidad, cada dólar cuenta.

*Fuente:* Entrevistas con ejecutivos de Darden.

# ENFOQUE INTUITIVO

PARAGUAYO  
ALEMANA

- La forma más simple de pronosticar es suponer que la demanda del siguiente periodo será igual a la demanda del periodo más reciente.
  - *En otras palabras, si las ventas de un producto —digamos, teléfonos celulares iPhone— fueron de 568 unidades en enero, podemos pronosticar que en febrero las ventas también serán de 568 teléfonos.*
  - *¿Tiene esto algún sentido?*
- Resulta que para algunas líneas de productos, este enfoque intuitivo es el modelo de pronóstico más efectivo en costos y más eficiente con respecto al objetivo.
- Al menos ofrece un punto de partida contra el cual comparar otros modelos más sofisticados que se utilicen después.



# PROMEDIOS MÓVILES

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Método de pronósticos que utiliza un promedio de los  $n$  periodos más recientes de datos para pronosticar el siguiente periodo.
- Matemáticamente, el promedio móvil simple (que sirve como estimación de la demanda del siguiente periodo) se expresa como:

$$\text{Promedio móvil} = \frac{\sum \text{demanda en los } n \text{ periodos previos}}{n}$$





# EJEMPLO: DETERMINACIÓN PROMEDIOS MÓVILES

PARAGUAYO  
ALEMANA

- La tienda de suministros para jardín de Donna quiere hacer un pronóstico con el promedio móvil de 3 meses, incluyendo un pronóstico para las ventas de cobertizos el próximo enero.
- **Método:** Las ventas de cobertizos para almacenamiento se muestran en la columna media de la siguiente tabla. A la derecha se presenta un promedio móvil de 3 meses.



# EJEMPLO: DETERMINACIÓN PROMEDIOS MÓVILES

PARAGUAYO  
ALEMANA

Mes	Ventas reales de cobertizos	Promedio móvil de 3 meses
January	10	
February	12	
March	13	
April	16	$(10 + 12 + 13)/3 = 11 \frac{2}{3}$
May	19	$(12 + 13 + 16)/3 = 13 \frac{2}{3}$
June	23	$(13 + 16 + 19)/3 = 16$
July	26	$(16 + 19 + 23)/3 = 19 \frac{1}{3}$
August	30	$(19 + 23 + 26)/3 = 22 \frac{2}{3}$
September	28	$(23 + 26 + 30)/3 = 26 \frac{1}{3}$
October	18	$(29 + 30 + 28)/3 = 28$
November	16	$(30 + 28 + 18)/3 = 25 \frac{1}{3}$
December	14	$(28 + 18 + 16)/3 = 20 \frac{2}{3}$



# PROMEDIO MÓVIL PONDERADO

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Cuando se presenta una tendencia o un patrón localizable, pueden utilizarse ponderaciones para dar más énfasis a los valores recientes.
  - Se le da menos importancia a los datos más antiguos.
- La asignación de pesos se basa en la experiencia y en la intuición.

$$\text{Promedio móvil ponderado} = \frac{\sum ((\text{Ponderación para el periodo } n)(\text{Demanda en periodo } n))}{\sum \text{Pesos}}$$



# EJEMPLO: PROMEDIO MÓVIL PONDERADO

PARAGUAYO  
ALEMANA

Mes	Ventas reales de cobertizos	Promedio móvil de 3 meses										
January	10											
February	12											
March	13											
April	16	$[(3 \times 13) + (2 \times 12) + (10)]/6 = 12 \frac{1}{6}$										
May	19											
June		<table><tr><th>Pesos aplicados</th><th>Periodo</th></tr><tr><td>3</td><td>Último mes</td></tr><tr><td>2</td><td>Hace dos meses</td></tr><tr><td>1</td><td>Hace tres meses</td></tr><tr><td>6</td><td>Suma de los pesos</td></tr></table>	Pesos aplicados	Periodo	3	Último mes	2	Hace dos meses	1	Hace tres meses	6	Suma de los pesos
Pesos aplicados	Periodo											
3	Último mes											
2	Hace dos meses											
1	Hace tres meses											
6	Suma de los pesos											
July		<p>Pronóstico para el mes=</p> $\frac{3 \times \text{Ventas ult, mes} + 2 \times \text{Ventas hace 2 meses} + 1 \times \text{Ventas hace 3 meses}}{\text{Suma de los pesos}}$										
August												
September												
October												
November												
December												



# EJEMPLO: PROMEDIO MÓVIL PONDERADO

PARAGUAYO  
ALEMANA

Mes	Ventas reales de cobertizos	Promedio móvil de 3 meses
January	10	
February	12	
March	13	
April	16	$[(3 \times 13) + (2 \times 12) + (10)]/6 = 12 \frac{1}{6}$
May	19	$[(3 \times 16) + (2 \times 13) + (12)]/6 = 14 \frac{1}{3}$
June	23	$[(3 \times 19) + (2 \times 16) + (13)]/6 = 17$
July	26	$[(3 \times 23) + (2 \times 19) + (16)]/6 = 20 \frac{1}{2}$
August	30	$[(3 \times 26) + (2 \times 23) + (19)]/6 = 23 \frac{5}{6}$
September	28	$[(3 \times 30) + (2 \times 26) + (23)]/6 = 27 \frac{1}{2}$
October	18	$[(3 \times 28) + (2 \times 30) + (26)]/6 = 28 \frac{1}{3}$
November	16	$[(3 \times 18) + (2 \times 28) + (30)]/6 = 23 \frac{1}{3}$
December	14	$[(3 \times 16) + (2 \times 18) + (28)]/6 = 18 \frac{2}{3}$





# PROBLEMAS DE LOS PROMEDIOS MÓVILES

PARAGUAYO  
ALEMANA

1. Aumentar el tamaño de  **$n$**  (el número de periodos promediados) suaviza de mejor manera las fluctuaciones, pero resta sensibilidad al método ante cambios reales en los datos.
2. Los promedios móviles no reflejan muy bien las tendencias. Porque son promedios, siempre se quedarán en niveles pasados, no predicen los cambios hacia niveles más altos ni más bajos. Es decir, retrasan los valores reales.
3. Los promedios móviles requieren amplios registros de datos históricos.



# SUAVIZADO EXPONENCIAL

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Técnica de pronóstico de promedios móviles ponderados donde los datos se ponderan mediante una función exponencial.
  - Implica mantener muy pocos registros de datos históricos.
- La fórmula básica para el suavizamiento exponencial se expresa como sigue:
  - Nuevo pronóstico =  
Pronóstico del periodo anterior +  $\alpha$  (Demanda real del mes anterior – Pronóstico del periodo anterior)
- Donde  $\alpha$  es la ponderación, o constante de suavizamiento, elegida por quien pronostica, que tiene un valor de entre 0 y 1.



# SUAVIZADO EXPONENCIAL

PARAGUAYO  
ALEMANA

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

Donde:

$F_t$  = nuevo pronóstico

$F_{t-1}$  = pronóstico del periodo anterior

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

$A_{t-1}$  = demanda real en el periodo anterior



# EJEMPLO: SUAVIZADO EXPONENCIAL

PARAGUAYO  
ALEMANA

En enero, un vendedor de automóviles predijo que la demanda para febrero sería de 142 Ford Mustang. La demanda real en febrero fue de 153 automóviles. Usando la constante de suavizamiento que eligió la administración de  $\alpha = 0,20$ , el vendedor quiere pronosticar la demanda para marzo usando el modelo de suavizamiento exponencial.

**Método:** Se puede aplicar el modelo de suavizamiento exponencial.

**Solución:** Al sustituir en la fórmula los datos de la muestra, se obtiene:

Nuevo pronóstico (para la demanda de marzo) =

$$142 + 0,2 (153 - 142) = 142 + 2,2 = 144,2$$

Así, el pronóstico de la demanda de marzo para los Ford Mustang se redondea a 144.

**Razonamiento:** Usando sólo dos elementos de datos, el pronóstico y la demanda real, más una constante de suavizamiento, se desarrolló un pronóstico de 144 Ford Mustang para marzo.



# MEDICIÓN DEL ERROR DE PRONÓSTICO

- La exactitud general de cualquier modelo de pronóstico (promedios móviles, suavizamiento exponencial u otro) puede determinarse al comparar los valores pronosticados con los valores reales u observados.
- Si  $F_t$  denota el pronóstico en el periodo  $t$ , y  $A_t$  denota la demanda real del periodo  $t$ , el error de pronóstico (o desviación) se define como:
  - Error de pronóstico = Demanda real – Valor pronosticado =  $A_t - F_t$



# MEDICIÓN DEL ERROR DE PRONÓSTICO

- Las tres medidas más populares son:
  - *MAD (mean absolute deviation; desviación absoluta media)*
  - *MSE (mean squared error; error cuadrático medio)*
  - *MAPE (mean absolute percent error; error porcentual absoluto medio)*





# DESVIACIÓN ABSOLUTA MEDIA

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Medida del error global de pronóstico para un modelo.
- Su valor se calcula sumando los valores absolutos de los errores individuales del pronóstico y dividiendo el resultado entre el número de periodos con datos (***n***):

$$\text{MAD} = \frac{\sum |\text{Real} - \text{Pronóstico}|}{n}$$



# DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ABSOLUTA MEDIA (MAD)

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Durante los últimos 8 trimestres, en el puerto de Baltimore se han descargado de los barcos grandes cantidades de grano. El administrador de operaciones del puerto quiere probar el uso de suavizamiento exponencial para ver qué tan bien funciona la técnica para predecir el tonelaje descargado. Supone que el pronóstico de grano descargado durante el primer trimestre fue de 175 toneladas. Se examinan dos valores de  $\alpha$ :  $\alpha = 0,10$  y  $\alpha = 0,50$ .
- **Método:** Compare los datos reales con los pronosticados (usando cada uno de los dos valores de  $\alpha$ ) y después encuentre la desviación absoluta y el MAD.



# DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ABSOLUTA MEDIA (MAD)

PARAGUAYO  
ALEMANA

Trimestre	Tonelaje real descargado	Pronóstico con $\alpha = 0,10$	Pronóstico con $\alpha = 0,50$
1	<b>180</b>	175	175
2	168	$175,50 = 175,00 + 0,10(180 - 175)$	177,50
3	159	$174,75 = 175,50 + 0,10(168 - 175,50)$	172,75
4	175	$173,18 = 174,75 + 0,10(159 - 174,75)$	165,88
5	190	$173,36 = 173,18 + 0,10(175 - 173,18)$	170,44
6	205	$175,02 = 173,36 + 0,10(190 - 173,36)$	180,22
7	180	$178,02 = 175,02 + 0,10(205 - 175,02)$	192,61
8	182	$178,22 = 178,02 + 0,10(180 - 178,02)$	186,30
9	?	$178,59 = 178,22 + 0,10(182 - 178,22)$	184,15



# DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ABSOLUTA MEDIA (MAD)

PARAGUAYO  
ALEMANA

Trimestre	Tonelaje real descargado	Pronóstico con $\alpha = 0,10$	Desviación absoluta con $\alpha = 0,10$			Pronóstico con $\alpha = 0,50$		Desviación absoluta con $\alpha = 0,50$		
1	180	175		5,00		175		5,00		
2	168	175,50		7,50		177,50		9,50		
3	159	174,75		15,75		172,75		13,75		
4	175	173,18		1,82		165,88		9,12		
5	190	173,36		16,64		170,44		19,56		
6	205	175,02		29,98		180,22		24,78		
7	180	178,02		1,98		192,61		12,61		
8	182	178,22		3,78		186,30		4,30		
Suma de las desviaciones absolutas:				82,45				98,62		
MAD = $\frac{\Sigma  \text{Deviations} }{n}$				10,31				12,33		

Example 4 Pag. 157



# ERROR CUADRÁTICO MEDIO

- Promedio de los cuadrados de las diferencias encontradas entre los valores pronosticados y los observados.
- Su fórmula es:

$$\text{MSE} = \frac{\sum(\text{Errores de pronóstico})^2}{n}$$



# DETERMINACIÓN DEL ERROR CUADRÁTICO MEDIO (MSE)

- El administrador de operaciones del puerto de Baltimore quiere calcular ahora el MSE para  $\alpha = 0,10$ .
- **Método:** Se usan los mismos datos pronosticados para  $\alpha = 0,10$  en el anterior, después se calcula el MSE.





# DETERMINACIÓN DEL ERROR CUADRÁTICO MEDIO (MSE)

PARAGUAYO  
ALEMANA

Trimestre	Tonelaje real descargado	Pronóstico para $\alpha = 0,10$	(ERROR) <sup>2</sup>
1	180	175	$5^2 = 25$
2	168	175,50	$(-7,5)^2 = 56,25$
3	159	174,75	$(-15,75)^2 = 248,06$
4	175	173,18	$(1,82)^2 = 3,31$
5	190	173,36	$(16,64)^2 = 276,89$
6	205	175,02	$(29,98)^2 = 898,80$
7	180	178,02	$(1,98)^2 = 3,92$
8	182	178,22	$(3,78)^2 = 14,29$
Suma de errores al cuadrado			= 1.526,52

$$MSE = \frac{\sum(\text{Errores de pronóstico})^2}{n} = 1.526,52/8 = 190,8$$



# ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO MEDIO (MAPE)

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Promedio de las diferencias absolutas encontradas entre los valores pronosticados y los reales, expresado como un porcentaje de los valores reales.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{i=1}^n 100|\text{Real}_i - \text{Pronóstico}_i| / \text{Real}_i}{n}$$



# DETERMINACIÓN DEL ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO MEDIO (MAPE)

PARAGUAYO  
ALEMANA

- El puerto de Baltimore ahora quiere calcular el MAPE cuando  $\alpha = 0,10$ .
- **Método:** Se aplica la ecuación MAPE a los datos pronosticados que se calcularon en el ejemplo anterior.



# DETERMINACIÓN DEL ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO MEDIO (MAPE)

PARAGUAYO  
ALEMANA

Trimestre	Tonelaje real descargado	Pronóstico para $\alpha = 0,10$	Error porcentual absoluto $100(\text{ERROR}/\text{REAL})$
1	180	175,00	$100(5/180) = 2,78\%$
2	168	175,50	$100(7,5/168) = 4,46\%$
3	159	174,75	$100(15,75/159) = 9,90\%$
4	175	173,18	$100(1,82/175) = 1,05\%$
5	190	173,36	$100(16,64/190) = 8,76\%$
6	205	175,02	$100(29,98/205) = 14,62\%$
7	180	178,02	$100(1,98/180) = 1,10\%$
8	182	178,22	$100(3,78/182) = 2,08\%$
Suma de % errores			= 44,75%

$$\text{MAPE} = \frac{\sum \text{Errores porcentuales absolutos}}{n} = \frac{44,75\%}{8} = 5,59\%$$



# PROYECCIONES DE TENDENCIA

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Método de pronóstico de series de tiempo que ajusta una recta de tendencia a una serie de datos históricos y después proyecta la recta al futuro para obtener pronósticos.

$$\hat{y} = a + bx$$

Donde  $\hat{y}$  (que se lee "y gorro") = valor calculado de la variable que debe predecirse (llamada variable dependiente)

- $a$  = intersección con el eje  $y$
- $b$  = pendiente de la recta de regresión (o la tasa de cambio en  $y$  para los cambios dados en  $x$ )
- $x$  = variable independiente (que en este caso es el tiempo)



# PROYECCIONES DE TENDENCIA

PARAGUAYO  
ALEMANA

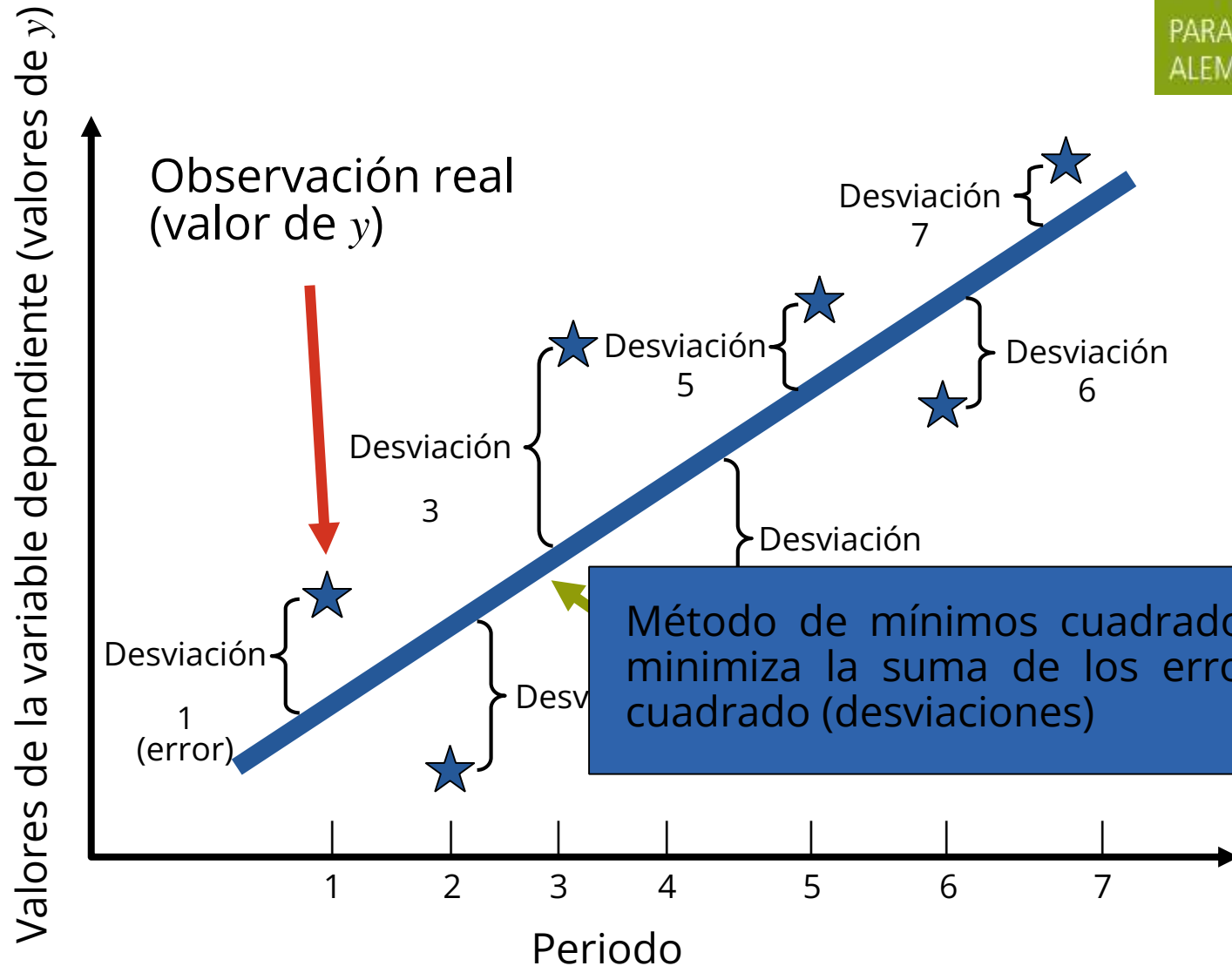


Figure 4.4 Pag. 163





# MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Ecuaciones para calcular la regresión de las variables:

Donde:

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

Equation 4-12 Pag. 163

b = pendiente de la recta de regresión

$\Sigma$  = signo de sumatoria

x = valores conocidos de la variable independiente

y = valores conocidos de la variable dependiente

$\bar{x}$  = promedio de los valores de x

$\bar{y}$  = promedio de los valores de y

n = número de puntos de datos u observaciones

La intersección con el eje y, *a*, puede calcularse como sigue:

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

Equation 4-13 Pag. 164



# EJEMPLO: PRONÓSTICOS CON MÍNIMOS CUADRADOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

- En la tabla siguiente se muestra la demanda de energía eléctrica en N.Y. Edison durante el periodo 2011 a 2017, en megawatts, La empresa quiere pronosticar la demanda para 2018 ajustando una recta de tendencia a estos datos.

Año	Demanda de energía eléctrica	Año	Demanda de energía eléctrica
1	74	5	105
2	79	6	142
3	80	7	122
4	90		



# EJEMPLO: PRONÓSTICOS CON MÍNIMOS CUADRADOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

Año (x)	Demanda de energía eléctrica (y)	$x^2$	$xy$
1	74	1	74
2	79	4	158
3	80	9	240
4	90	16	360
5	105	25	525
6	142	36	852
7	122	49	854
$\Sigma x = 28$	$\Sigma y = 692$	$\Sigma x^2 = 140$	$\Sigma xy = 3.063$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{28}{7} = 4 \quad \bar{y} = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{692}{7} = 98,86$$



# EJEMPLO: PRONÓSTICOS CON MÍNIMOS CUADRADOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{3.063 - (7)(4)(98,86)}{140 - (7)(4^2)} = \frac{295}{28} = 10,54$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 98,86 - 10,54(4) = 56,70$$

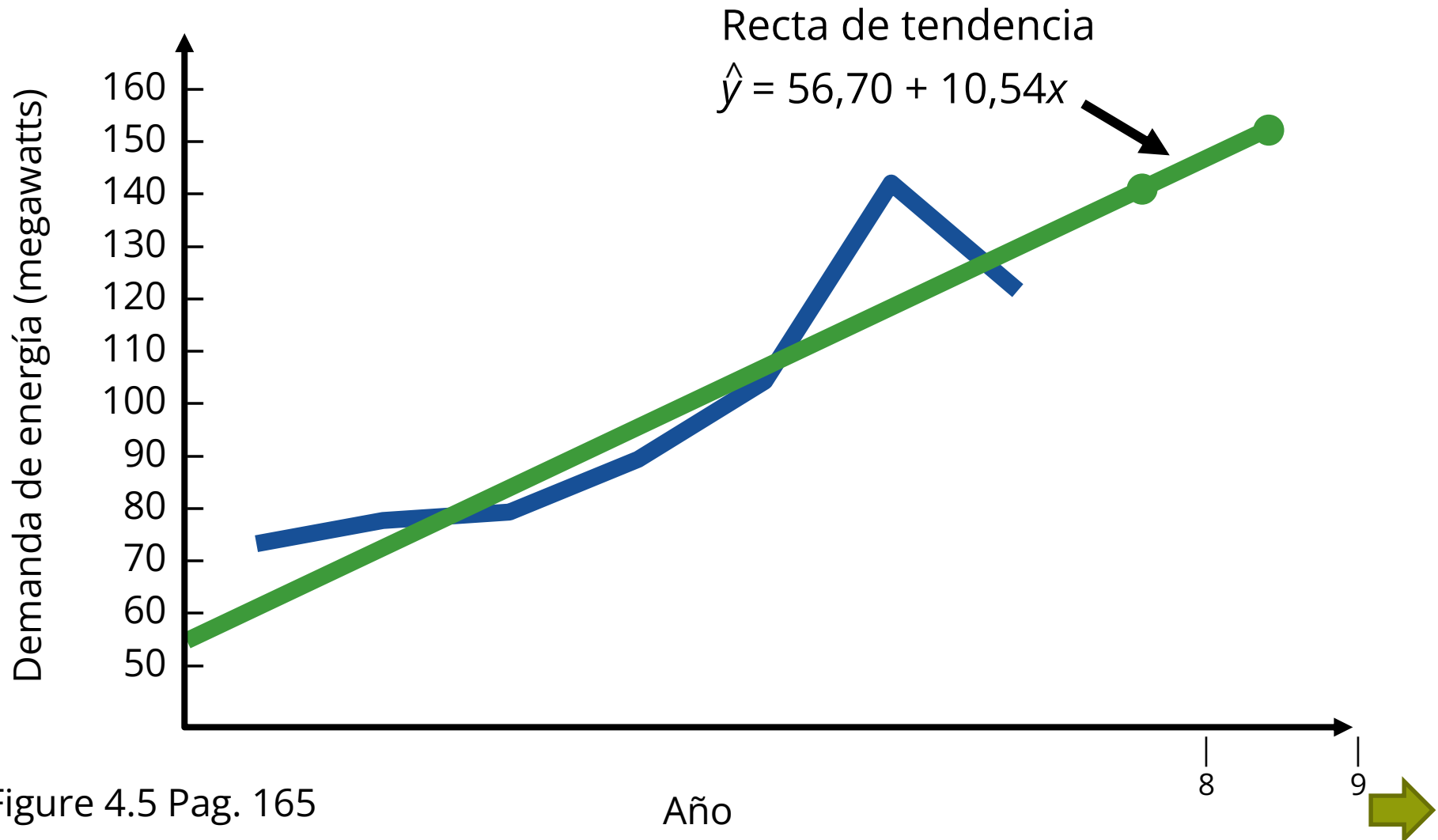
$$\text{Entonces, } \hat{y} = 56,70 + 10,54x$$

La demanda en el año 8 =  $56,70 + 10,54(8)$   
= 141,02, o 141 megawatts



# EJEMPLO: PRONÓSTICOS CON MÍNIMOS CUADRADOS

PARAGUAYO  
ALEMANA



# USO DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN PARA PRONOSTICAR

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Modelo matemático de línea recta usado para describir las relaciones funcionales que hay entre las variables dependiente e independiente.

$$\hat{y} = a + bx$$

Cuando  $\hat{y}$  = valor de la variable dependiente  
 $a$  = intersección con el eje y  
 $b$  = pendiente de la recta de regresión  
 $x$  = variable independiente



# EJEMPLO: CÁLCULO DE UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL

- La compañía constructora Nodel renueva casas antiguas en West Bloomfield, Michigan. Con el tiempo, la compañía ha encontrado que su volumen de dólares por trabajos de renovación depende de la nómina del área de West Bloomfield. La administración quiere establecer una relación matemática para ayudar a predecir las ventas.
- **Método:** El Vicepresidente de Operaciones de Nodel ha preparado la tabla siguiente, la cual muestra los ingresos de Nodel y la cantidad de dinero percibido por los trabajadores en West Bloomfield durante los últimos 6 años.

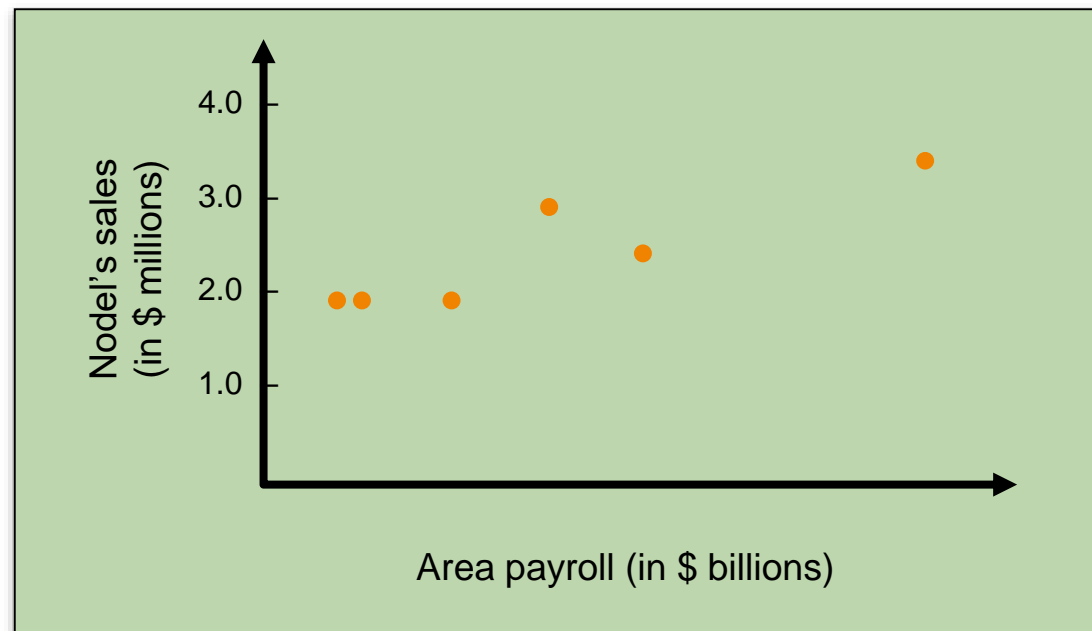




# EJEMPLO: CÁLCULO DE UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL

PARAGUAYO  
ALEMANA

Ventas de Nodel (en millones \$), y	Nomina local (en billones \$ B), x	Ventas de Nodel (en millones \$), y	Nomina local (en billones \$ B), x
2,0	1	2,0	2
3,0	3	2,0	1
2,5	4	3,5	7



# EJEMPLO: CÁLCULO DE UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL

PARAGUAYO  
ALEMANA

Ventas, y	Nomina, x	$x^2$	xy
2,0	1	1	2,0
3,0	3	9	9,0
2,5	4	16	10,0
2,0	2	4	4,0
2,0	1	1	2,0
3,5	7	49	24,5
$\Sigma y = 15,0$	$\Sigma x = 18$	$\Sigma x^2 = 80$	$\Sigma xy = 51,5$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{6} = \frac{18}{6} = 3 \quad \bar{y} = \frac{\Sigma y}{6} = \frac{15}{6} = 2,5$$

$$b = \frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{51,5 - (6)(3)(2,5)}{80 - (6)(3^2)} = 0,25 \quad a = \bar{y} - b\bar{x} = 2,5 - (0,25)(3) = 1,75$$



# EJEMPLO: CÁLCULO DE UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL

PARAGUAYO  
ALEMANA

Ventas, y	Nomina, x	$x^2$	xy
2,0			
3,0			
2,5			
2,0			
2,0			
3,5	7	49	24,5
$\Sigma y = 15,0$	$\Sigma x = 18$	$\Sigma x^2 = 80$	$\Sigma xy = 51,5$

$$\hat{y} = 1,75 + 0,25x$$

$$\text{Ventas} = 1,75 + 0,25(\text{nomina})$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{6} = \frac{18}{6} = 3 \quad \bar{y} = \frac{\Sigma y}{6} = \frac{15}{6} = 2,5$$

$$b = \frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{51,5 - (6)(3)(2,5)}{80 - (6)(3^2)} = 0,25 \quad a = \bar{y} - b\bar{x} = 2,5 - (0,25)(3) = 1,75$$



# EJEMPLO: CÁLCULO DE UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL

$$\text{Ventas} = 1,75 + 0,25 (\text{nómina}),$$

Si la cámara de comercio local predice que la nómina para el área de West Bloomfield será de 6.000 millones de dólares el próximo año, podemos estimar las ventas de Nodel con la ecuación de regresión:

$$\begin{aligned}\text{Ventas (en \$ millones)} &= 1,75 + 0,25 (6) \\ &= 1,75 + 1,50 = 3,25\end{aligned}$$

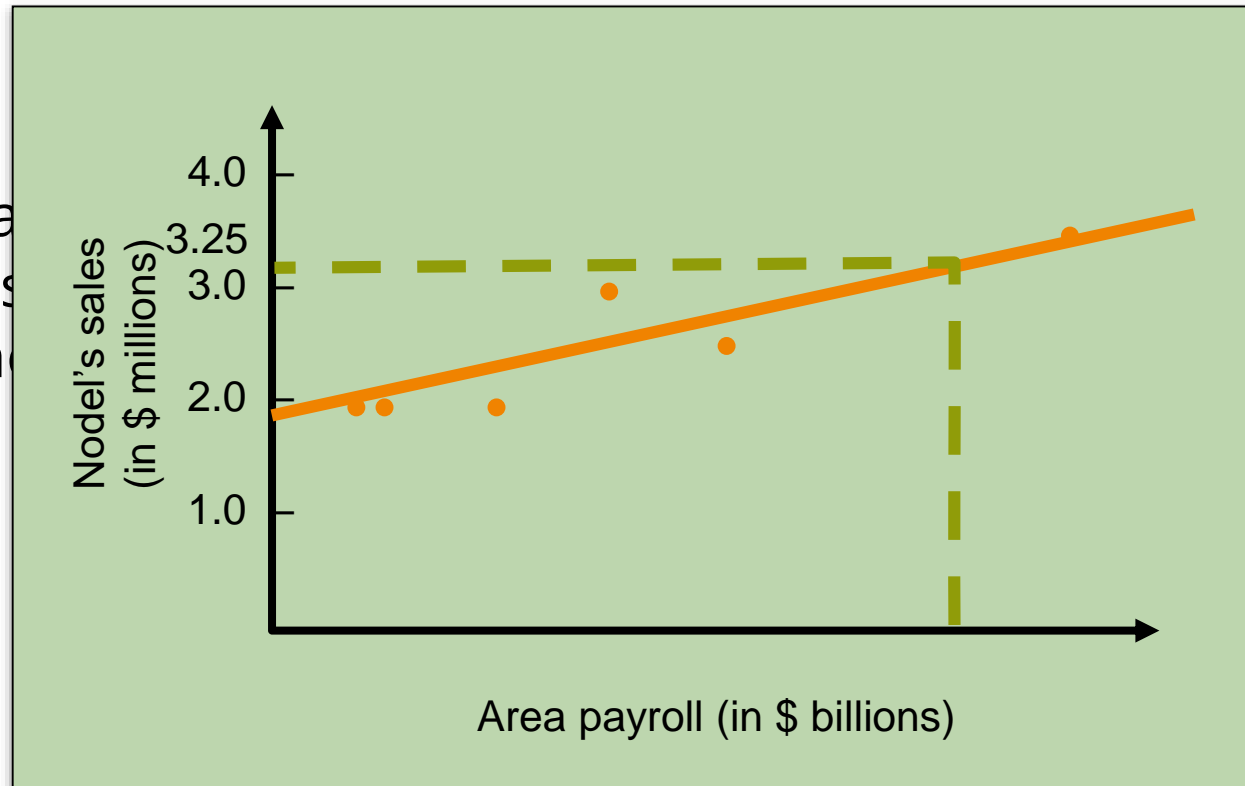
$$\text{Ventas} = \$3.250.000,00$$



# EJEMPLO: CÁLCULO DE UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL

PARAGUAYO  
ALEMANA

Si la cámara  
área de Wes  
próximo año  
ecuación de



para el  
ares el  
con la



# ERROR ESTÁNDAR DE LA ESTIMACIÓN

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Medida de la variabilidad que se presenta alrededor de la recta de regresión — su desviación estándar.

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum (y - y_c)^2}{n - 2}}$$

Donde

$y$  = valor de  $y$  de cada dato puntual

$y_c$  = valor calculado de la variable dependiente, a partir de la ecuación de regresión

$n$  = número de datos puntuales



# ERROR ESTÁNDAR DE LA ESTIMACIÓN

- Expandiendo la ecuación anterior, obtenemos:

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - a \sum y - b \sum xy}{n - 2}}$$



# EJEMPLO: CÁLCULO DEL ERROR ESTÁNDAR DE LA ESTIMACIÓN

- El Vicepresidente de operaciones de Nodel quiere conocer el error asociado con la recta de regresión calculada en el ejemplo anterior.
- **Método:** Calcule el error estándar de la estimación,  $S_{y,x}$

$$\begin{aligned} S_{y,x} &= \sqrt{\frac{\sum y^2 - a \sum y - b \sum xy}{n - 2}} = \sqrt{\frac{39,5 - 1,75(15,0) - 0,25(51,5)}{6 - 2}} \\ &= \sqrt{0,09375} \\ &= 0,306 \text{ (en millones \$)} \end{aligned}$$

El estimado del error estándar es de \$306.000 en ventas,





# EJEMPLO: CÁLCULO DEL ERROR ESTÁNDAR DE LA ESTIMACIÓN

PARAGUAYO  
ALEMANA

- El Vicepresidente de operaciones de Nodel quiere conocer el error asociado con la recta de regresión calculada en el ejemplo anterior.
- Método:** Calcule el error

$$\begin{aligned} S_{y,x} &= \sqrt{\frac{\sum y^2 - a \sum y - b \sum x}{n - 2}} \\ &= \sqrt{0,09375} \\ &= 0,306 \text{ (en millones)} \end{aligned}$$

El estimado del error

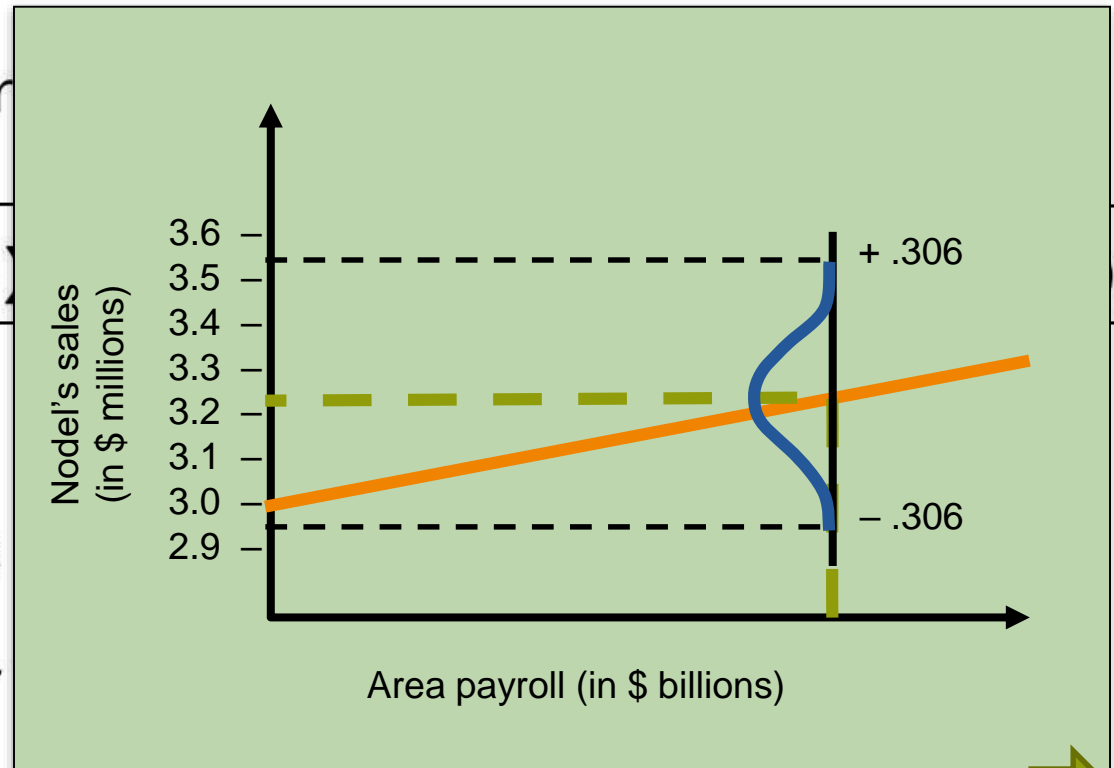


Figure 4.9 Pag. 173

# COEFICIENTES DE CORRELACIÓN PARA RECTAS DE REGRESIÓN

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Medida de la fuerza de la relación que hay entre dos variables.
- Usualmente identificado como  $r$ , el coeficiente de correlación puede ser cualquier número entre +1 y -1.
- Para calcular  $r$ , usamos casi los mismos datos necesarios para calcular  $a$  y  $b$  para la recta de regresión.
- La ecuación para  $r$  resulta más larga, y es:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$



# COEFICIENTES DE CORRELACIÓN PARA RECTAS DE REGRESIÓN

PARAGUAYO  
ALEMANA

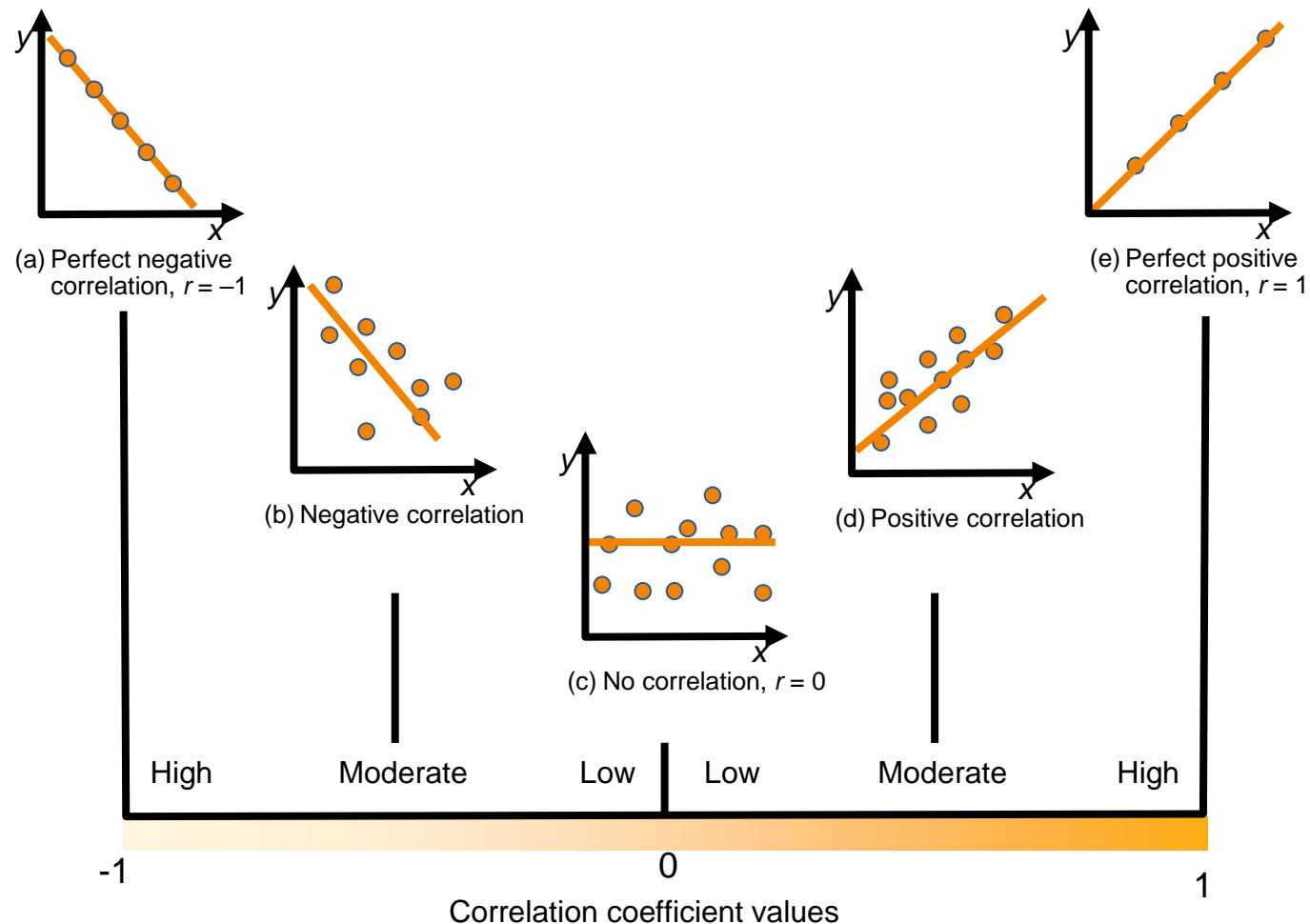


Figure 4.10 Pag. 174



# EJEMPLO: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

PARAGUAYO  
ALEMANA

- En el anterior, observamos la relación que hay entre las ventas de renovación de casas de la compañía constructora Nodel y la nómina pagada en el área de West Bloomfield. El vicepresidente ahora quiere conocer la fuerza de la asociación entre la nómina local y las ventas.
- **Método:** Calculamos el valor de  $r$ , Primero necesitamos agregar una columna de cálculos más — para  $y^2$ .



# EJEMPLO: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

PARAGUAYO  
ALEMANA

<i>y</i>	<i>x</i>	<i>x</i> <sup>2</sup>	<i>xy</i>	<i>y</i> <sup>2</sup>
2,0	1	1	2,0	4,0
3,0	3	9	9,0	9,0
2,5	4	16	10,0	6,25
2,0	2	4	4,0	4,0
2,0	1	1	2,0	4,0
3,5	7	49	24,5	12,25
$\Sigma y = 15,0$	$\Sigma x = 18$	$\Sigma x^2 = 80$	$\Sigma xy = 51,5$	$\Sigma y^2 = 39,5$

$$r = \frac{(6)(51,5) - (18)(15,0)}{\sqrt{[(6)(80) - (18)^2][(16)(39,5) - (15,0)^2]}}$$

$$= \frac{309 - 270}{\sqrt{(156)(12)}} = \frac{39}{\sqrt{1.872}} = \frac{39}{43,3} = 0,901$$



# Pronósticos

## Ejercicios

**SOLVED PROBLEM 4.1**

Sales of Volkswagen's popular Beetle have grown steadily at auto dealerships in Nevada during the past 5 years (see table below). The sales manager had predicted before the new model was introduced that first year sales would be 410 VWs. Using exponential smoothing with a weight of  $\alpha = .30$ , develop forecasts for years 2 through 6.

YEAR	SALES	FORECAST
1	450	410
2	495	
3	518	
4	563	
5	584	
6	?	

**SOLUTION**

YEAR	FORECAST
1	410.0
2	$422.0 = 410 + .3 (450 - 410)$
3	$443.9 = 422 + .3 (495 - 422)$
4	$466.1 = 443.9 + .3 (518 - 443.9)$
5	$495.2 = 466.1 + .3 (563 - 466.1)$
6	$521.8 = 495.2 + .3 (584 - 495.2)$

### SOLVED PROBLEM 4.3

Sales of hair dryers at the Walgreens stores in Youngstown, Ohio, over the past 4 months have been 100, 110, 120, and 130 units (with 130 being the most recent sales).

Develop a moving-average forecast for next month, using these three techniques:

- 3-month moving average.
- 4-month moving average.
- Weighted 4-month moving average with the most recent month weighted 4, the preceding month 3, then 2, and the oldest month weighted 1.
- If next month's sales turn out to be 140 units, forecast the following month's sales (months) using a 4-month moving average.

### SOLUTION

- 3-month moving average  

$$= \frac{110 + 120 + 130}{3} = \frac{360}{3} = 120 \text{ dryers}$$
- 4-month moving average  

$$= \frac{100 + 110 + 120 + 130}{4} = \frac{460}{4} = 115 \text{ dryers}$$
- Weighted moving average  

$$= \frac{4(130) + 3(120) + 2(110) + 1(100)}{10}$$

$$= \frac{1,200}{10} = 120 \text{ dryers}$$
- Now the four most recent sales are 110, 120, 130, and 140.  

$$\text{4-month moving average} = \frac{110 + 120 + 130 + 140}{4}$$

$$= \frac{500}{4} = 125 \text{ dryers}$$

We note, of course, the lag in the forecasts, as the moving-average method does not immediately recognize trends.



**SOLVED PROBLEM 4.4**

The following data come from regression line projections:

PERIOD	FORECAST VALUES	ACTUAL VALUES
1	410	406
2	419	423
3	428	423
4	435	440

Compute the MAD and MSE.

**SOLUTION**

$$\begin{aligned} \text{MAD} &= \frac{\sum |\text{Actual} - \text{Forecast}|}{n} \\ &= \frac{|406 - 410| + |423 - 419| + |423 - 428| + |440 - 435|}{4} \\ &= \frac{4 + 4 + 5 + 5}{4} = \frac{18}{4} = 4.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSE} &= \frac{\sum (\text{Forecast errors})^2}{n} \\ &= \frac{(406 - 410)^2 + (423 - 419)^2 + (423 - 428)^2 + (440 - 435)^2}{4} \\ &= \frac{4^2 + 4^2 + 5^2 + 5^2}{4} = \frac{16 + 16 + 25 + 25}{4} = 20.5 \end{aligned}$$

#### SOLVED PROBLEM 4.7

Cengiz Haksever runs an Istanbul high-end jewelry shop. He advertises weekly in local Turkish newspapers and is thinking of increasing his ad budget. Before doing so, he decides to evaluate the past effectiveness of these ads. Five weeks are sampled, and the data are shown in the table below:

SALES (\$1,000s)	AD BUDGET THAT WEEK (\$100s)
11	5
6	3
10	7
6	2
12	8

Develop a regression model to help Cengiz evaluate his advertising.

#### SOLUTION

We apply the least-squares regression model as we did in Example 12.

SALES, $y$	ADVERTISING, $x$	$x^2$	$xy$
11	5	25	55
6	3	9	18
10	7	49	70
6	2	4	12
12	8	64	96
$\Sigma y = 45$	$\Sigma x = 25$	$\Sigma x^2 = 151$	$\Sigma xy = 251$
$\bar{y} = \frac{45}{5} = 9$	$\bar{x} = \frac{25}{5} = 5$		

$$b = \frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{251 - (5)(5)(9)}{151 - (5)(5^2)}$$
$$= \frac{251 - 225}{151 - 125} = \frac{26}{26} = 1$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 9 - (1)(5) = 4$$

So the regression model is  $\hat{y} = 4 + 1x$ , or

Sales (in \$1,000s) =  $4 + 1$  (Ad budget in \$100s)

This means that for each 1-unit increase in  $x$  (or \$100 in ads), sales increase by 1 unit (or \$1,000).

**SOLVED PROBLEM 4.8**

Using the data in Solved Problem 4.7, find the coefficient of determination,  $r^2$ , for the model.

**SOLUTION**

To find  $r^2$ , we need to also compute  $\sum y^2$ .

$$\begin{aligned}\sum y^2 &= 11^2 + 6^2 + 10^2 + 6^2 + 12^2 \\ &= 121 + 36 + 100 + 36 + 144 = 437\end{aligned}$$

The next step is to find the coefficient of correlation,  $r$ :

$$\begin{aligned}r &= \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \\ &= \frac{5(251) - (25)(45)}{\sqrt{[5(151) - (25)^2][5(437) - (45)^2]}} \\ &= \frac{1,255 - 1,125}{\sqrt{(130)(160)}} = \frac{130}{\sqrt{20,800}} = \frac{130}{144.22} \\ &= .9014\end{aligned}$$

Thus,  $r^2 = (.9014)^2 = .8125$ , meaning that about 81% of the variability in sales can be explained by the regression model with advertising as the independent variable.

# EJERCICIOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

- **4.1** The following gives the number of pints of type B blood used at Woodlawn Hospital in the past 6 weeks:

WEEK OF	PINTS USED
August 31	360
September 7	389
September 14	410
September 21	381
September 28	368
October 5	374

- a) Forecast the demand for the week of October 12 using a 3-week moving average.
- b) Use a 3-week weighted moving average, with weights of 0,1, 0,3, and 0,6, using 0,6 for the most recent week. Forecast demand for the week of October 12.
- c) Compute the forecast for the week of October 12 using exponential smoothing with a forecast for August 31 of 360 and  $\alpha = 0,2$ .

# EJERCICIOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

## • 4.2

Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Demand	7	9	5	9	13	8	12	13	9	11	7

- Plot the above data on a graph. Do you observe any trend, cycles, or random variations?
- Starting in year 4 and going to year 12, forecast demand using a 3-year moving average. Plot your forecast on the same graph as the original data.
- Starting in year 4 and going to year 12, forecast demand using a 3-year moving average with weights of 0,1, 0,3, and 0,6, using 0,6 for the most recent year. Plot this forecast on the same graph.
- As you compare forecasts with the original data, which seems to give the better results?

- • **4.3** Refer to Problem 4.2. Develop a forecast for years 2 through 12 using exponential smoothing with  $\alpha = 0,4$  and a forecast for year 1 of 6. Plot your new forecast on a graph with the actual data and the naive forecast. Based on a visual inspection, which forecast is better?

# EJERCICIOS

- • **4.5** The Carbondale Hospital is considering the purchase of a new ambulance. The decision will rest partly on the anticipated mileage to be driven next year. The miles driven during the past 5 years are as follows:

YEAR	MILEAGE
1	3.000
2	4.000
3	3.400
4	3.800
5	3.700

- Forecast the mileage for next year (6th year) using a 2-year moving average.
- Find the MAD based on the 2-year moving average. ( *Hint*: You will have only 3 years of matched data.)
- Use a weighted 2-year moving average with weights of 0,4 and 0,6 to forecast next year's mileage. (The weight of 0,6 is for the most recent year.) What MAD results from using this approach to forecasting? ( *Hint*: You will have only 3 years of matched data.)
- Compute the forecast for year 6 using exponential smoothing, an initial forecast for year 1 of 3.000 miles, and  $\alpha = 0,5$ .

# EJERCICIOS

- • 4.6 The monthly sales for Yazici Batteries, Inc., were as follows:

MONTH	SALES
January	20
February	21
March	15
April	14
May	13
June	16
July	17
August	18
September	20
October	20
November	21
December	23

- a) Plot the monthly sales data.
- b) Forecast January sales using each of the following:
  - i) Naive method.
  - ii) A 3-month moving average.
  - iii) A 6-month weighted average using 0,1, 0,1, 0,1, 0,2, 0,2, and 0,3, with the heaviest weights applied to the most recent months.
  - iv) Exponential smoothing using an  $\alpha = 0,3$  and a September forecast of 18.
  - v) A trend projection.
- c) With the data given, which method would allow you to forecast next March's sales?

# EJERCICIOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

- • **4.12** Consider the following actual and forecast demand levels for Big Mac hamburgers at a local McDonald's restaurant:

DAY	ACTUAL DEMAND	FORECAST DEMAND
Monday	88	88
Tuesday	72	88
Wednesday	68	84
Thursday	48	80
Friday		

The forecast for Monday was derived by observing Monday's demand level and setting Monday's forecast level equal to this demand level. Subsequent forecasts were derived by using exponential smoothing with a smoothing constant of 0,25. Using this exponential smoothing method, what is the forecast for Big Mac demand for Friday?



# EJERCICIOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

- **4.15** Refer to Solved Problem 4.1 on page 144.
  - a) Use a 3-year moving average to forecast the sales of Volkswagen Beetles in Nevada through year 6.
  - b) What is the MAD?
  - c) What is the MSE?

# EJERCICIOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

• • • **4.52** Bus and subway ridership for the summer months in London, England, is believed to be tied heavily to the number of tourists visiting the city. During the past 12 years, the data on the next page have been obtained:



YEAR (SUMMER MONTHS)	NUMBER OF TOURISTS (IN MILLIONS)	RIDERSHIP (IN MILLIONS)
1	7	1,5
2	2	1,0
3	6	1,3
4	4	1,5
5	14	2,5
6	15	2,7
7	16	2,4
8	12	2,0
9	14	2,7
10	20	4,4
11	15	3,4
12	7	1,7

# EJERCICIOS

PARAGUAYO  
ALEMANA

- a) Plot these data and decide if a linear model is reasonable.
- b) Develop a regression relationship.
- c) What is expected ridership if 10 million tourists visit London in a year?
- d) Explain the predicted ridership if there are no tourists at all.
- e) What is the standard error of the estimate?
- f) What is the model's correlation coefficient and coefficient of determination?

## Forecasting at Hard Rock Cafe

With the growth of Hard Rock Cafe—from one pub in London in 1971 to more than 145 restaurants in 60 countries today—came a corporatewide demand for better forecasting. Hard Rock uses long-range forecasting in setting a capacity plan and intermediate-term forecasting for locking in contracts for leather goods (used in jackets) and for such food items as beef, chicken, and pork. Its short-term sales forecasts are conducted each month, by cafe, and then aggregated for a headquarters view.

The heart of the sales forecasting system is the point-of-sale (POS) system, which, in effect, captures transaction data on nearly every person who walks through a cafe's door. The sale of each entrée represents one customer; the entrée sales data are transmitted daily to the Orlando corporate headquarters' database. There, the financial team, headed by Todd Lindsey, begins the forecast process. Lindsey forecasts monthly guest counts, retail sales, banquet sales, and concert sales (if applicable) at each cafe. The general managers of individual cafes tap into the same database to prepare a daily forecast for their sites. A cafe manager pulls up prior years' sales for that day, adding information from the local Chamber of Commerce or Tourist Board on upcoming events such as a major convention, sporting event, or concert in the city where the cafe is located. The daily forecast is further broken into hourly sales, which drives employee scheduling. An hourly forecast of \$5,500 in sales translates into 19 workstations, which are further broken down into a specific number of waitstaff, hosts, bartenders, and kitchen staff. Computerized scheduling software plugs in people based on their availability. Variances between forecast and actual sales are then examined to see why errors occurred.

Hard Rock doesn't limit its use of forecasting tools to sales. To evaluate managers and set bonuses, a 3-year weighted moving average is applied to cafe sales. If cafe general managers exceed their targets, a bonus is computed. Todd Lindsey, at corporate headquarters, applies weights of 40% to the most recent year's sales, 40% to the year before, and 20% to sales 2 years ago in reaching his moving average.

An even more sophisticated application of statistics is found in Hard Rock's menu planning. Using multiple regression, managers can compute the impact on demand of other menu items if the price of one item is changed. For example, if the price of a cheeseburger increases from \$7.99 to \$8.99, Hard Rock can predict the effect this will have on sales of chicken sandwiches, pork sandwiches, and salads. Managers do the same analysis on menu placement, with the center section driving higher sales volumes. When an item such as a hamburger is moved off the center to one of the side flaps, the corresponding effect on related items, say french fries, is determined.

HARD ROCK'S MOSCOW CAFE <sup>a</sup>										
MONTH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Guest count (in thousands)	21	24	27	32	29	37	43	43	54	66
Advertising (in 5 thousand)	14	17	25	25	35	35	45	50	60	60

<sup>a</sup> These figures are used for purposes of this case study.

### Discussion Questions\*

1. Describe three different forecasting applications at Hard Rock. Name three other areas in which you think Hard Rock could use forecasting models.
2. What is the role of the POS system in forecasting at Hard Rock?
3. Justify the use of the weighting system used for evaluating managers for annual bonuses.
4. Name several variables besides those mentioned in the case that could be used as good predictors of daily sales in each cafe.
5. At Hard Rock's Moscow restaurant, the manager is trying to evaluate how a new advertising campaign affects guest counts. Using data for the past 10 months (see the table), develop a least-squares regression relationship and then forecast the expected guest count when advertising is \$65,000.

\*You may wish to view the video that accompanies this case before answering these questions.



**¡GRACIAS POR LA ATENCIÓN!**  
**eladio.martinez@upa.edu.py**