

Diplomado Preparación y Evaluación de Proyectos

# Predicción de demanda

Carlos Reveco D.  
creveco@dcc.uchile.cl

# Agenda

- Introducción
- Métodos Cualitativos
- Métodos Cuantitativos
  - Series de tiempo
  - Métodos Causales
  - Medidas de Error
- Ejercicios
- Caso Hospitales Públicos

# Introducción

# Introducción

- Necesidad de Pronósticos
  - Entorno altamente incierto
  - La intuición no necesariamente da los mejores resultados
  - Mejorar la planeación
  - Competitividad y cambio

# Introducción

- Pronóstico: vital a para cualquier organización de negocio, base en la planificación de mediano y largo plazo.
- Sin embargo, no existe manera perfecta de predecir el futuro, más importante es tener criterio y buenas prácticas para sobrellevar la inexactitud de los pronósticos.

# Introducción

- Permiten estudiar la demanda futura, acción importante en el diseño de un producto.
- Relaciones relevantes:
  - Pronóstico - Planeación.
  - Demanda - Ventas.

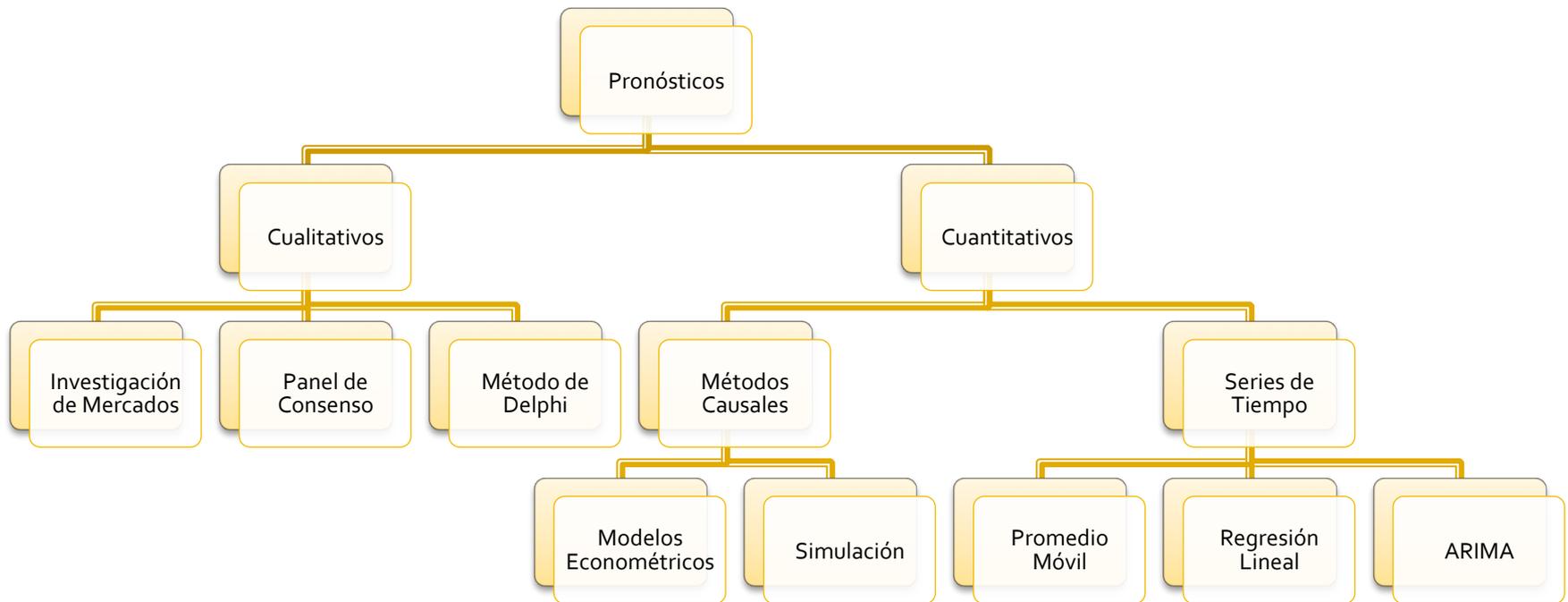
# Introducción

- Es importante ver el horizonte y nivel de agregación que se requiere para el pronóstico de demanda:
  - Nivel Estratégico:
    - Largo plazo / A nivel del sector industrial.
  - Nivel Táctico:
    - Mediano plazo / A nivel de líneas de producto.
  - Nivel Operacional:
    - Corto Plazo / A nivel de producto (SKU).
  - Ejemplo: Fábrica de Zapatos.
    - Nivel Estratégico: Demandas globales a 5 años.
    - Nivel Táctico: Demanda por línea para la próxima temporada.
    - Nivel Operativo: Demanda por modelo y número para la próxima semana.

# Métodos de Pronóstico

- Existen dos tipos:
  - **Métodos Cualitativos:** son subjetivos y están basados en estimaciones y opiniones.
  - **Métodos Cuantitativos:** son aquellos que poseen un modelo subyacente.
    - Principal característica: utilizar la información histórica para predecir su comportamiento futuro.
    - Se incluyen dentro de este grupo, métodos de series de tiempo y métodos causales.

# Métodos de Pronóstico



# Métodos Cualitativos

# Métodos Cualitativos

- **Principales características:**
  - Se posee poca información
  - Existe alta incertidumbre
  - Se tiene escasa capacidad de proceso
- **Uso:** Decisiones estratégicas
  - Selección de Mercados
  - Diseño de procesos
  - Selección de nuevos productos
- **Métodos más populares:**
  - Investigación de Mercados
  - Analogía de los Ciclos de Vida
  - Panel de Consenso
  - Método de Delphi

# Métodos Cualitativos

- **Encuesta de Mercado**
  - Corresponden básicamente a paneles, cuestionarios y pruebas de mercado.
  - Características:
    - Típicamente se usan para probar nuevos productos.
    - Son buenos a corto plazo.
    - Poseen un alto costo.
    - Permiten identificar puntos de cambio.

# Métodos Cualitativos

- **Analogía de los Ciclos de Vida**

- Consiste en identificar en que etapa de su ciclo de vida se encuentra un producto, para esto se analizan curvas de crecimiento de productos similares.
- Fases:
  - Introducción
  - Crecimiento
  - Maduración
  - Saturación
- Ejemplos:
  - VHS
  - Juguetes

# Métodos Cualitativos

- **Panel de Consenso**
  - Supuesto: la superposición de opiniones puede llevar a mejores pronósticos.
  - Se desarrolla mediante reuniones abiertas donde se exponen opiniones libremente desde todos los niveles de la organización.
  - Problema: empleados de menor rango pueden verse intimidados por ejecutivos de cargos más altos.
  - Ejemplo: vendedor de una línea de productos v/s gerente de marketing.

# Métodos Cualitativos

- **Método de Delphi**

- Grupo de expertos, que sin revelar su identidad, y guiados por un moderador, busca consenso respecto de un tema en particular.
- Características
  - Se ocupa en la introducción de nuevos productos y cambios tecnológicos
  - Es regular en exactitud y puntos de cambio
  - Posee un costo de mediano a alto.

# Métodos Cuantitativos

# Modelos Cuantitativos

- Características:
  - Estos métodos utilizan datos históricos proyectan a futuro.
  - Son de corto plazo.
  - Es necesario contar con datos internos.
  - No captan patrones de cambio.



# Estimación de Demanda Para una Tienda por Departamentos

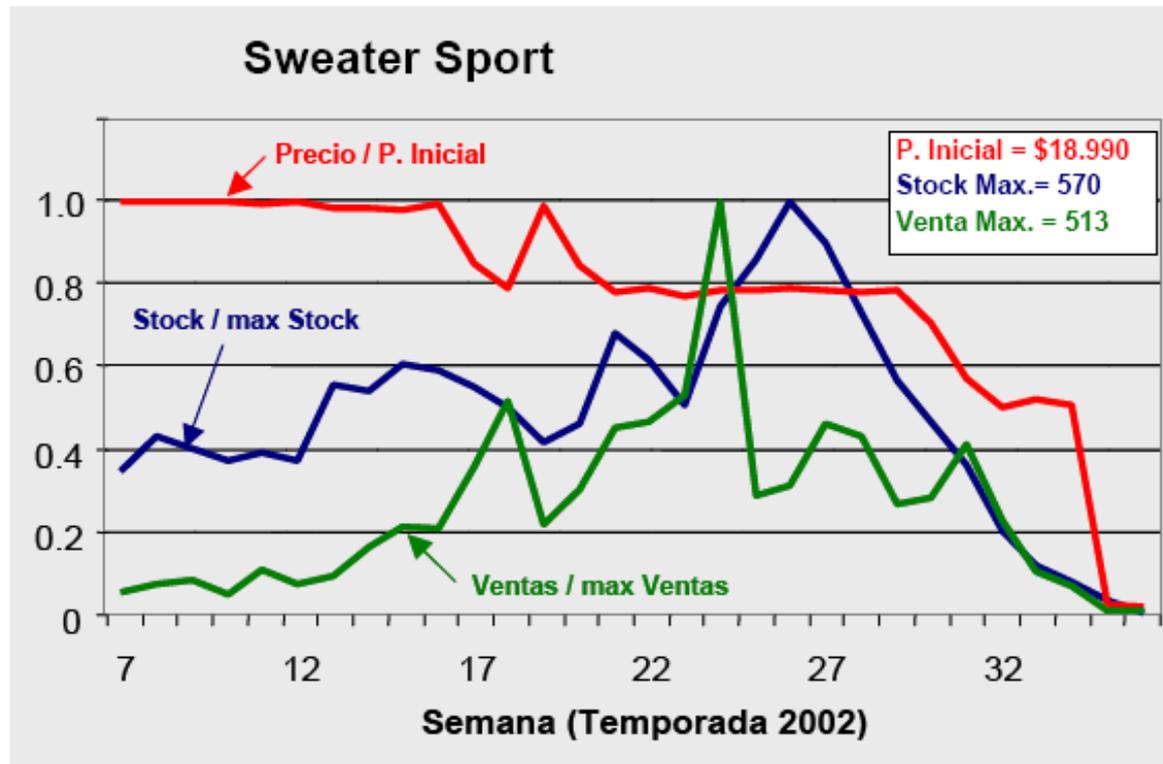
## Modelo de 3 Factores



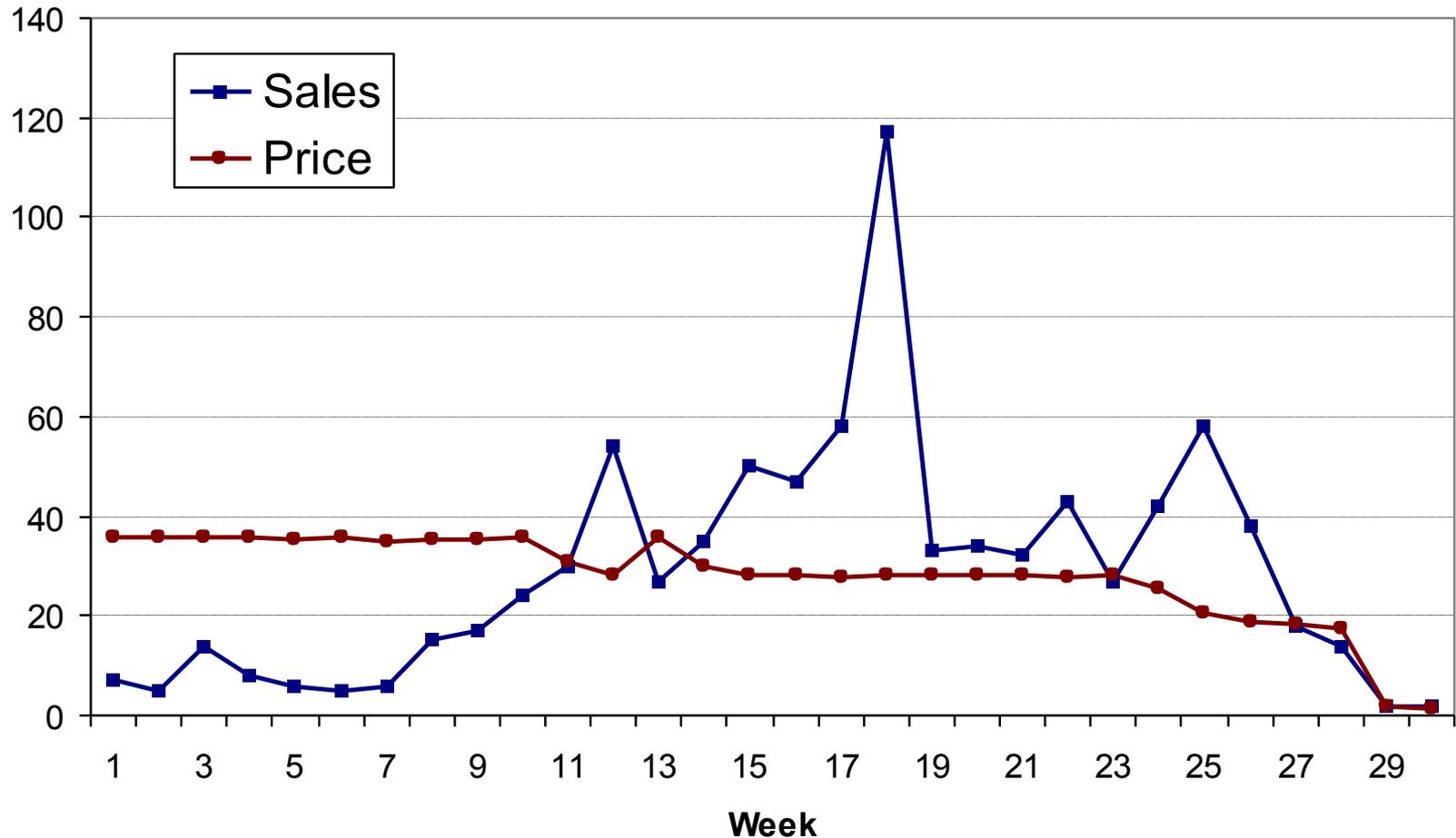
$$\text{Demanda} = \text{Estacionalidad} \times \text{Elast. Precio} \times \text{Elast. Inventario}$$

# Aplicación

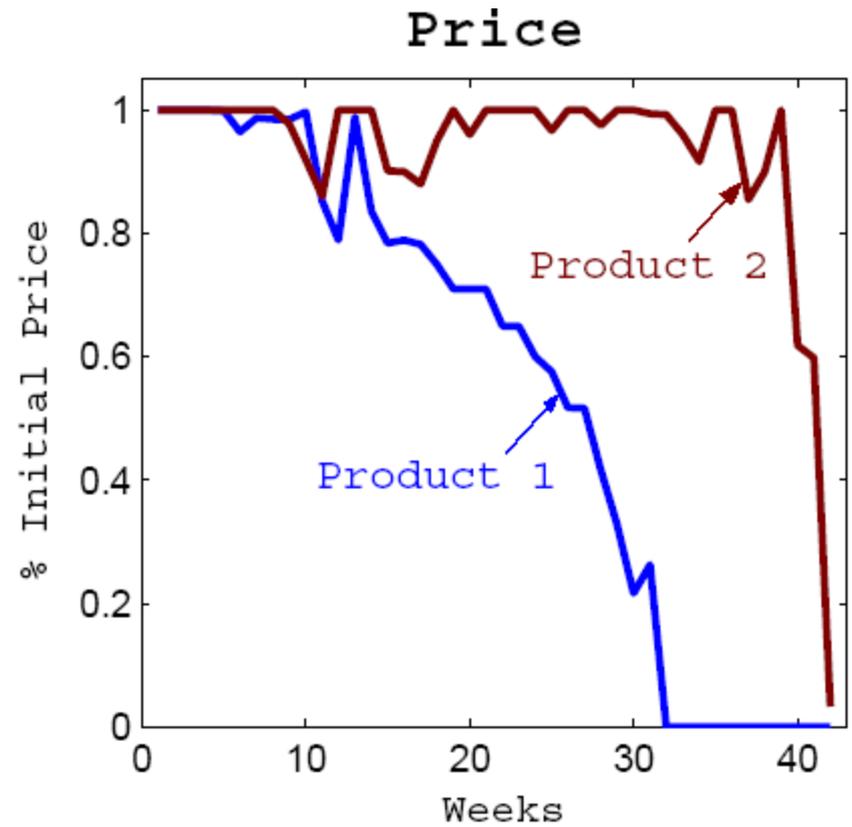
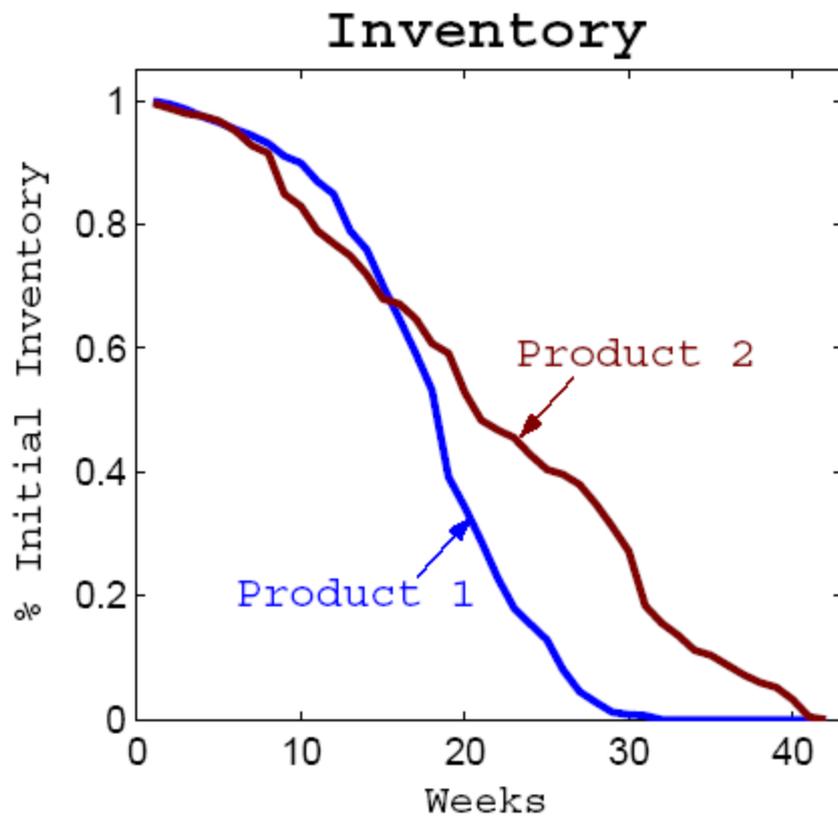
## Modelo de 3 Factores



# Factores que Determinan la Demanda

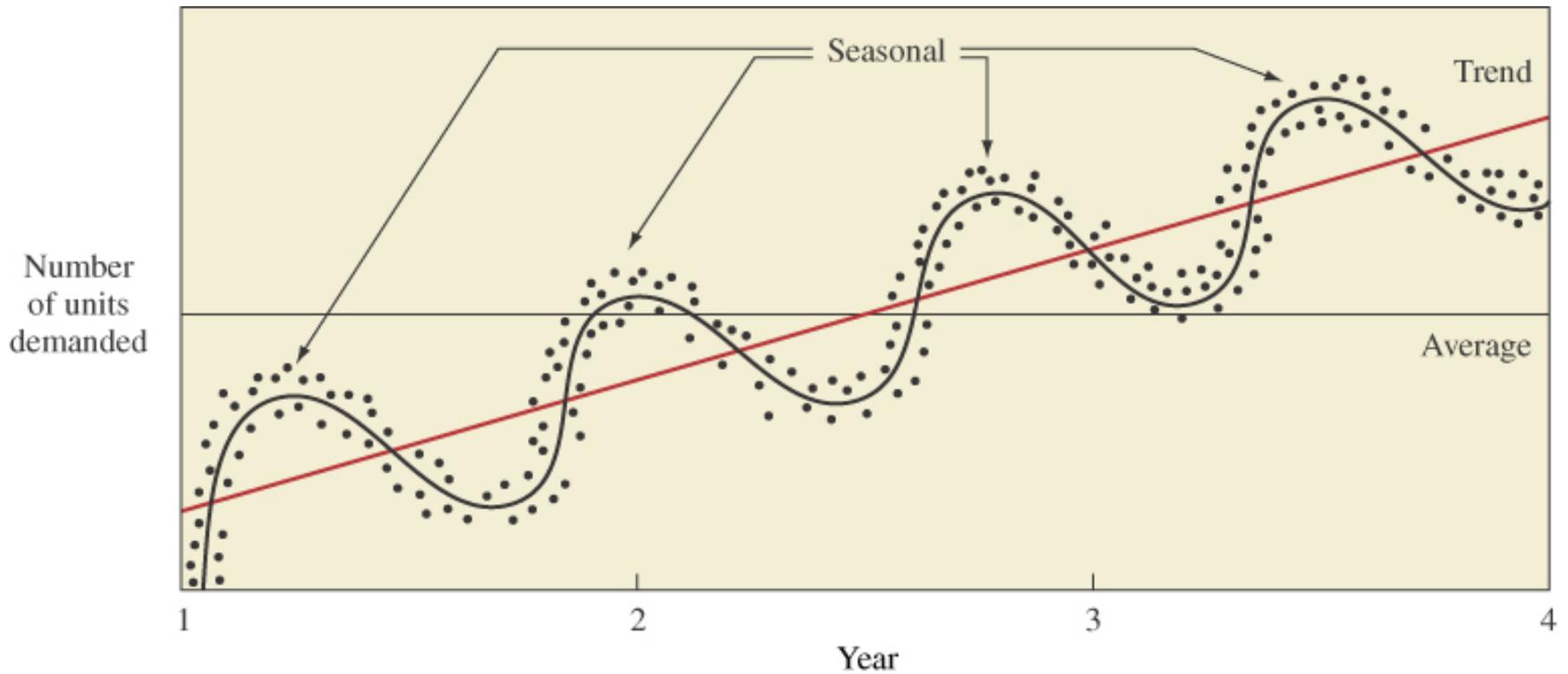


# Identificar Patrones de Demanda



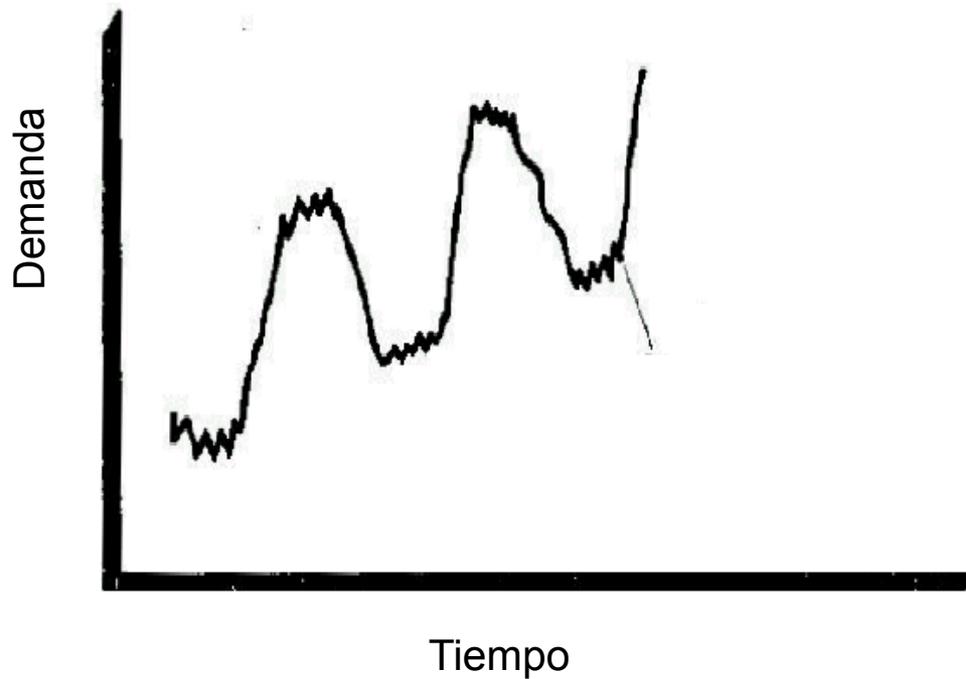
# Series de tiempo

# Series de Tiempo

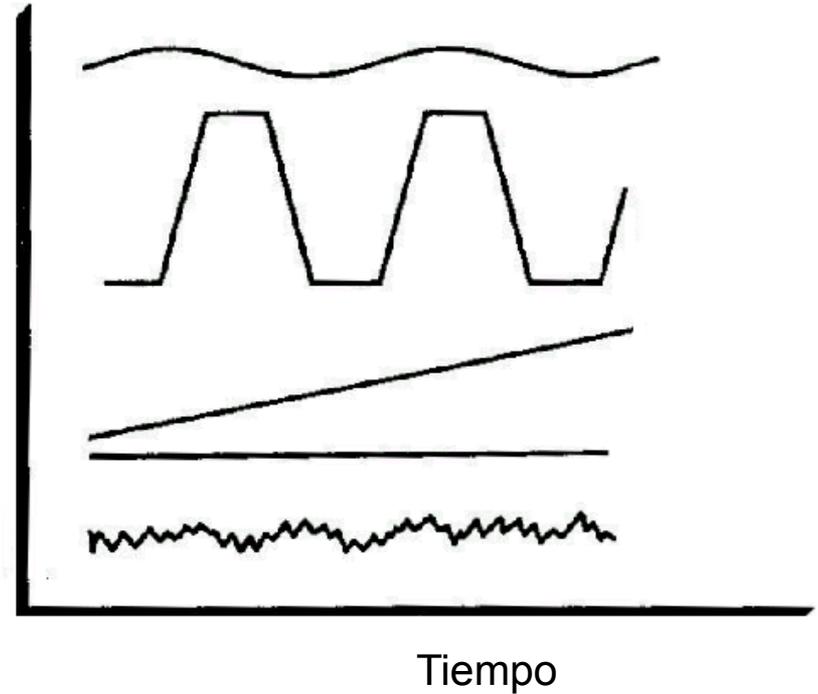


# Series de Tiempo

Serie de tiempo original



Serie de tiempo descompuesta



# Series de Tiempo

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
Tendencia	Es el componente de largo plazo que representa el crecimiento o disminución en la serie sobre un periodo amplio.
Cíclico	Es la fluctuación en forma de onda alrededor de la tendencia.
Estacional	Es un patrón de cambio que se repite a sí mismo año tras año.
Aleatorio	Mide la variabilidad de las series de tiempo después de retirar los otros componentes.

# Series de Tiempo

- Componentes:
  - Ruido: parte aleatoria (si es muy alto es difícil hacer pronósticos).
  - Estacionalidad.
  - Tendencia.
  - Nivel (base).
- Ejemplos:
  - Zapatos.
  - Helados.
  - Entradas al estadio.

# Series de Tiempo

- Notación:
  - $D_t$ : demanda observada en el período  $t$ .
  - $F_{t+1}$ : pronóstico para el período  $t+1$ .
  - $e_t = D_t - F_t$ : error de pronóstico.
- Típicamente se conocen  $D_{t-k}, \dots, D_t$  y se busca  $F_{t+1}, F_{t+2}, \dots$

# Tipos de errores

# Medición del error en el pronóstico

- Se compara la precisión de dos o más técnicas de pronóstico.
- Se mide la confiabilidad de una técnica de pronóstico.
- Se busca la técnica óptima.

- Un índice de error señala un punto de vista respecto del desempeño del pronóstico.
- Si se privilegiara una sola medida de error, se podría caer en un sesgo.
- Es necesario evaluar cada modelo con las distintas medidas de error

# 5. Fórmulas de medición del error en el pronóstico

$F_t$  = *valor de una serie de tiempo en el periodo t*

$D_t$  = *valor del pronóstico para  $Y_t$*

*Error del pronóstico o residual :*

$$e_t = D_t - F_t$$

# Fórmulas de medición del error en el pronóstico

*Porcentaje de error medio absoluto (Mean Absolute Percentage Error):*

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|D_t - F_t|}{D_t}}{n}$$

*Porcentaje medio de error (Mean Percentage Error):*

$$MPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{(D_t - F_t)}{D_t}}{n}$$

# Fórmulas de medición del error en el pronóstico

*Desviación absoluta media (Mean absolute Deviation):*

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |D_t - F_t|}{n}$$

*Error medio cuadrado (Mean Square Error):*

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)^2}{n}$$

# Series de Tiempo

- Versión 0: Utilizar valor anterior
  - Esta técnica supone que los periodos recientes son los mejores para pronosticar el futuro.
  - El método más sencillo es el método del último valor:

$$F_{t+1} = D_t$$

## ■ Ejemplo

Periodo, t	Dt	Pronóstico, Ft Valor anterior	error
1	58	-	
2	54	58	-4
3	60	54	6
4	56	60	-4

# Series de Tiempo

- Versión 0,1 .- Promedio

Periodo, t	Dt	Pronóstico, Ft Promedio	error
1	58	57	1
2	54	57	-3
3	60	57	3
4	56	57	-1

Ojo acá supongo que ya conozco los valores del futuro para N periodos

$$\text{Promedio} = (58 + 54 + 60 + 56)/4 = 57$$

- Verision 0,2: Promedio Simple
- Se obtiene la media de todos los valores pertinentes, la cual se emplea para pronosticar el periodo siguiente.

## ■ Ejemplo

t	Dt	Ft+1	Cáculo	error
1	42			
2	52	42	$42/1$	10
3	54	47.00	$(42+52)/2$	7
4	65	49.33	$(42+52+54)/3$	15.67
5	51	53.25	$(42+52+54+65)/4$	-2.25
6	64	52.80	$(42+52+54+65+51)/5$	11.2

# Series de Tiempo

- 1.- Promedios Móviles Simples:

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t+1} + \dots + D_{t-N+1}}{N}$$

- Este método no considera la media de todos los datos, sino solo los más recientes.
- Se puede calcular un promedio móvil de N periodos.
- El promedio móvil es la media aritmética de los N periodos más recientes.

t	Yt	promedio móvil	
		n=3	n=4
1	42		
2	52		
3	54		
4	65	49.33	
5	51	57.00	53.25
6	64	56.67	55.5

- 2.- Promedios Móviles Ponderados:

$$F_{t+1} = W_t \cdot D_t + \dots + W_{t-N+1} \cdot D_{t-N+1}$$
$$\sum_{i=t-N+1}^t W_i = 1 \quad (\text{caso simple, } W_i = \frac{1}{N})$$

# Series de Tiempo

- 3.- Alisamiento Exponencial Simple:

$$F_{t+1} = \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot F_t \quad 0 < \alpha < 1$$

- El método de suavizamiento exponencial puede dar una ponderación mayor a las observaciones más recientes.
- Las ponderaciones se asigna mediante la constante  $\alpha$ ,
- $0 < \alpha < 1$ .

t	$Y_t$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.5$
1	42		
2	52	42	42
3	54	43.00	47.00
4	65	44.10	50.50
5	51	46.19	57.75
6	64	46.67	54.38

# Series de Tiempo

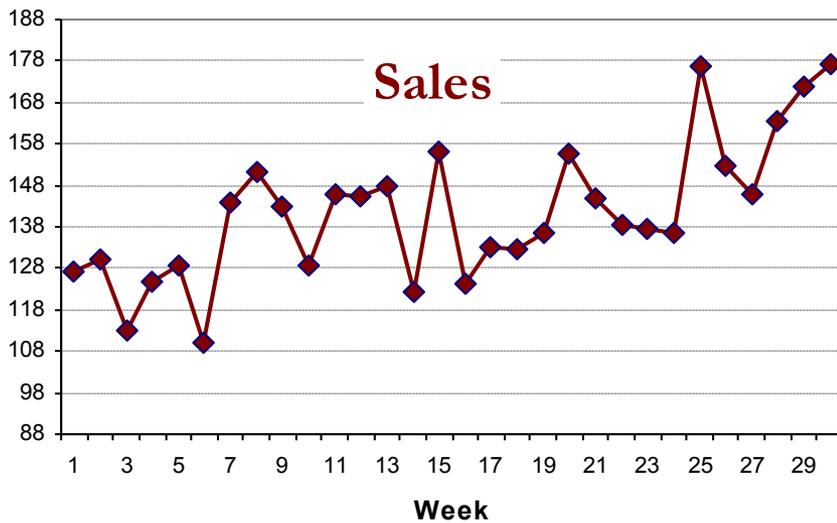
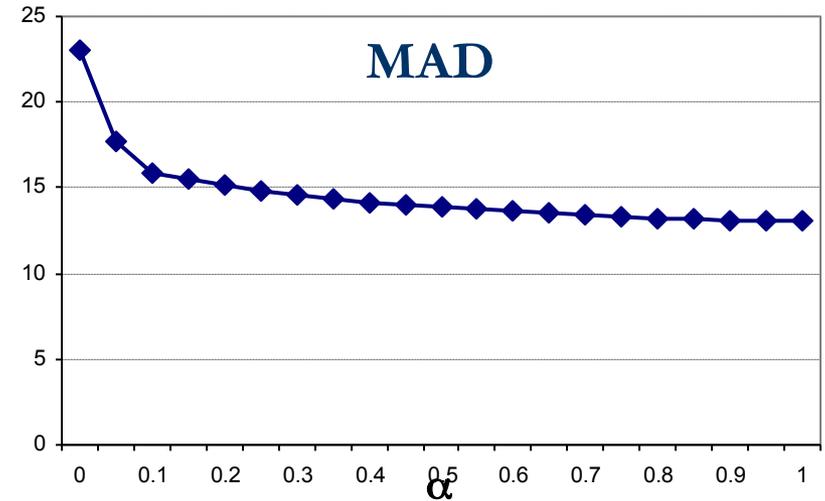
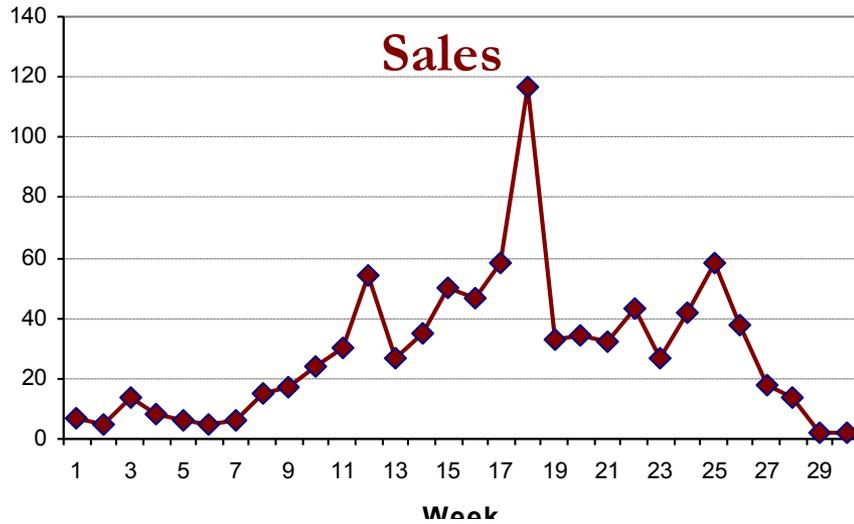
- Errores de Pronóstico:
  - Los indicadores de error sirven para ver en qué momento el pronóstico falla o los datos no sirven.
- Indicadores:
  - Desviación media absoluta:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_t |D_t - F_t|$$

1 MAD  $\approx$  0.8 desv. estandard  
1 des. estandard  $\approx$  1.25 MAD

- El valor ideal de MAD es cero (ie, no existe error de pronósticos).
- Mientras mas grande MAD, menor la precisión del modelo. MAD se usa para
  - Compare distintos modelos de pronósticos.
  - Elegir el “mejor” modelo dentro de una familia de modelos

# Series de Tiempo



 The image cannot be displayed. Your computer may not have enough memory to open the image, or the image may have been corrupted. Restart your computer, and then open the file again. If the red x still appears, you may have to delete the image and then insert it again.

# Series de Tiempo

- 1.- Regresión Lineal:

$$y = a + b \cdot x$$

- $x$  : variable independiente.
- $y$  : variable dependiente.

$$\text{Min} \sum_i (\hat{y}_i - y_i)^2 = \text{Min} \sum_i (a + b \cdot x_i - y_i)^2$$

- La idea es ajustar una curva a los puntos con que se cuenta.

# Regresión Lineal

- Como resultado se obtiene:

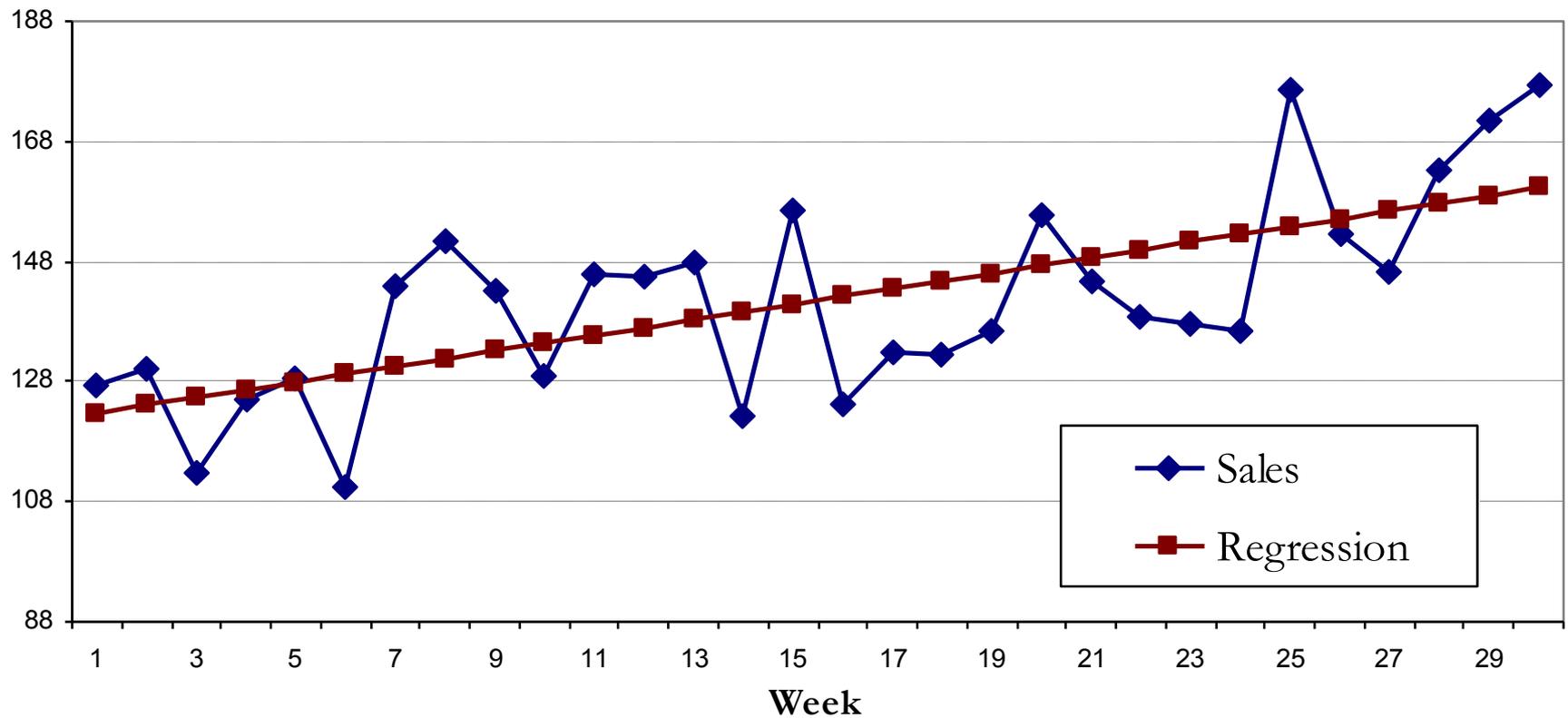
$$a = \frac{\sum_i y_i}{n} - b \cdot \frac{\sum_i x_i}{n}$$
$$b = \frac{n \cdot \sum_i x_i \cdot y_i - \left[ \left( \sum_i x_i \right) \cdot \left( \sum_i y_i \right) \right]}{n \cdot \sum_i x_i^2 - \left( \sum_i x_i \right)^2}$$

# Regresión Lineal

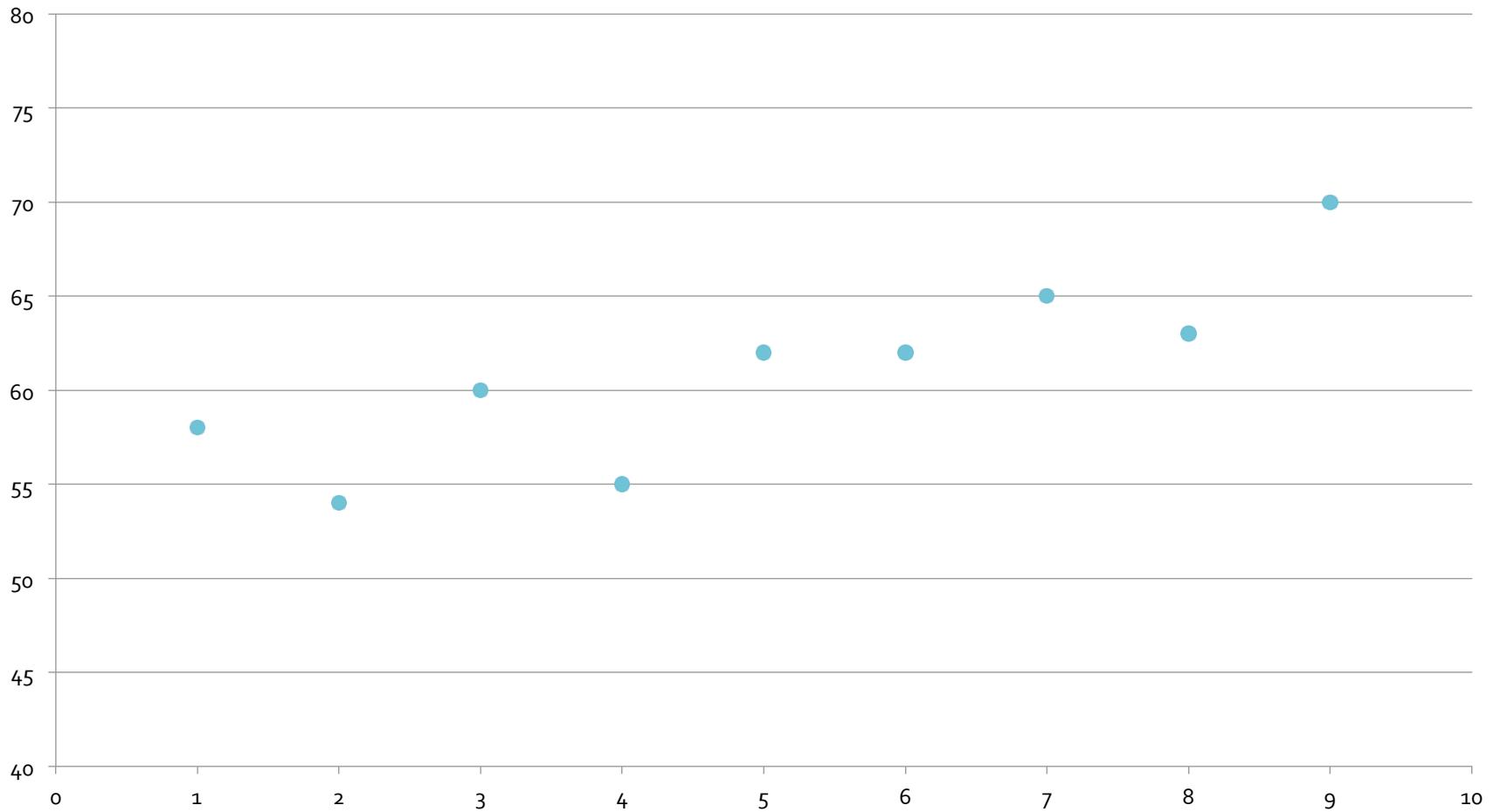
$$R^2 = \frac{\left[ n \cdot \sum_i x_i \cdot y_i - \left( \sum_i x_i \right) \cdot \left( \sum_i y_i \right) \right]^2}{\left[ n \cdot \sum_i x_i^2 - \left( \sum_i x_i \right)^2 \right] \cdot \left[ n \cdot \sum_i y_i^2 - \left( \sum_i y_i \right)^2 \right]}$$

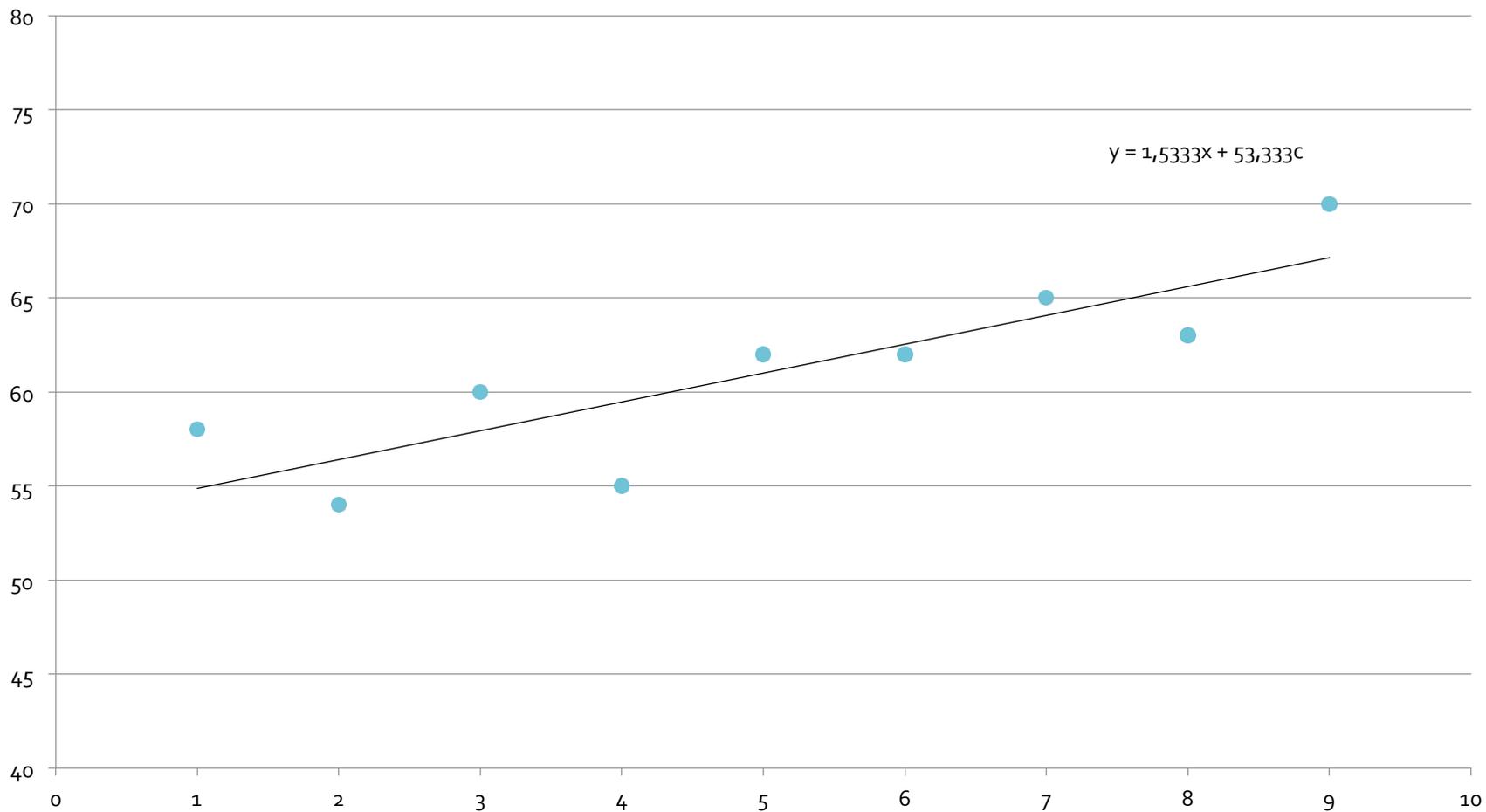
- Donde  $R^2$  mide la proporción de la variación de  $y$  explicada por  $x$ .
- Valores sobre 50% se consideran buenos.

# Regresión Lineal



Periodo, tc	Yt	Pronóstico, Yt
1	58	-
2	54	58
3	60	54
4	55	60
5	62	55
6	62	62
7	65	62
8	63	65
9	70	63





Periodo, tc	Yt	Pronóstico, Yt $y = 1,5333x + 53,333$
1	58	54,863
2	54	56,396
3	60	57,929
4	55	59,462
5	62	60,995
6	62	62,528
7	65	64,061
8	63	65,594
9	70	67,127

# Métodos Causales

# Métodos Causales

- Ejemplo:
  - y: venta de periódicos.
  - x1: número de habitantes.
  - x2: ingreso per cápita.
  - X3: grado de competencia.
- Se puede extender el método a formulaciones más complejas

$$\hat{y} = f(x_1, x_2, x_3)$$

# Métodos Causales

- Principales características:
  - Es útil cuando existen fuertes relaciones causales.
  - Uso típico para horizontes de corto y mediano plazo.
  - Permite identificar bien puntos de cambio.
  - Es un método caro.
  - Requiere sofisticación.
  - Es fácil cometer errores.

# Métodos Causales

- 2.- Modelos Econométricos:
  - Sistema de ecuaciones de regresión interdependientes para describir un proceso complejo.
  - Características:
    - Complejidad alta.
    - Costo alto.
    - Son de largo plazo.
    - Buenos para identificar puntos de cambio.
  - Ejemplos:
    - Precio cobre.
    - Sectores de la economía.

# Métodos Causales

- 3.- Simulación:
  - Características:
    - La simulación de sistemas es complejo.
    - Cara de implementar.
    - Horizonte de corto a mediano plazo.
    - Puede identificar puntos de cambio.
  - Ejemplo:
    - Distribución en cadena, para ver demanda de distintos elementos.
    - Planos de producción, para conocer la demanda por insumos.
    - Transporte urbano, para ver equilibrio vehicular.

# Criterios de Elección

- 1.- Sofisticación del usuario y del sistema.
  - No se deben dar saltos bruscos.
- 2.- Tiempo y recursos disponibles.
- 3.- Tipo de decisión.
  - Trade-off entre costo y necesidad de calidad del pronóstico.
  - Ejemplo: Falabella vs tienda patronato.
- 4.- Disponibilidad de datos.
- 5.- Patrón de datos.

# Ejemplos

Diplomado Preparación y Evaluación de Proyecto

# Predicción de demanda

Carlos Reveco D.  
creveco@dcc.uchile.cl