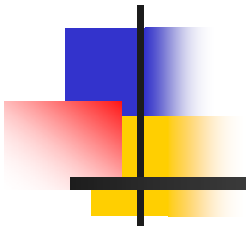


Gestión de Operaciones

Capítulo 2: Pronósticos de Demanda

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 aquellos que dependen de juicios.
  - **Métodos Cuantitativos**: son aquellos que poseen un modelo subyacente.
    - Los datos y patrones de datos se utilizan como indicadores confiables para predecir el futuro.
    - Incluyen Series de Tiempo y Modelos Causales.

Métodos de Pronóstico

- Usos:

Uso	Horizonte de tiempo	Exactitud necesaria	Número de productos	Nivel gerencial	Método de pronóstico
Diseño del proceso	largo	media	uno o pocos	alto	cualitativos y causales
Planeación de la capacidad de las instalaciones	largo	media	uno o pocos	alto	cualitativos y causales
Planeación Agregada	mediano	alta	pocos	mediano	causales y series de tiempo
Programación	corto	la más alta	muchos	más bajo	series de tiempo
Administración de Inventarios	corto	la más alta	muchos	más bajo	series de tiempo

Métodos Cualitativos

- Características Generales:
  - ✓ Se posee poca información.
  - ✓ Existe alta incertidumbre.
  - ✓ Se tiene escasa capacidad de proceso.
  - ✓ Horizonte de mediano o largo plazo.

- Uso típico: Decisiones estratégicas
  - ✓ Selección de Mercados
  - ✓ Diseño de Procesos.
  - ✓ Selección de Productos Nuevos.

- Métodos Populares
  - ✓ Grass Root
  - ✓ Investigación de Mercados
  - ✓ Panel de Consenso
  - ✓ Método Delphi

Métodos Cualitativos

- 1.- Método Delphi:
  - Grupo de expertos que se reúne durante varias sesiones de reconsideraciones en busca de consensos respecto a un grupo de preguntas adecuado a la situación que se enfrenta.

  - Características:
    - Se usa en la introducción de nuevos productos y cambios tecnológicos.
    - Es regular en exactitud y puntos de cambio.
    - Posee un costo mediano o alto.

Métodos Cualitativos

- Ejemplo: Empresa que requiere pronóstico de ventas a 5 años y que posee una baja capacidad, lo que hace difícil usar ventas como información de demanda.
  - Participación de 23 administradores.
  - Datos: PGB, ventas del sector y ventas de la empresa por 5 años.
  - Varias preguntas para obligar a pensar en relaciones.
  - Resultado: Mucha dispersión al comienzo, pero se convergió a un buen pronóstico.

Métodos Cualitativos

- 2.- Investigación de Mercado:
  - Corresponden básicamente a paneles, cuestionarios y pruebas de mercado.
  - Características:
    - Típicamente se usan para probar nuevos productos (yogurt) o en test políticos (encuestas).
    - Son buenos a corto plazo.
    - Relativamente caras.
    - Permiten identificar puntos de cambio

Métodos Cualitativos

- 3.- Analogía a los Ciclos de Vida:
  - Consiste en identificar en que fase de su vida se encuentra un producto, para esto se analizan las curvas de crecimiento de productos similares.
  - Fases:
    - Introducción.
    - Crecimiento.
    - Maduración.
    - Saturación.
  - Ejemplos:
    - Juguetes.
    - VHS.

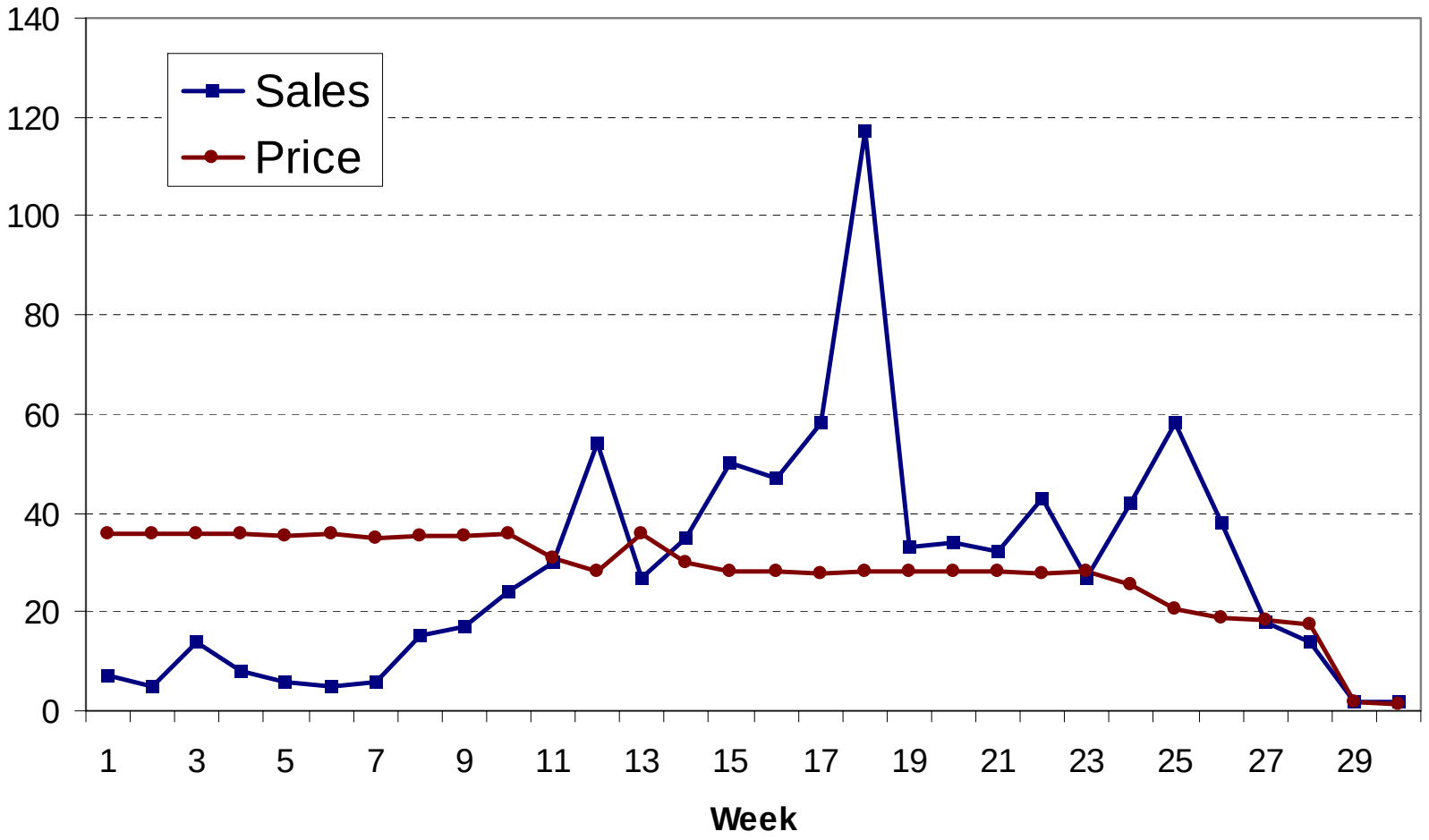
Métodos Cualitativos

- 4.- Juicio Bien Informado:
  - Se basa sólo en la experiencia y en la intuición.
  - Características:
    - Tienen un gran uso.
    - Posee una exactitud baja.
    - Costo bajo.
    - Regular en la identificación de puntos de cambio.
  - Ejemplo:
    - Edificios de departamentos.

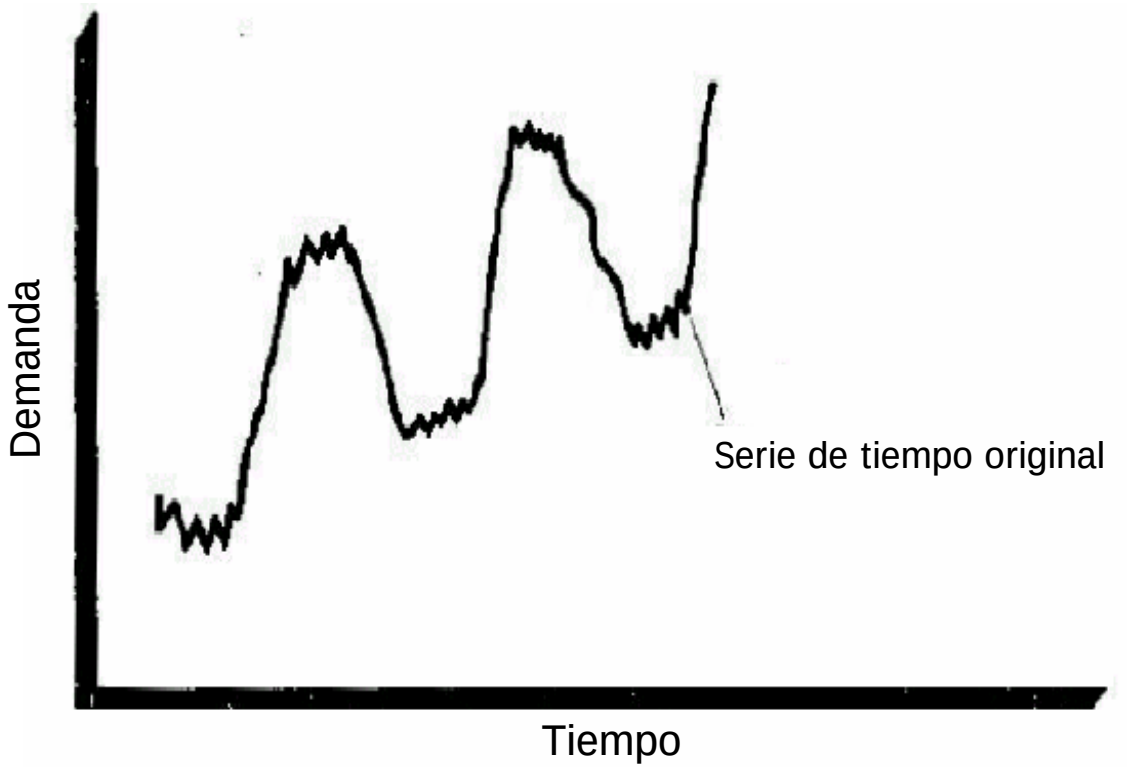
Series de Tiempo

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

Finding Components of Demand

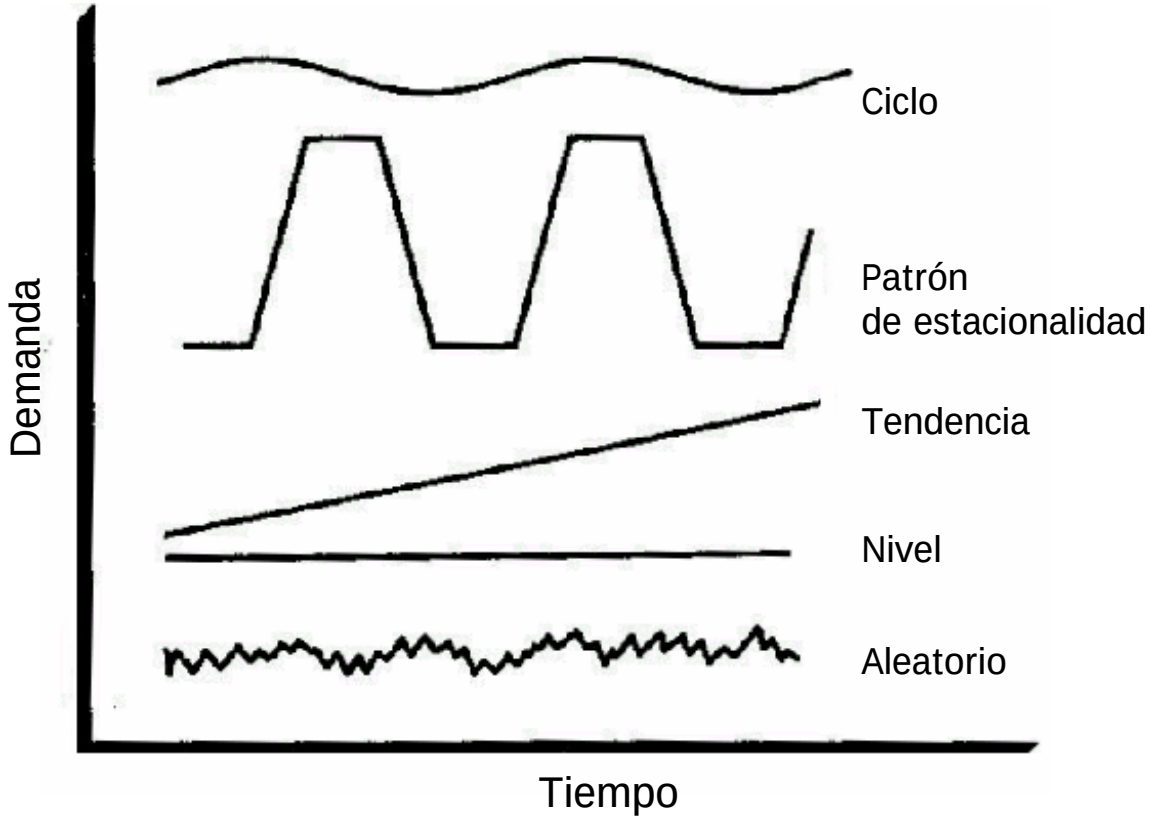


Series de Tiempo



Serie de Tiempo Original

Series de Tiempo



Serie de Tiempo Descompuesta

Series de Tiempo

- Componentes:
  - Ruido: parte aleatoria (si es muy alto es difícil hacer pronósticos).
  - Estacionalidad.
  - Tendencia.
  - Nivel (base).
  - .....
  - Qué mas ?

Series de Tiempo

- Notación:
  - D_t: demanda observada en el período t.
  - F_{t+1}: pronóstico para el período t+1.
  - A_t: promedio calculado para el período t.
  - $e_t = D_t - F_t$: error de pronóstico.

  - Típicamente se conocen D_{t-k},....., D_t y se busca F_{t+1}, F_{t+2},....

Series de Tiempo

- 1.- Promedios Móviles Simples:
  - Se sugiere que la serie de tiempo tiene componentes de valor promedio.

$$A_t = \frac{D_t + D_{t+1} + \ldots + D_{t-N+1}}{N}$$

  - Se toma $F_{t+1}=A_t$.

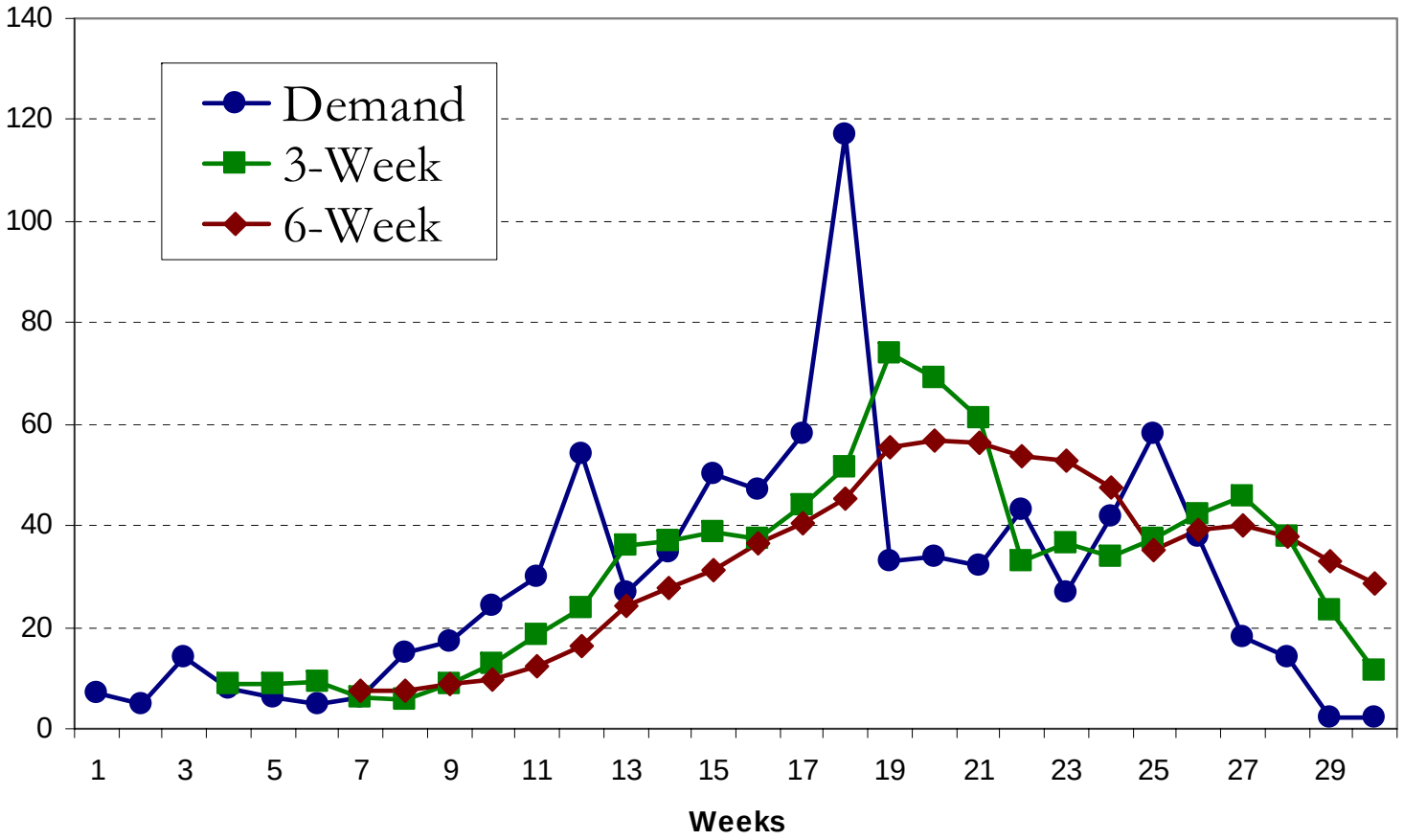
Calculando Promedios Móviles

Mes	Demanda	3-Mes	6-Mes
1	650		
2	678		
3	720		
4	785	682.67	
5	859	727.67	
6	920	788.00	
7	850	854.67	768.67
8	758	876.33	802.00
9	892	842.67	815.33
10	920	833.33	844.00
11	789	856.67	866.50
12	844	867.00	854.83

$F_4 = (650+678+720)/3 = 682.67$

$F_7 = (650+678+720+785+859+920)/6 = 768.67$

Promedio Móvil Simple



Series de Tiempo

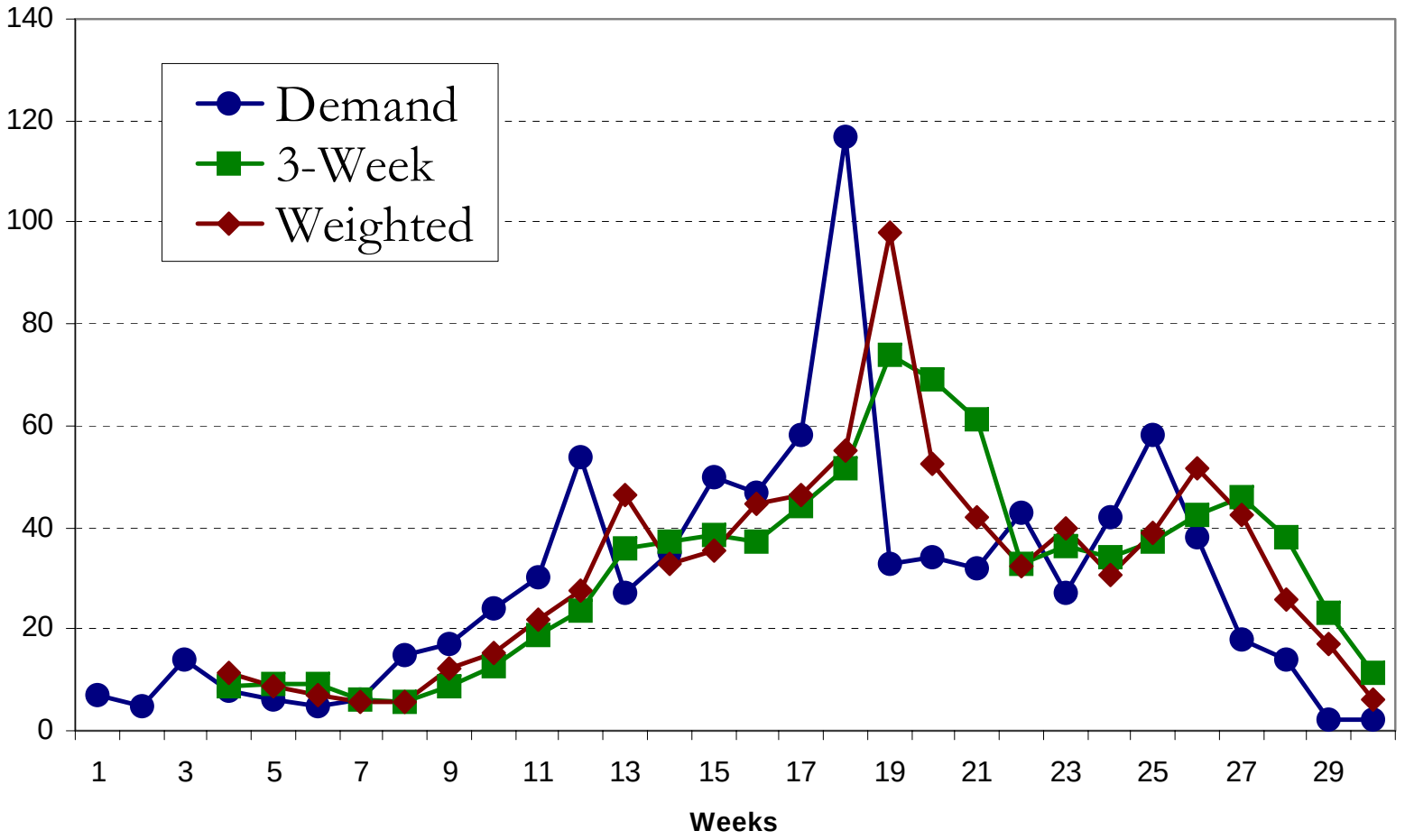
- 2.- Promedios Móviles Ponderados:
  - Si hay variabilidad en la demanda se pueden usar promedios móviles ponderados, asignando mayor ponderación a los últimos períodos.

$$F_{t+1} = A_t = W_t \cdot D_t + ... + W_{t-N+1} \cdot D_{t-N+1}$$

$$\sum_{i=t-N-1}^{t} W_i = 1 \qquad (\text{caso simple}, W_i = \tfrac{1}{N})$$

  - No es recomendable por:
    - Complejidad.
    - Se deben llevar los registros de demanda históricos.
    - Cálculo de las ponderaciones.

Promedio Móvil Ponderado



Series de Tiempo

- 3.- Alisamiento Exponencial Simple:

$$A_t = \alpha \cdot D_t + (1-\alpha) \cdot A_{t-1} \qquad 0 < \alpha < 1$$

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

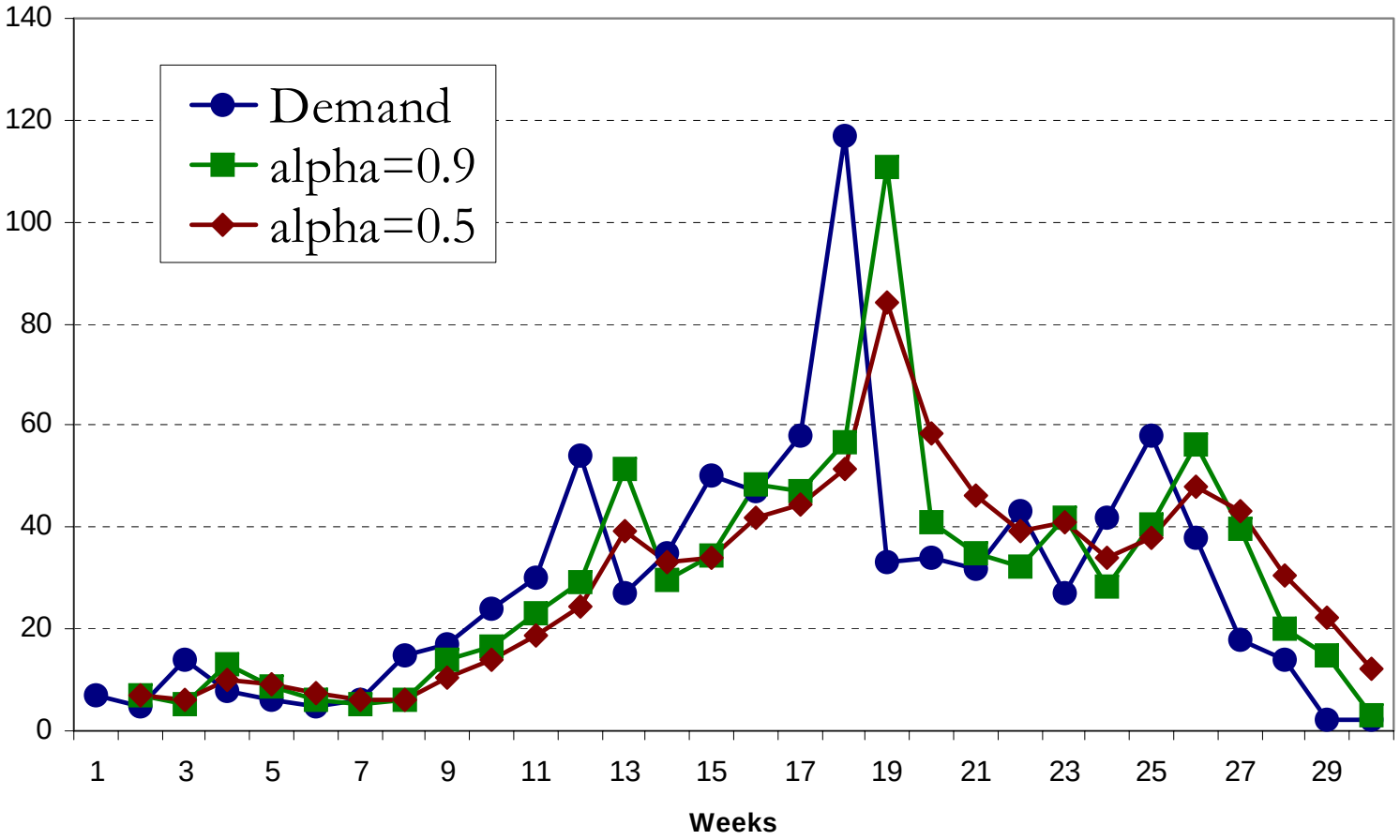
  - A_{t-1} refleja la historia.
  - Si se cree en la última demanda $\alpha \to 1$.
  - Si se cree en la historia $\alpha \to 0$.

Series de Tiempo

- El efecto de los primeros períodos se va atenuando en forma exponencial:

$$
\begin{aligned}
F_{t+1} &= \alpha \cdot D_t + (1-\alpha) \cdot A_{t-1} \\
&= \alpha \cdot D_t + (1-\alpha) \cdot \left[\alpha \cdot D_{t-1} + (1-\alpha) \cdot A_{t-2}\right] \\
&= \alpha \cdot D_t + (1-\alpha) \cdot \alpha \cdot D_{t-1} + (1-\alpha)^2 \cdot \alpha \cdot D_{t-2} + \ldots \\
&\ldots + (1-\alpha)^t \cdot D_1
\end{aligned}
$$

Alisamiento Exponencial Simple



Series de Tiempo

- 4.- Alisamiento Exponencial con Tendencia:

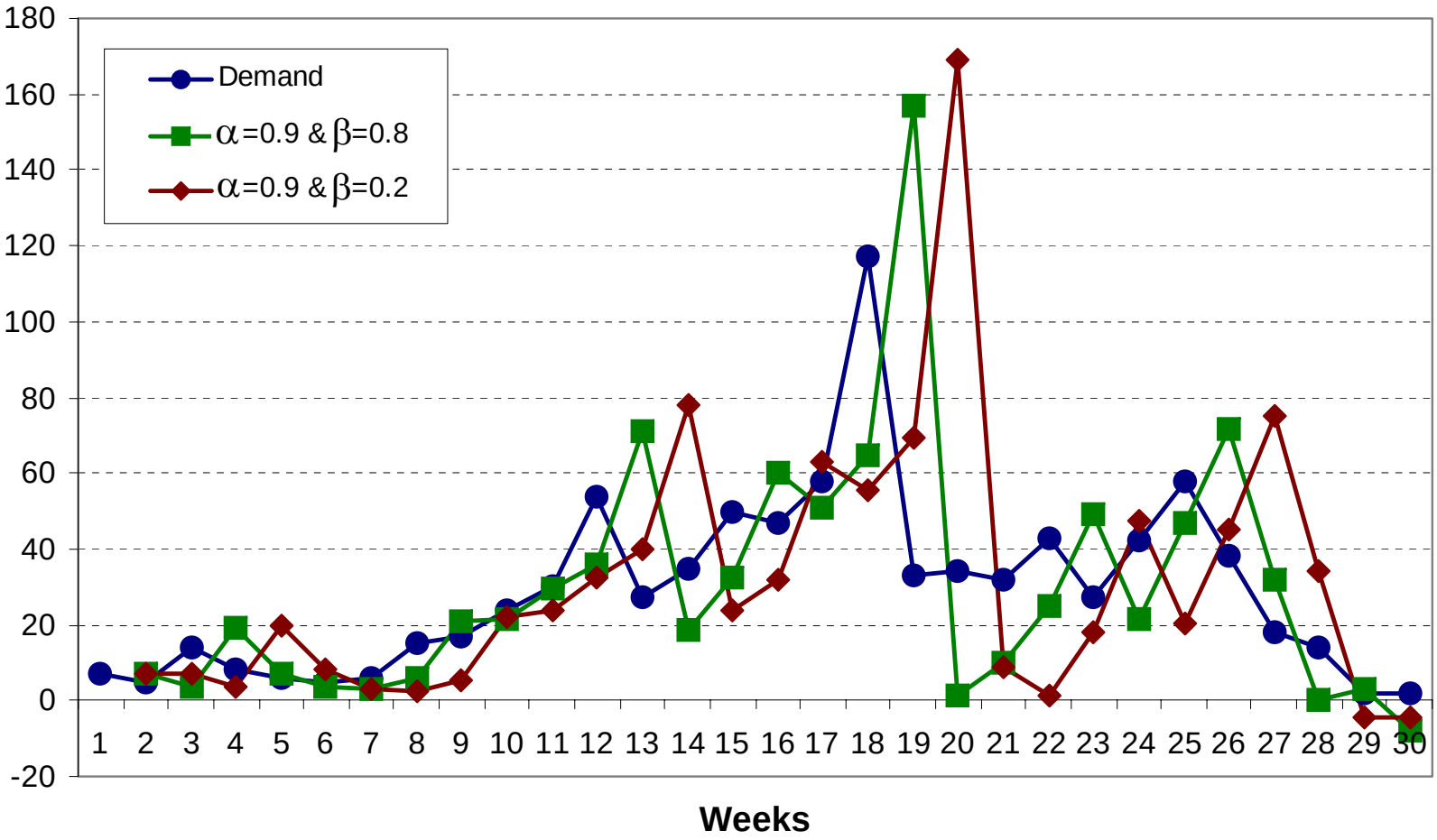
$$A_t = \alpha \cdot D_t + (1-\alpha) \cdot (A_{t-1} + T_{t-1}) \qquad 0 < \alpha < 1$$

$$T_t = \beta \cdot (A_t - A_{t-1}) + (1-\beta) \cdot T_{t-1} \qquad 0 < \beta < 1$$

$$F_{t+k} = A_t + k \cdot T_t \qquad k = 1,2,...$$

  - Donde T_t es la tendencia.

Alisamiento Exponencial con Tendencia



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:

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

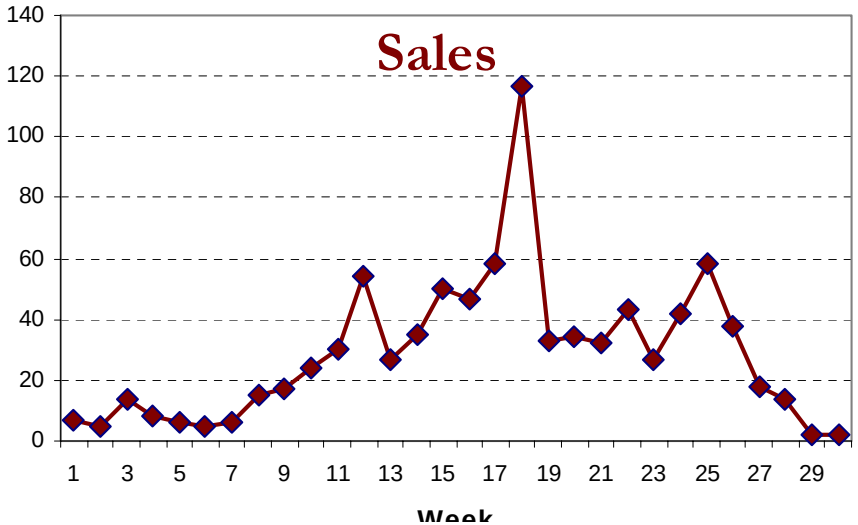
$$1\,\text{MAD} \approx 0.8\,\text{desv. estandard}$$

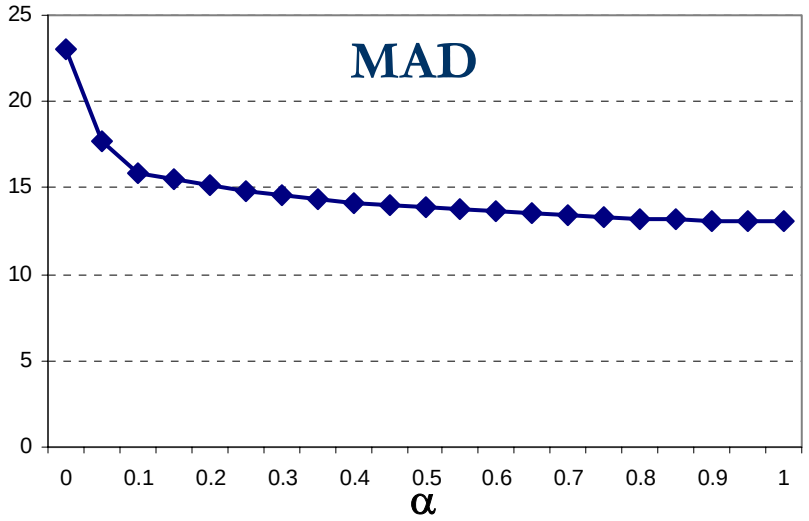
$$1\,\text{des. estandard} \approx 1.25\,\text{MAD}$$

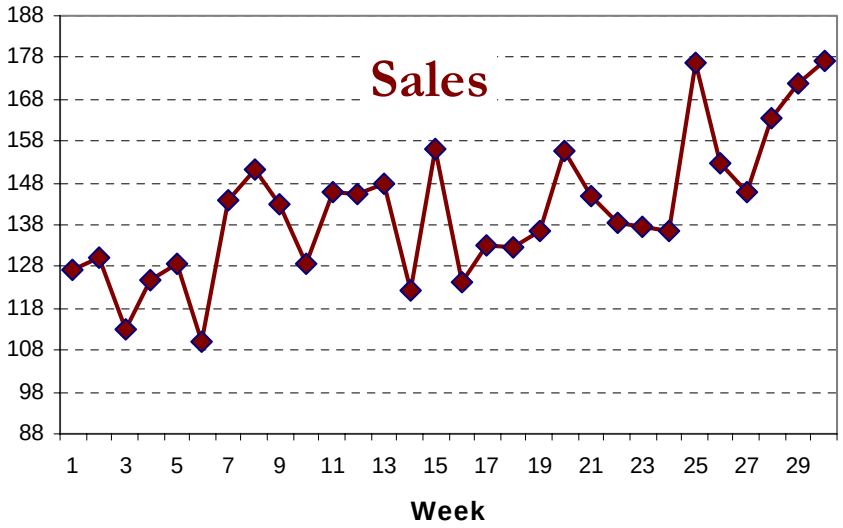
- El valor ideal de MAD es cero (ie, no existe error de pronósticos).
- Mientras mas grande MAD, menor la precisión del modelo. MAD se usa para
  - Compare distintos modelos de pronósticos.
  - Elegir el "mejor" modelo dentro de una familia de modelos

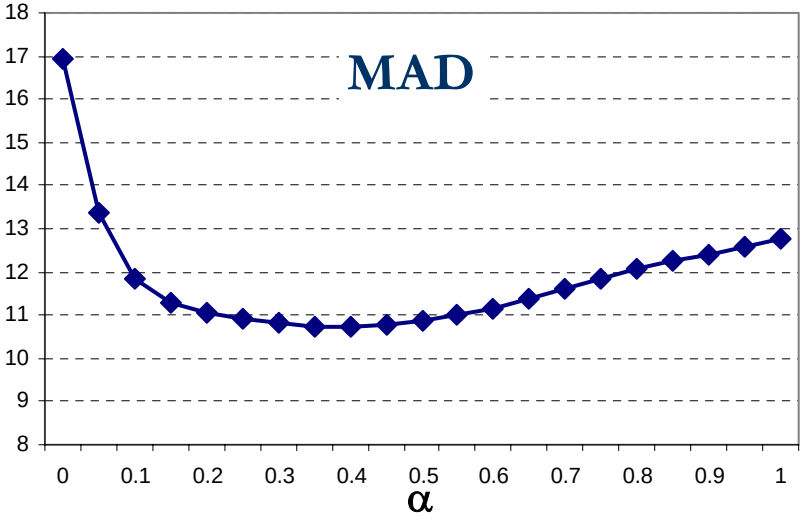
MAD para Determinar Error de Pronóstico

Ej: Suavizado Exponencial Simple









Métodos Causales

- 1.- Regresión Lineal:

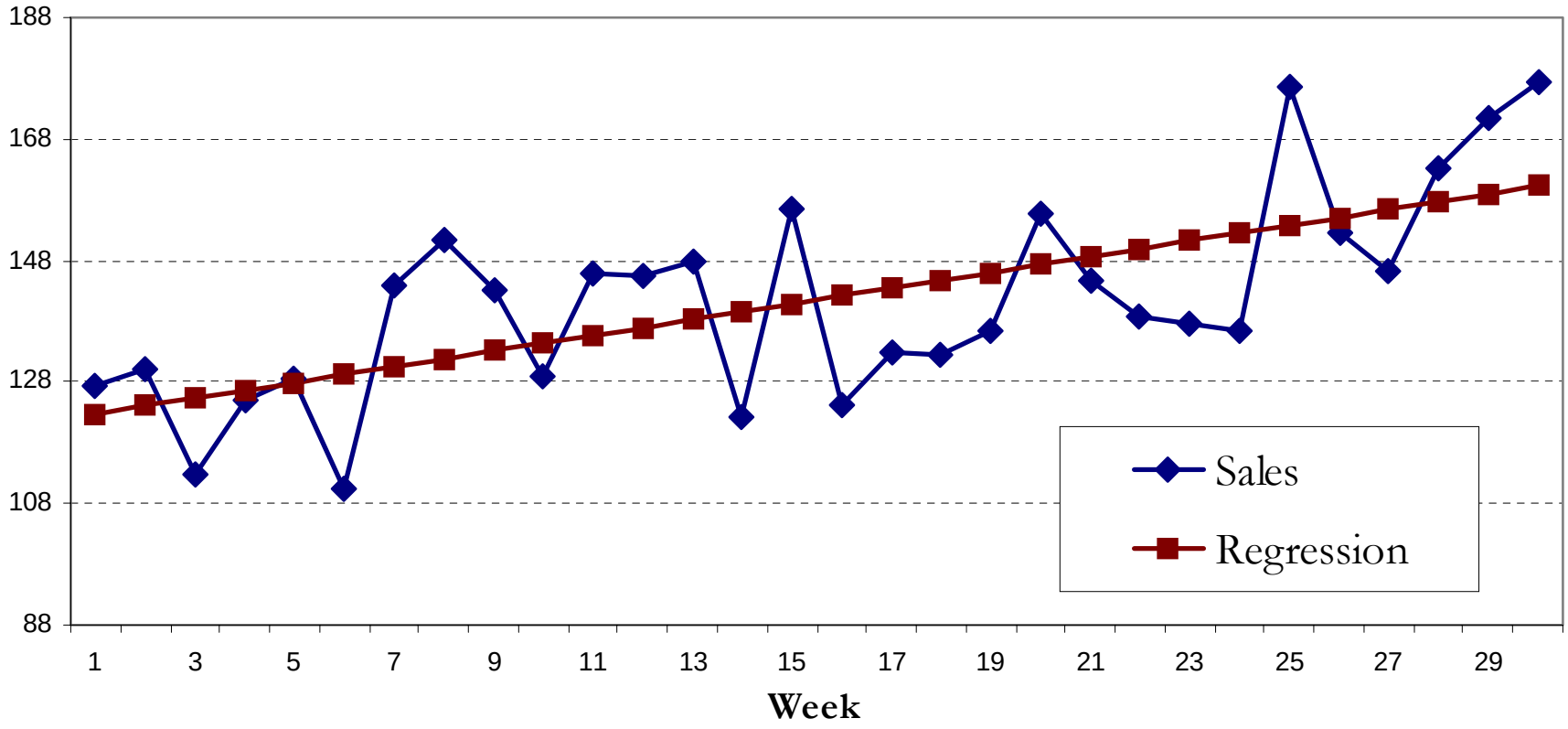
$$\hat{y} = a + b \cdot x$$

  - x : variable independiente.
  - $\hat{y}$: variable dependiente.

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

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

Regresión Lineal



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.

Métodos Causales

- Ejemplo:
  - y: Venta de periódicos.
  - x_1: Número de habitantes.
  - x_2: Ingreso per capita.
  - x_3: Competencia.

- Se puede extender a formulaciones complejas.

$$\hat{y} = f(x, z, w)$$

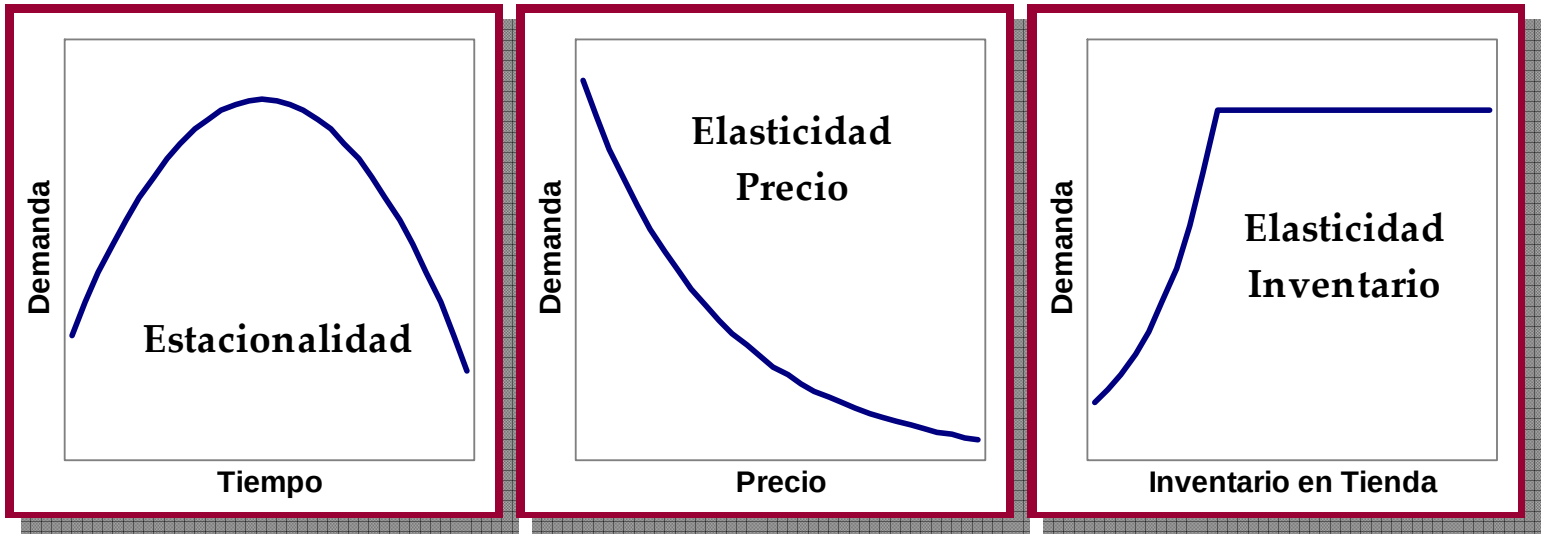
Métodos Causales

- 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.

Aplicación

Estimación de Demanda Para una Tienda por Departamentos

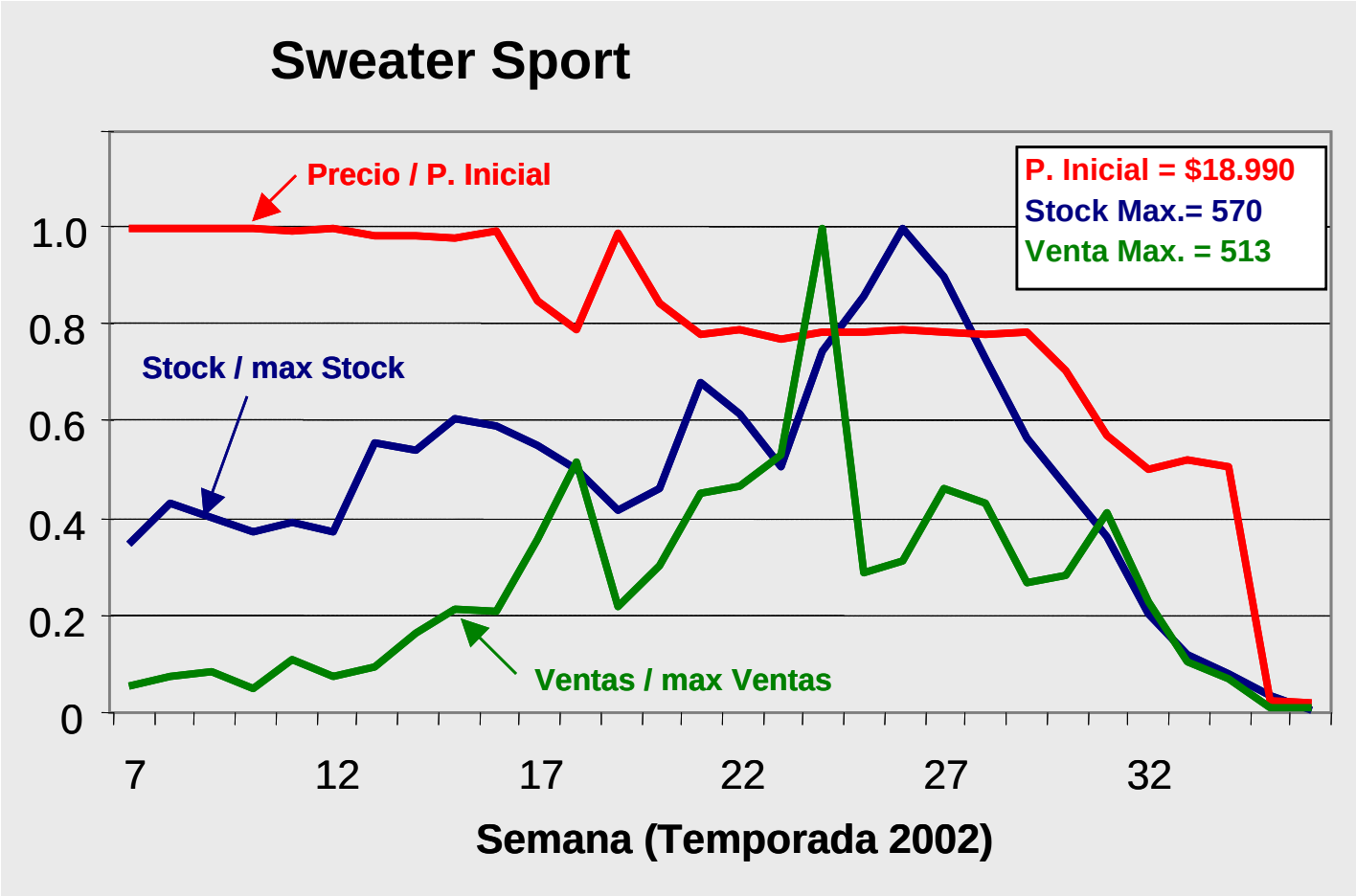
Modelo de 3 Factores



Demanda = Estacionalidad × Elast. Precio × Elast. Inventario

Aplicación

Modelo de 3 Factores



Aplicación

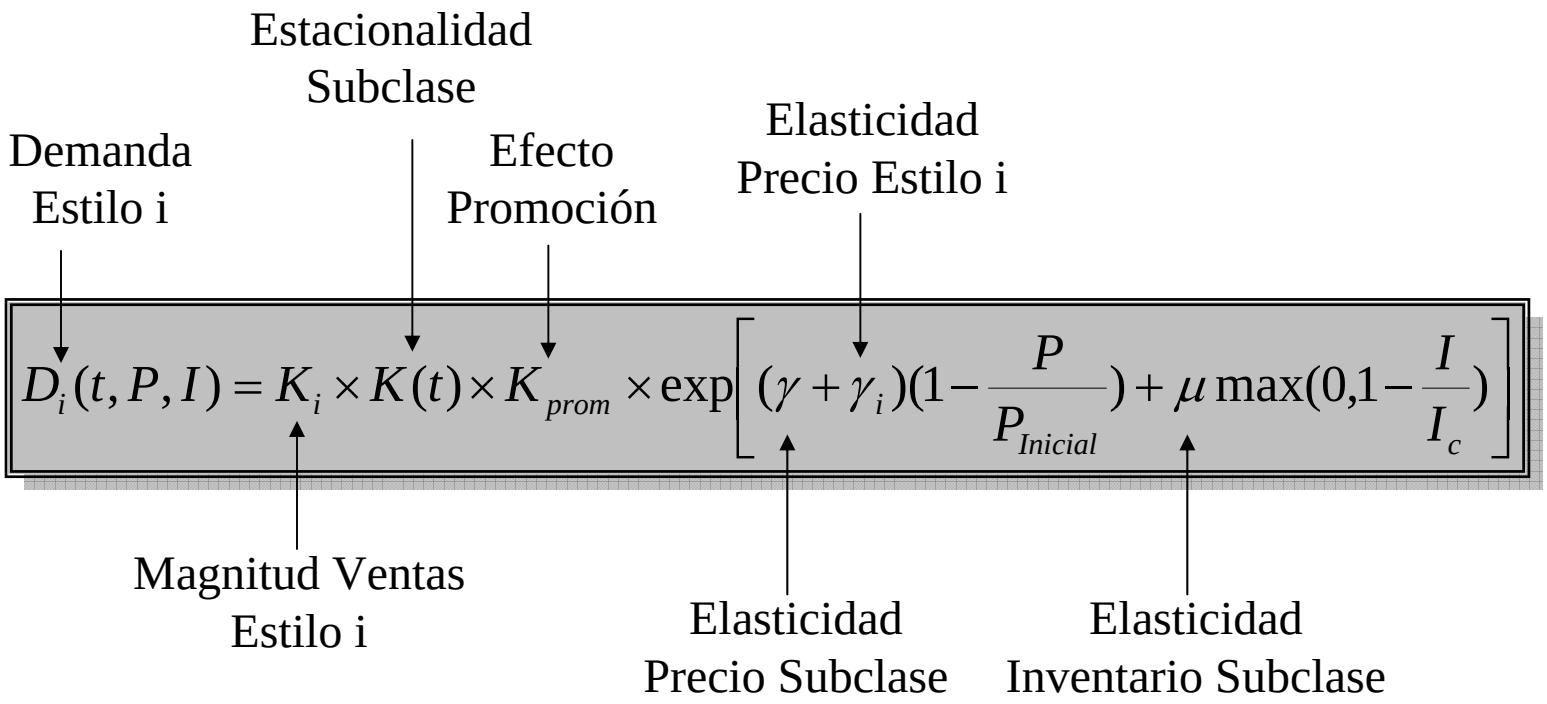
Enfoque de Estimación Jerárquico

Datos Agrupados por Subclase y Grupos de Tiendas
- Estacionalidad Temporal
- Efecto Promoción
- Elasticidades Precio e Inventario Promedio

Datos Agrupados por Estilo y Grupos de Tiendas
- Estacionalidad Precio Especifica del Estilo

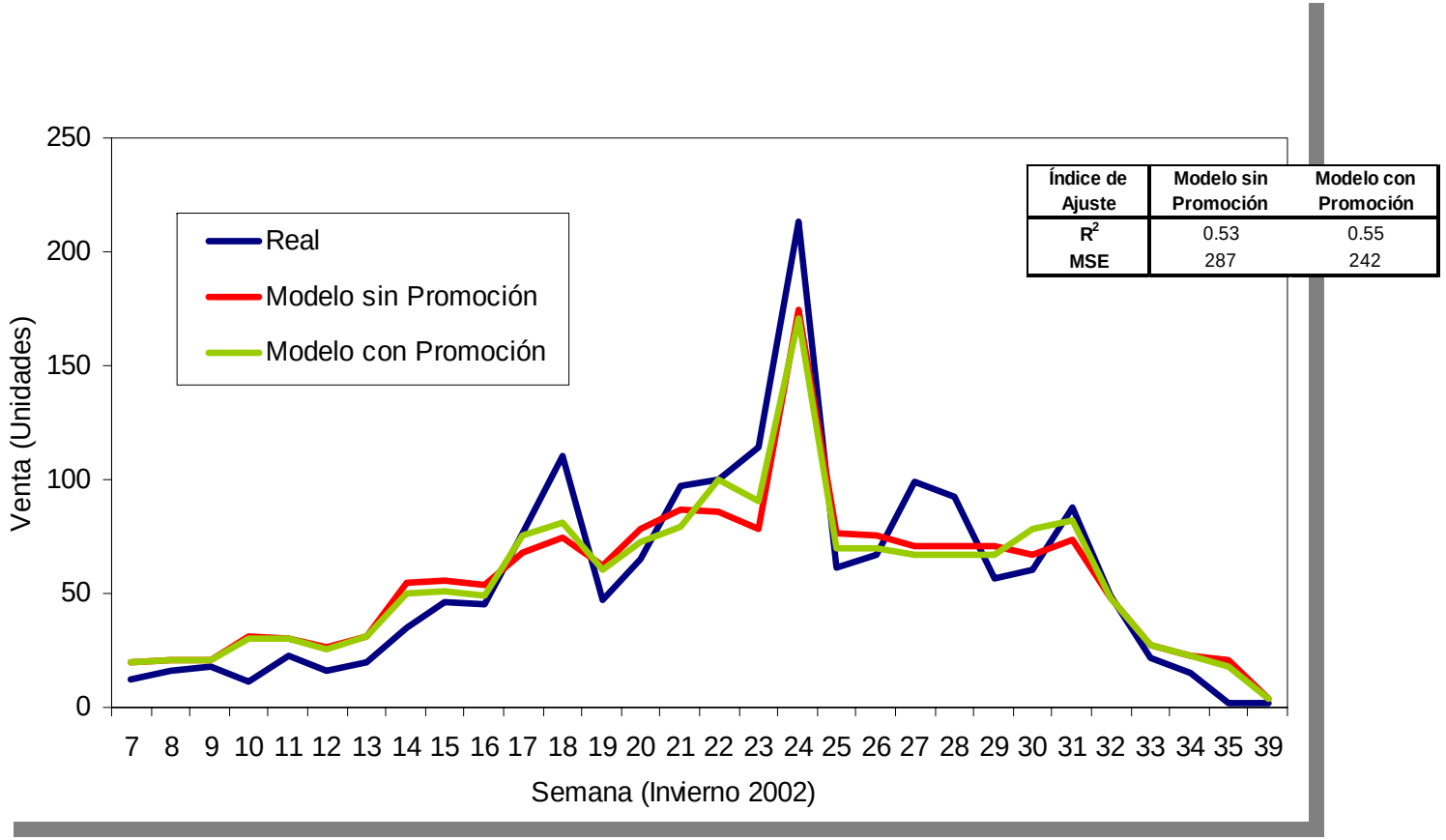
Datos Agrupados por Estilo y Tienda
- Factor de Ajuste Magnitud de Ventas Específica a cada Estilo y Tienda

Aplicación: Modelo



t = Tiempo (Semana)	I = Inventario
P = Precio	I_c = Inventario Crítico
$P_{Inicial}$ = Precio Inicial (salida)	

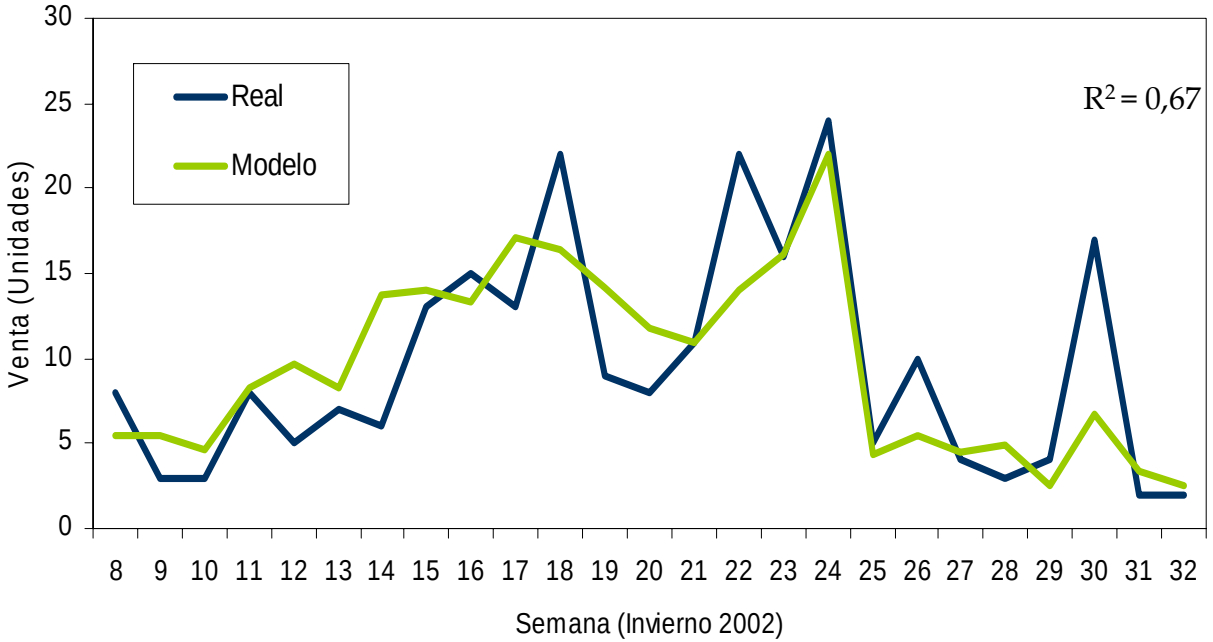
Aplicación: Resultados



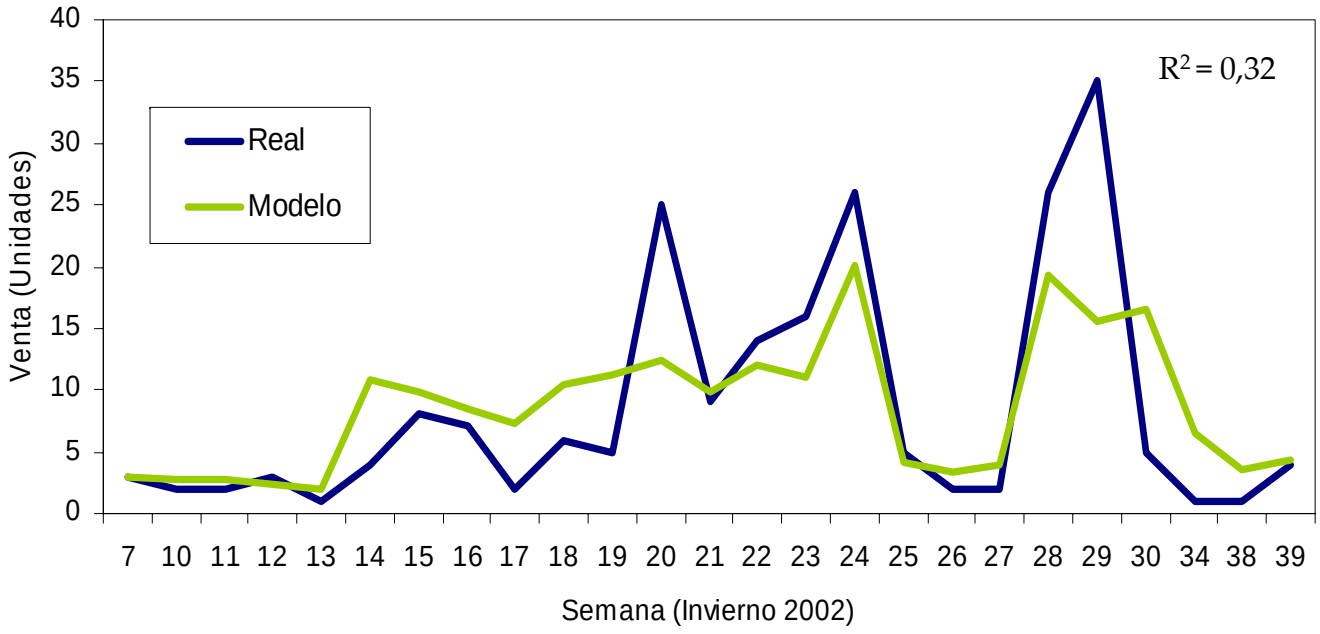
Índice de Ajuste	Modelo sin Promoción	Modelo con Promoción
R^2	0.53	0.55
MSE	287	242

✓**Ajuste mejora al considerar Efecto Promoción**

Aplicación: Resultados



Aplicación: Resultados



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

- 4.- 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 calidad del pronóstico.
  - Ejemplo: Falabella vs Negocio chico.
- 4.- Disponibilidad de datos.
- 5.- Patrón de datos.
  - Si es causal no se pueden usar series de tiempo.