



Gestión de Operaciones

Capítulo 2: Pronósticos de Demanda



Introducción

- Objetivo:
 - Permiten estudiar la demanda futura, acción importante en el diseño de un producto.
- Ejemplos :
 - Compac, fue líder en la venta de PCs durante los 80 al pronosticar efectivamente el crecimiento de la demanda.
 - Ford acertó al estimar la demanda por un auto más sencillo y barato.
 - Fracaso al no pronosticar la necesidad de diversificar (Slogan de G.M.).



Introducción

- Para tener en cuenta:
 - Pronóstico - Planeación.
 - Demanda - Ventas.

Nota: Se llama muestreo censurado al proceso de conteo en que las demandas mayores al stock disponible no se registran. Existen métodos estadísticos que tratan de extrapolar los datos que se tiene para estimar la demanda más probable. Con éstos se mejora significativamente el pronóstico.



Introducción

- Es importante ver el horizonte y nivel de agregación que se requiere para el pronóstico de demanda:
 - Nivel Estratégico:
 - Largo plazo.
 - Muy agregado.
 - Nivel Táctico:
 - Mediano plazo.
 - Menos agregado.



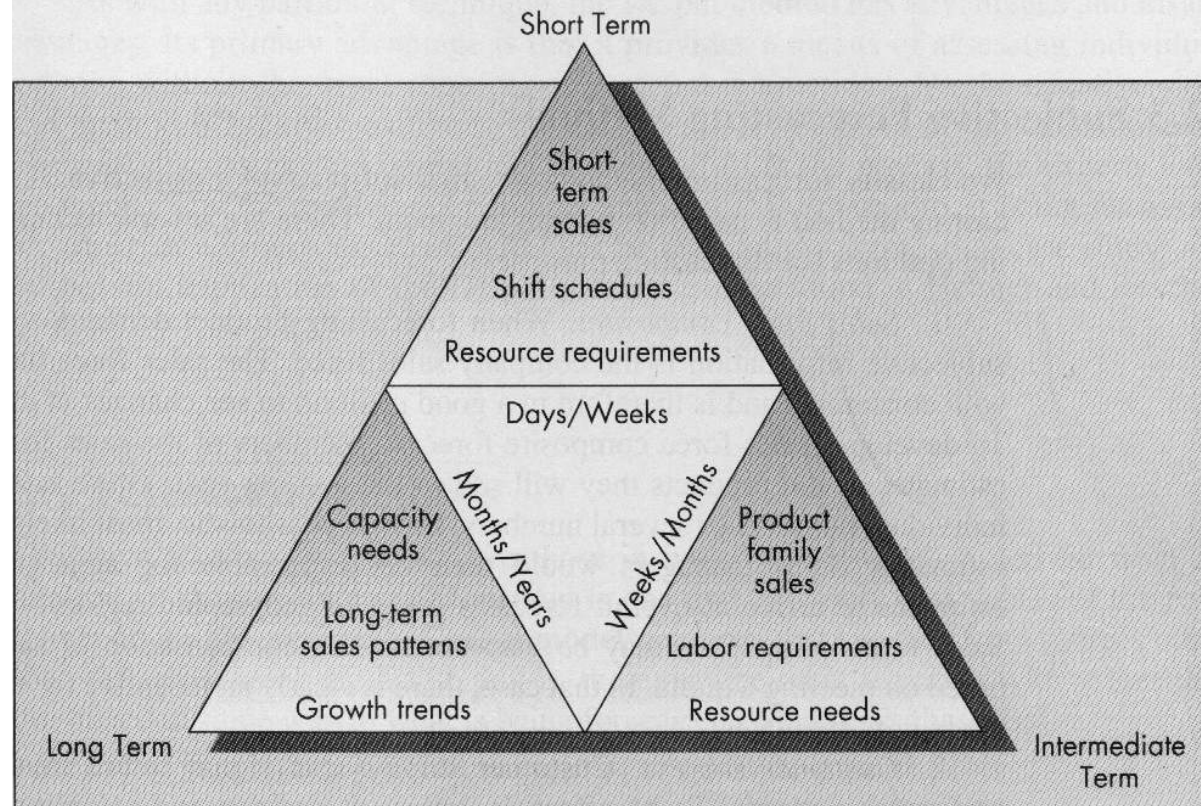
Introducción

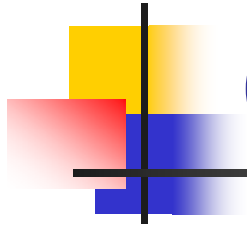
- Nivel Operativo:
 - Corto plazo.
 - Detallado.

- 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.

Introducción

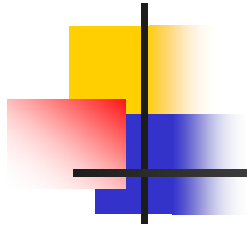
Forecast horizons in operation planning





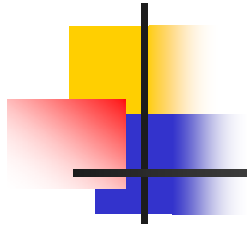
Características de Pronósticos

- Pueden fallar. Debe tenerse flexibilidad de reacción.
- Pronósticos no es sólo en número, mas bien un rango o tener una varianza de la distribución.
- Pronósticos agregados son más exactos. Si demandas son independientes, la varianza del promedio es menor que la varianza de cada item.
- Mejor pronósticar demanda por una línea de productos por cada producto.
- A mayor horizonte, menor exactitud de pronóstico.
- Se debe considerar información adicional. Ejemplo: Se acaba de instalar supermercado al lado de mi almacén



Introducción

- Principales características:
 - Pueden fallar, por lo que deben tener flexibilidad de reacción.
 - Pronosticar no es sólo obtener un número, sino definir un rango y una varianza para los valores que toma éste.
 - Pronósticos agregados son más exactos. Si las demandas son independientes, la varianza del promedio es menor que la suma de las varianzas de cada ítem. Por ejemplo, es mejor pronosticar demanda por líneas de productos que por cada producto.
 - A mayor horizonte, menor exactitud de pronóstico.
 - Se debe considerar información adicional. Ejemplo: Se acaba de instalar supermercado al lado de mi almacén.



Métodos de Pronóstico

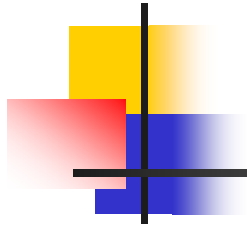
- Existen dos tipos:
 - Métodos Cualitativos: son aquellos que dependen de juicios.
 - Métodos Cuantitativos: son aquellos que poseen un modelo subyacente.
 - Los datos y patrones de datos se utilizan como indicadores confiables para predecir el futuro.
 - Incluyen Series de Tiempo y Modelos Causales.



Métodos de Pronóstico

■ Usos:

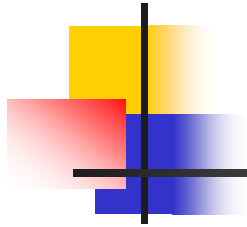
Uso	Horizonte de tiempo	Exactitud necesaria	Número de productos	Nivel gerencial	Método de pronóstico
Diseño del proceso	largo	media	uno o pocos	alto	cualitativos y causales
Planeación de la capacidad de las instalaciones	largo	media	uno o pocos	alto	cualitativos y causales
Planeación Agregada	mediano	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:
 - Productos nuevos.



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.



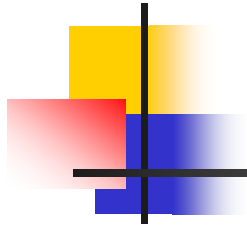
Métodos Cualitativos

- 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.- Encuestas de Mercado:
 - Corresponden básicamente a paneles, cuestionarios y pruebas de mercado.
 - Características:
 - Típicamente se usan para probar nuevos productos (yoghurt) o en test políticos (encuestas).
 - Son buenos a corto plazo.
 - Poseen un alto costo.
 - Permiten identificar puntos de cambio



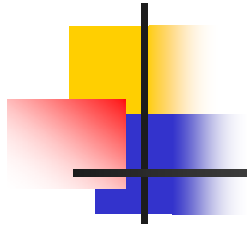
Métodos Cualitativos

- 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.



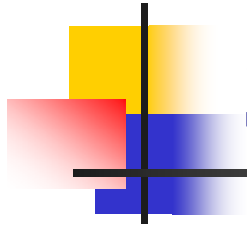
Métodos Cualitativos

- Características:
 - Son de largo plazo.
 - Poseen una exactitud regular.
 - No capta puntos de cambio.
 - Costo bajo a medio.
- Ejemplos:
 - Juguetes.
 - VHS.



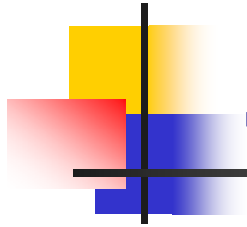
Métodos Cualitativos

- 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.

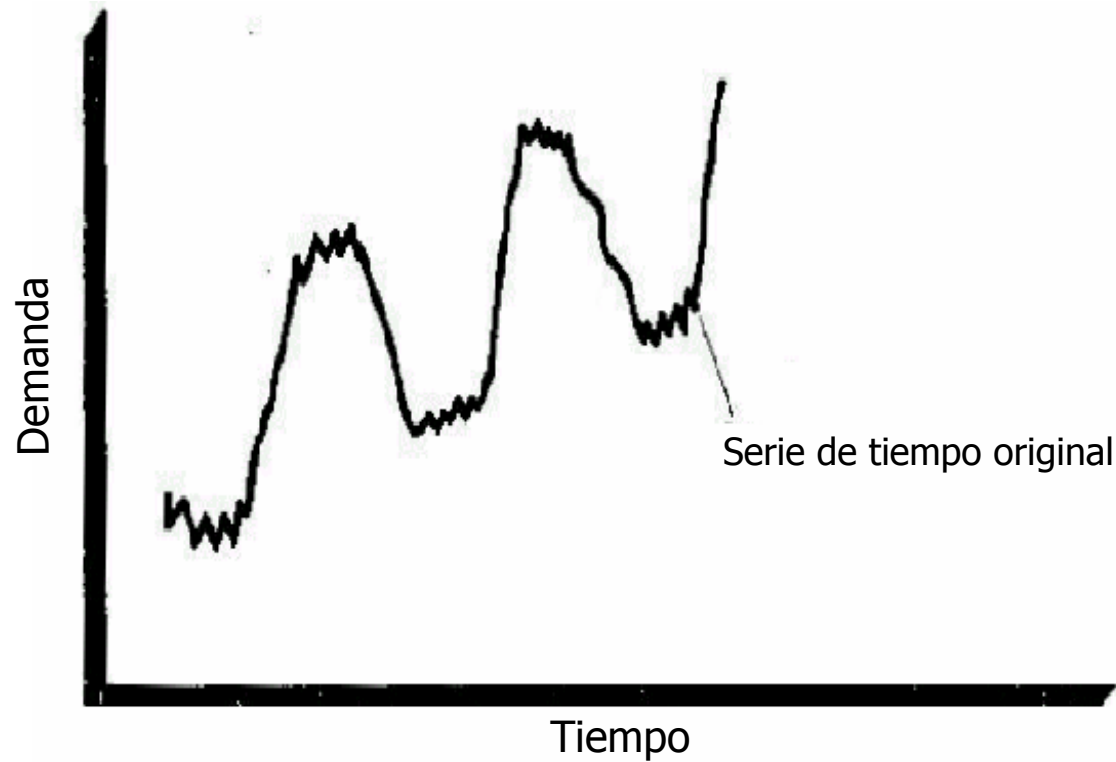


Series de Tiempo

- 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.

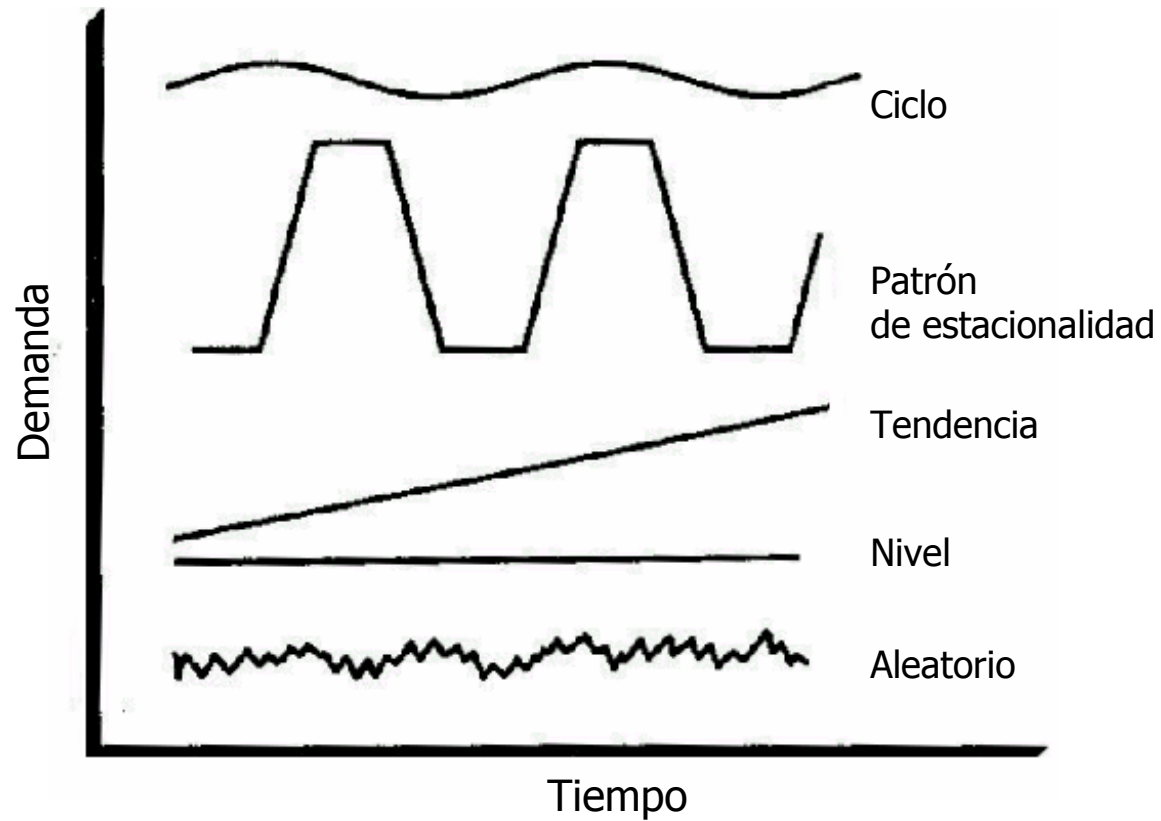


Series de Tiempo



Serie de Tiempo Original

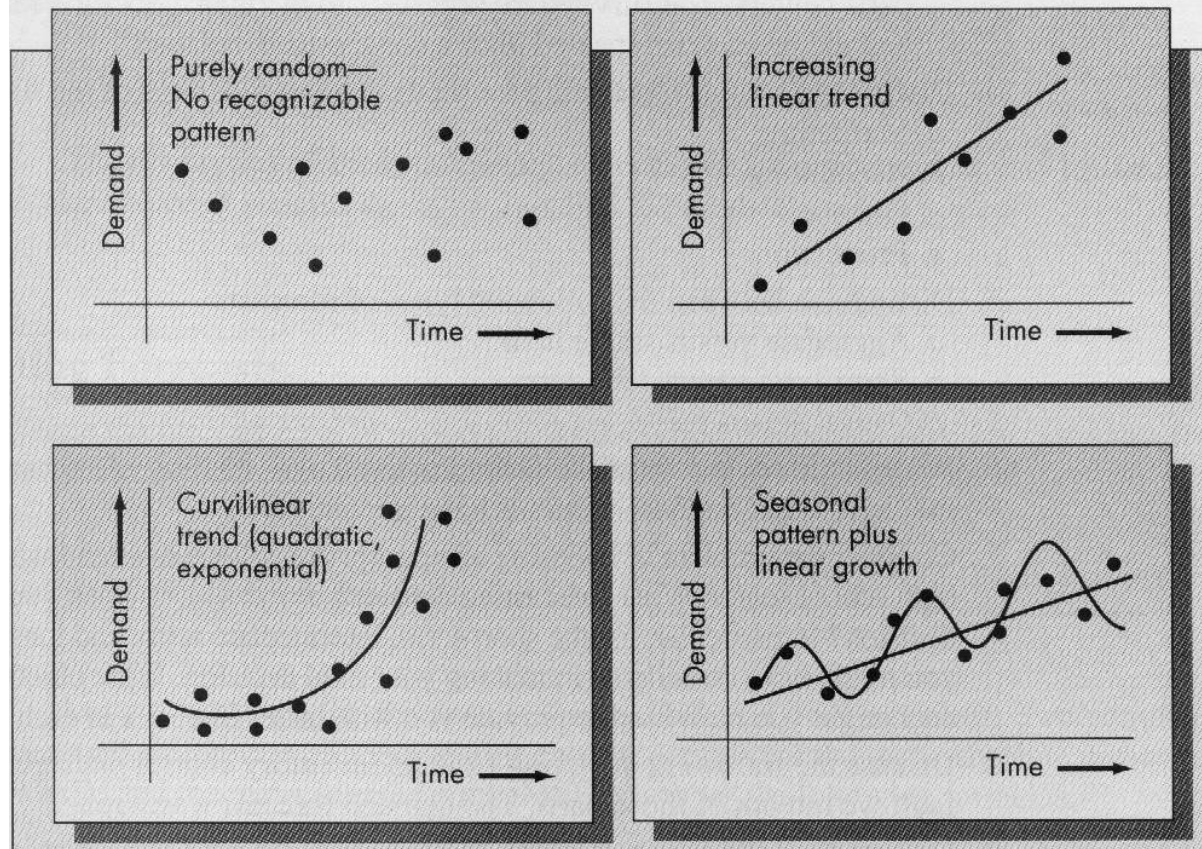
Series de Tiempo

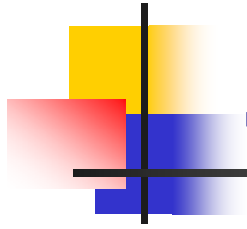


Serie de Tiempo Descompuesta

Series de Tiempo

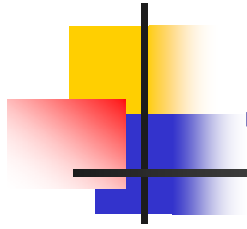
Time series patterns





Series de Tiempo

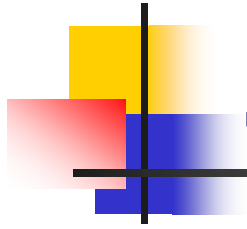
- Componentes:
 - Ruido: parte aleatoria (si es muy alto es difícil hacer pronósticos).
 - Estacionalidad.
 - Tendencia.
 - Nivel (base).
- Ejemplos:
 - Zapatos.
 - Helados.
 - Entradas al estadio.



Series de Tiempo

- Notación:

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



Series de Tiempo

- 1.- Promedios Móviles:

- Se sugiere que la serie de tiempo tiene componentes de valor promedio.

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

- Se toma $F_{t+1} = A_t$
- Si la demanda es estable, el pronóstico de demanda basado en móviles es insesgado.
- Si hay variabilidad en la demanda se pueden usar promedios móviles ponderados, asignando mayor ponderación a los últimos períodos.



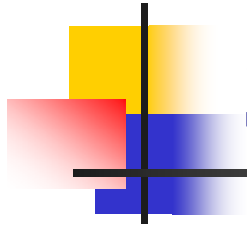
Series de Tiempo

- 2.- Promedios Móviles Ponderados:

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

$$\sum_{i=t-N+1}^t W_i = 1 \quad \left(\text{caso anterior, } W_i = \frac{1}{N} \right)$$

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



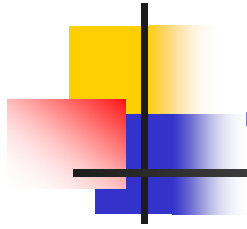
Series de Tiempo

■ 3.- Alisamiento Exponencial Simple:

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

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

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



Series de Tiempo

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

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



Series de Tiempo

- Forma de Uso:

- Se requiere de las demandas históricas (D_t) y de un promedio inicial (A_0).

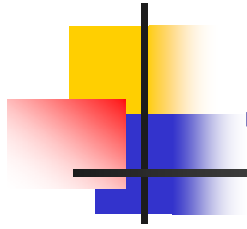
$$A_1 = \alpha \cdot D_1 + (1 - \alpha) \cdot A_0 \rightarrow F_2$$

$$A_2 = \alpha \cdot D_2 + (1 - \alpha) \cdot A_1 \rightarrow F_3$$

- Se va calibrando α .

- Ejemplos:

- Fábrica de Zapatos.
- Chilectra.



Series de Tiempo

- 4.- Alisamiento Exponencial con Tendencia:

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

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

$$F_{t+k} = A_t + k \cdot T_t$$

- Donde T_t es la tendencia.



Series de Tiempo

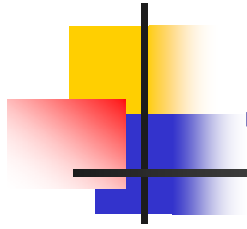
- 4.- Alisamiento Exponencial con Estacionalidad de Largo L :

$$A_t = \alpha \cdot \left(\frac{D_t}{R_{t-L}} \right) + (1 - \alpha) \cdot A_{t-1} \quad 0 < \alpha < 1$$

$$R_t = \gamma \cdot \left(\frac{D_t}{A_t} \right) + (1 - \gamma) \cdot R_{t-L} \quad 0 < \gamma < 1$$

$$F_{t+k} = (A_t) \cdot R_{t-L+k}$$

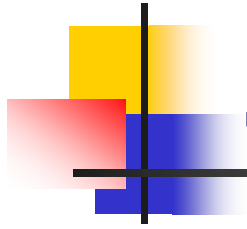
- Donde R_t es el factor de estacionalidad.



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:

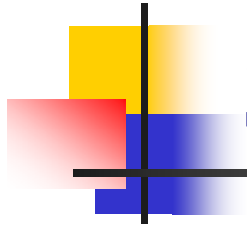
$$MAD = \frac{\sum_t |D_t - F_t|}{n}$$



Series de Tiempo

$$MAD_t = \alpha \cdot |F_t - D_t| + (1 - \alpha) \cdot MAD_{t-1}$$

- Se ajusta α .
- Si $|F_t - D_t| > 3,75 \times MAD_t$ (tres desviaciones standard), entonces existen sospechas de valor extremo.
- En un enfoque aproximado σ corresponde a $1,25 \times MAD$, para una función normal.



Series de Tiempo

- Señal de Rastreo:

$$T = \frac{\text{suma acumulada de la desviación del pronóstico}}{\text{MAD}}$$

- Donde el numerador corresponde al sesgo y el denominador al último MAD observado.
- Si $T \notin [-6, +6]$ (confiabilidad menor al 97%), entonces debe revisarse el modelo ya que esta sesgado.



Métodos Causales

- 1.- Regresión:

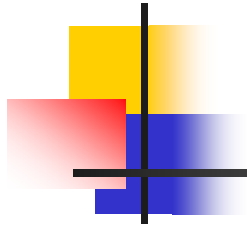
$$\hat{y} = a + b \cdot x$$

- x : variable independiente.

- \hat{y} : variable dependiente.

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

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

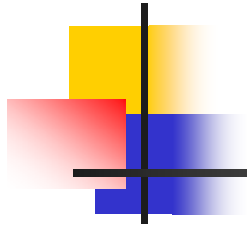


Métodos Causales

- Como resultado se obtiene:

$$a = \frac{\sum_i y_i}{n} - b \cdot \frac{\sum_i x_i}{n}$$

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



Métodos Causales

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

- Donde R^2 mide la proporción de la variación de y explicada por x .
- Valores sobre 0,95 se consideran buenos.



Métodos Causales

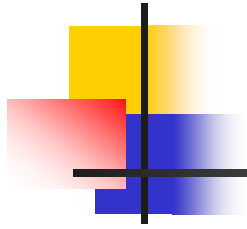
- Ejemplo:
 - y : Venta de periódicos.
 - x_1 : Número de habitantes.
 - x_2 : Ingreso per capita.
 - x_3 : Competencia.
- Se puede extender a formulaciones complejas.

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



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.



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.



Métodos Causales

- Ejemplos:
 - Precio cobre.
 - Sectores de la economía.



Métodos Causales

- 3.- Modelos de Insumo (Leontieff):
 - Describen el flujo de un sector de la economía a otro para predecir los insumos que se necesitan para producir los productos que requiere otro sector.
 - Características:
 - Poseen un costo muy alto.
 - Buena exactitud.
 - Son de corto plazo.
 - Débiles para identificar puntos de cambio.
 - Ejemplo:
 - Ventas de la construcción afectan las de cemento.



Métodos Causales

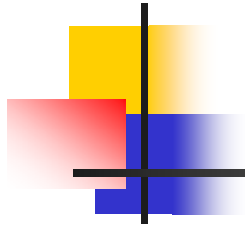
- 4.- Simulación:

- 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.
 - Box-Jenkins es una serie de tiempo autocorrelacionada (por ejemplo, si demanda sube en t , es probable que siga subiendo en $(t+1)$, que exige mas de 60 datos (60 meses).
- 5.- Patrón de datos.
 - Si es causal no se pueden usar series de tiempo.