



# ICS3213 – Gestión de Operaciones

Sección 3

Primer Semestre 2025

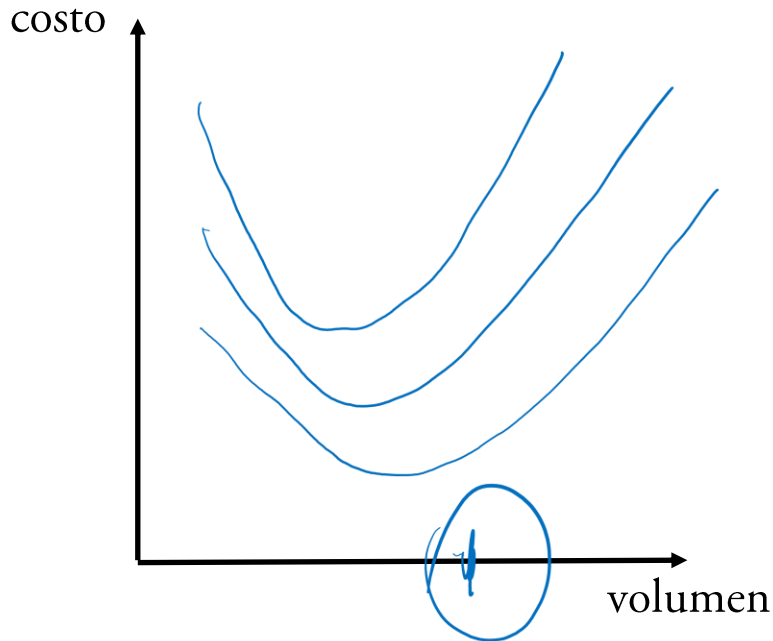
Profesor: Rodrigo A. Carrasco

# Avisos

- La lectura complementaria de esta parte es el Capítulo 15 del libro “*Administración de Operaciones*” por R. Chase, F. Jacobs y N. Aquilano.
- Dejé dos lecturas complementarias de HBR en el Módulo correspondiente. No es material que se evaluará en el curso, pero que será de gran ayuda en su trabajo futuro.
- El jueves tendremos control de la materia que estaremos viendo de pronósticos.
- Está disponible en Canvas la I1 para la casa. Se entrega el 7 de abril.

# Importancia de un buen pronóstico

Problema de Capacidad



Problema de Localización

$$\min_{x,y} \sum_{i=1}^n f_i y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m D_j c_i x_{ij}$$

s. t.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = \{1, \dots, m\}$$

$$\sum_{j=1}^m D_j x_{ij} \leq K_i y_i, \quad i = \{1, \dots, n\}$$

$$y_i \in \{0,1\}, \quad i = \{1, \dots, n\}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = \{1, \dots, n\}, j = \{1, \dots, m\}$$

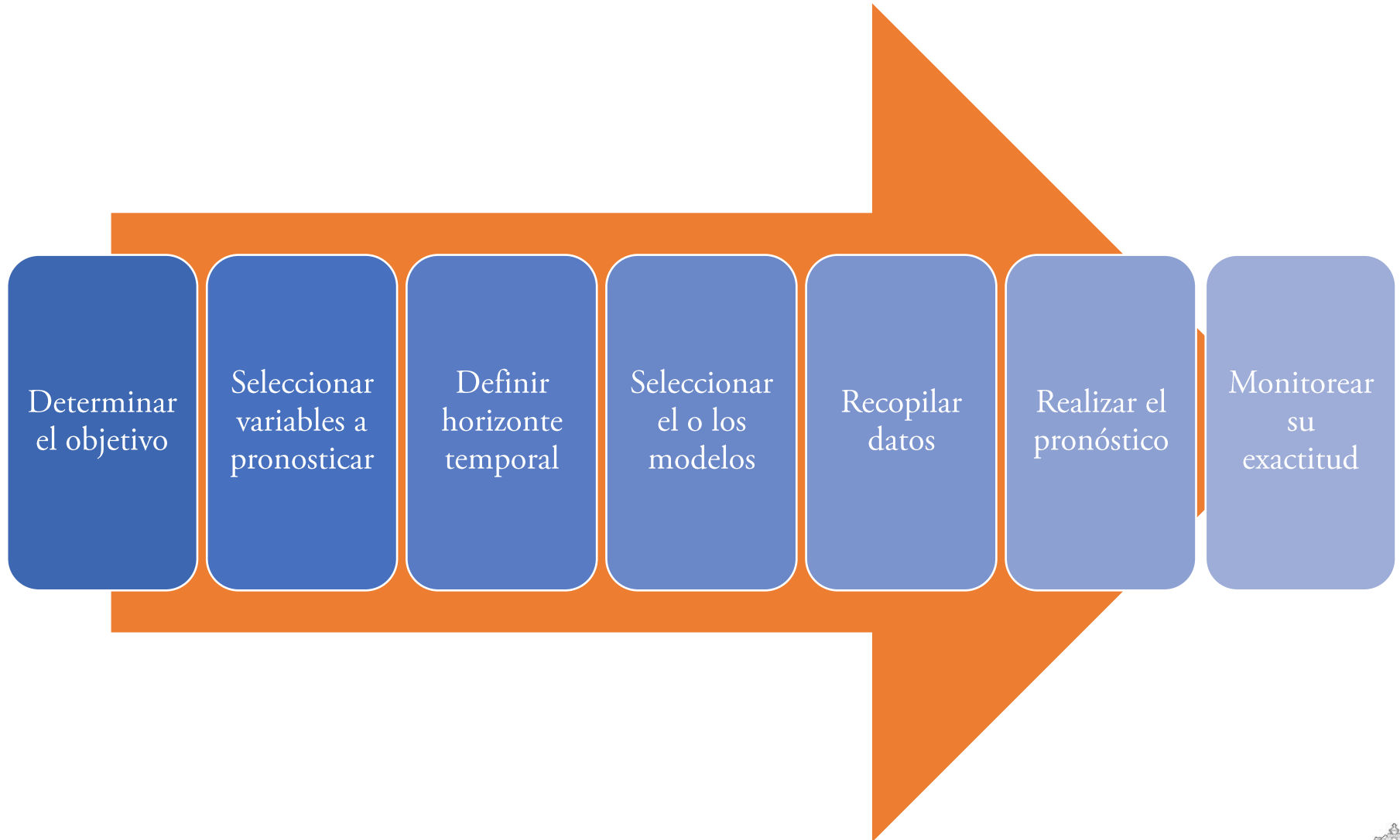
# Pronósticos

- ¿Qué es un pronóstico?
  - Es el arte/ciencia de predecir acontecimientos futuros usando datos que tenemos a mano y algún modelo matemático.
- ¿Por qué nos interesa hacer pronósticos?
  - Nos entregan información adicional sobre el futuro y por ende afectan nuestras decisiones.
- ¿Dónde se usan en la Gestión de Operaciones?
  - Demanda de productos y servicios
  - Requerimientos de mano de obra / insumos / materia prima
  - Inventarios
  - Precios y costos
  - Tiempos

# Algunos comentarios generales

- La exactitud de los pronósticos depende de varios factores:
  - Agregación vs. Especificidad.
  - Corto vs. Mediano vs. Largo Plazo.
  - Calidad de los datos.
  - Características de la variable a pronosticar.
- No se deben usar para reemplazar información que se tiene, sino para complementarla.
- La mayoría de los métodos cuantitativos suponen algún nivel de estabilidad/equilibrio.

# Proceso de un pronóstico



# Proceso de un pronóstico

- Determinar el objetivo
  - ¿Para qué necesitamos un pronóstico?
- Seleccionar las variables
  - ¿Qué vamos a pronosticar?

# Horizonte temporal

- El largo del horizonte de pronóstico define aspectos importantes del pronóstico: métodos, objetivos posibles, etc.

## Largo Plazo

- Meses/Años
- Tendencias de crecimiento
- Necesidades de Capacidad
- Patrones de venta

## Mediano Plazo

- Semanas/Meses
- Ventas acumuladas
- Necesidades de Mano de obra
- Requerimientos de insumos

## Corto Plazo

- Días/Semanas
- Ventas en corto plazo
- Niveles de producción específicos



# Modelos de pronóstico

- Existe una gran cantidad de métodos de pronóstico, dependiendo de las características y los horizontes requeridos.
- Hay dos familias principales de métodos de pronóstico:
- Métodos Cualitativos
  - Se basan en conocimientos de expertos, juicios, perspectivas.
- Métodos Cuantitativos
  - Se basan en datos, estadísticas, etc.
- Rara vez un único método es el adecuado. Muchas veces varios son combinados para tomar una decisión.

# Proceso de un pronóstico

- Recopilar datos
  - Sistemas de TI de la empresa.
  - Bases de datos locales/nacionales/globales.
  - Tomar medidas/muestras.
- Realizar el pronóstico
- Monitorear exactitud
  - Medir errores una vez que las variables pronosticadas son realizadas.
  - Determinar validez del modelo/corregir modelo según el nivel de error.
  - Tomar decisiones con base en los pronósticos.

# Proceso de un pronóstico

- Monitorear exactitud
- Hay dos tipos de errores:
  - Errores sistemáticos: son aquellos errores que se cometen conscientemente y en forma repetida. (e.g. la existencia de ciclos, claramente el modelo esta constantemente cometiendo un error, elección inadecuada de las variables, etc.).
  - Errores Aleatorios o No Sistemáticos: son aquellos errores o desviaciones fuera del pronóstico, los cuales no pueden ser corregidos y no son explicados con ningún modelo. (e.g. crisis asiática, desastres naturales, etc.).

# Métodos de Pronóstico

# Métodos Cualitativos

- Estudios de mercado / Encuestas
  - Sirve para productos nuevos, estimaciones de crecimiento, mejoras de productos.
- Opiniones Expertas
  - Panel de expertos estima variaciones/valores de las variables deseadas.
  - En general se usan para validar/mejorar estimaciones cuantitativas.
- Método Delphi
  - Usa opiniones de alta dirección y otro personal con información relevante.
  - Es basado en encuestas y se hacen varias rondas buscando llegar a un consenso.
  - Tiene un mayor alcance que el de opiniones expertas pero puede llegar a equilibrios erróneos.

# Métodos Cuantitativos

- Los métodos cuantitativos usan datos de una o varias fuentes para pronosticar las variables deseadas.
- Métodos formales
  - Buscan sistemáticamente disminuir el error de la predicción.
  - Los principales tipos son
    - Los Causales o Asociativos (ej. Regresiones)
    - Las Series de Tiempo (ej. Medias Móviles)

# Métodos causales vs. series de tiempo

- Métodos Causales

- Los modelos consideran una relación entre variables independientes y variables dependientes.
- Se recolectan datos de las variables independientes y dependientes para establecer la relación entre ellas.
- Esto se hace usando modelos de regresión simple, múltiple, lineales, no lineales, etc., buscando minimizar el error.
- Se predicen las variables independientes importantes.
- Se usan las predicciones de las variables independientes para pronosticar los valores futuros de las variables dependientes.

# Métodos causales vs. series de tiempo

- Series de Tiempo

- Los modelos consideran que la información histórica de una variable permite predecirla en el futuro.
- Se recolectan datos históricos y se prueban diferentes métodos.
- Se elige el método que minimiza una medida de error determinada y se usa posteriormente para predecir el valor de la variable de interés.
- Este método permite incluir el efecto de tendencias, ciclos, estacionalidad, etc.



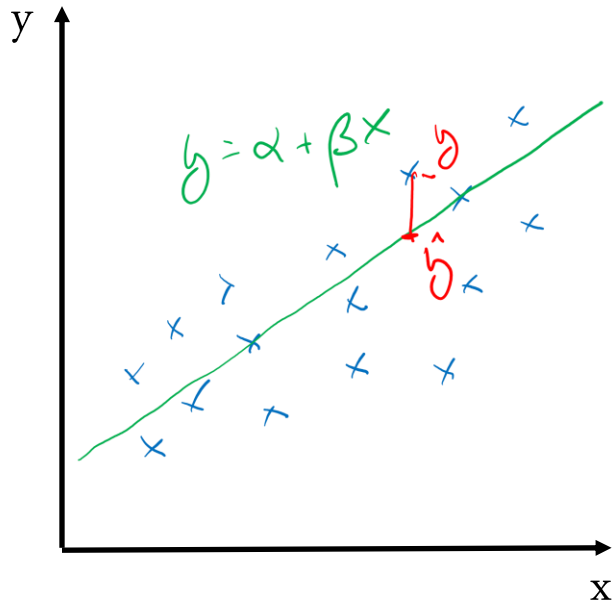
# Métodos Causales

# Métodos Causales

- Buscamos estimar la relación entre variables dependientes e independientes (regresiones, modelos econométricos, etc.)
- Estos métodos son en general más robustos que las series de tiempo pues agregan un modelo de relación entre variables independientes y dependientes.
- Ejemplos:
  - Precio del cobre.
  - Demanda de departamentos en Concepción.

# Regresión lineal

- El método causal más común es la regresión lineal.



- Tenemos un conjunto de muestras  $(x_1, y_1), \dots, (x_T, y_T)$
- Estas relacionan una variable independiente  $x$  con una dependiente  $y$
- Asumimos que hay un modelo lineal que relaciona ambas variables

$$y_t = \alpha + \beta x_t$$

- ¿Cuál es la mejor estimación para  $\alpha$  y  $\beta$ ?

$$\hat{\alpha} \quad \hat{\beta}$$

- ¿Qué significa que un  $\hat{\alpha}$  y  $\hat{\beta}$  sean la mejor estimación para este modelo?

# “Best Fit”

- Dado un valor de  $\hat{\alpha}$  y  $\hat{\beta}$  llamaremos residuo a

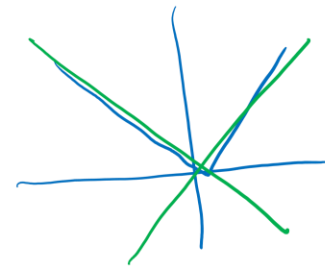
$$e_t = y_t - \hat{y}_t = y_t - (\hat{\alpha} + \hat{\beta}x_t)$$

- No hay que confundir el residuo con el error de muestra
- Consideraremos como mejor estimación (también llamado “best fit”) aquellos valores de  $\hat{\alpha}$  y  $\hat{\beta}$  que entregue un menor residuo.
- ¿Qué debemos minimizar entonces?

$$\min_{\alpha, \beta} \sum_t e_t^2 \quad \text{SSE}$$

# Problema de regresión lineal

$$\min_{\alpha, \beta} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \underbrace{\left[ y_t - (\alpha + \beta x_t) \right]^2}_{F(\alpha, \beta)}$$



$$\frac{\partial F}{\partial \alpha} = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial \beta} = 0$$

$$\min_{\alpha, \beta} \sum |e_t| \Rightarrow$$

$$z_t = |e_t|$$

$$\min_{\alpha, \beta, z} \sum_{t=1}^T z_t$$

$$\text{s.t. } z_t = |e_t| \begin{cases} z_t \geq e_t \\ z_t \geq -e_t \end{cases}$$

# ¿Qué tan buena es la regresión?

- Consideremos el caso en que conocemos todas las muestras hasta el tiempo  $T$ , y llega una nueva muestra  $(x_{T+1}, y_{T+1})$ .
- Antes de que llegue la nueva muestra, ¿cómo podríamos predecir el valor de  $y_{T+1}$ ?

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_t$$

- ¿Qué tan buena es esta estimación?

$$\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2 = SST$$

# ¿Qué tan buena es la regresión?

- Y si conocemos  $x_{T+1}$ , ¿cómo predecimos el valor de  $y_{T+1}$ ?

$$\hat{y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \cdot x_{T+1}$$

- ¿Qué tan buena es esta estimación?

$$SSE = \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2$$

# ¿Qué tan buena es la regresión?

- Ahora podemos comparar ambas cantidades

$$SSReg = SST - SSE > 0 \text{ ejemplé.}$$

- ¿Tiene algún problema esta medida?
- ¿Cómo lo corregimos?

$$r^2 = \frac{SST - SSE}{SST}$$



# Regresiones múltiples

- Todo lo que vimos para una variable independiente, puede ser extendido para múltiples variables

$$y_t = \alpha + \sum_{k=1}^m \beta_k x_{kt} + \epsilon_t$$

- Si tenemos  $T$  muestras, podemos escribir la relación de la siguiente forma matricial

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{m1} \\ 1 & x_{12} & \dots & x_{m2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & x_{1T} & \dots & x_{mT} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{l} Y = X \cdot \beta \\ \boxed{\beta = X^{-1} \cdot Y} \end{array}$$

# Regresiones múltiples

- Igual que en el caso de una variable podemos encontrar coeficientes óptimos
- ¿Algún problema importante en esta fórmula?

# Regresiones no-lineales

$$\hat{y} = f(x)$$

$$\min_{\text{par.}} \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad \hat{y}_t = f(x_t)$$

$$f(x) = e^{ax}$$
$$\min_a \sum_{t=1}^T (y_t - e^{ax_t})^2$$