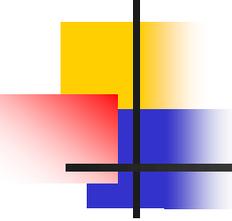


# Gestión de Operaciones

---

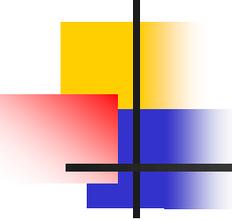
Decisiones sobre Instalaciones



# Introducción

---

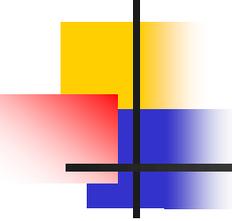
- Características de las decisiones sobre instalaciones:
  - Horizonte de 1 a 30 años.
  - Pueden ser de nivel táctico, pero generalmente son de nivel estratégico.
- Preguntas importantes (generalmente entrelazadas):
  - ¿Cuánta capacidad se necesita?
  - ¿Cuándo se necesita?
  - ¿Dónde localizarla?



# Introducción

---

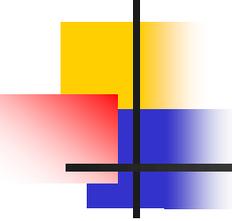
- Factores a considerar:
  - Demanda.
  - Costo.
  - Competencia.
  - Estrategia de la empresa:
    - Calidad de servicio.
    - Flexibilidad.
  - Entorno del país:
    - Costo de mano de obra.
    - Leyes Sociales.
    - Consideraciones internacionales/Exportaciones



# Introducción

---

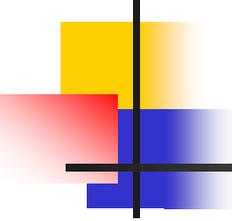
- Ejemplos:
  - Ampliar fábrica textil.
  - Aserraderos.
  - Restaurant.
  - Universidad privada.
  - Hospital.
  - Líneas telefónicas.



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

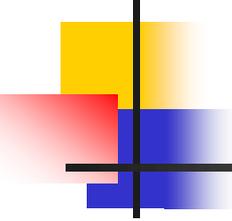
- 1.- Definir una Unidad de Medida:
  - ¿Cómo se va a definir la capacidad?
    - Generalmente corresponde a una tasa de producción máxima por unidad de tiempo.
    - Ejemplos:
      - Planta de acero ⇒ toneladas acero/año.
      - Restaurant  
Si. ⇒ clientes atendidos, platos servidos.  
No Número de mesas.
      - Línea aérea ⇒ km-pasajero/año.  
No Número de aviones.
      - Aserraderos ⇒ m<sup>3</sup>/año.
      - Mc Donald ⇒ hamburguesas/día.
      - Camino ⇒ vehículos equivalentes/año.
      - Universidad privada ⇒ flujo de alumnos.



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

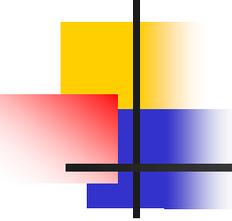
- Conceptos importantes:
  - Capacidad Real versus Capacidad Teórica.
  - Capacidad Agregada:
    - Km-pasajero en línea aérea.
    - Hospital
    - Banco.
  - Capacidad de Punta versus Capacidad Sostenida.
    - Caso negocio antes de Navidad.



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

- Impacto de gestión:
  - Número de turnos.
  - Horas extraordinarias.
  - Mejoras administrativas.



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

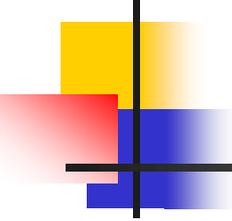
- 2.- Pronósticos de la Demanda:
  - Una vez definida la unidad de medida se debe predecir la demanda en el horizonte de interés.
  - Se pueden utilizar escenarios o probabilidades.
  - Ejemplos:
    - Requerimientos de energía para los próximos 6 años.
    - Demandas textiles para los próximos 6 años.
    - Disponibilidad de madera para los aserraderos.
    - Universidad privada.
    - Hospital regional.

# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- 3.- Determinación de las Necesidades de Instalaciones:
  - Se basa en los pronósticos y en el grado de riesgo que se toma para cumplir con la estimación.
  - Ejemplo:

<b>Demanda [unid/año]</b>	<b>Probabilidad acumulada</b>
10000	0,1
12000	0,3
14000	0,5
16000	0,7
18000	0,9

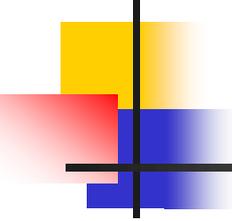
- Si se acepta una probabilidad de fallar de 0.3, entonces definir una capacidad de 16.000.



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

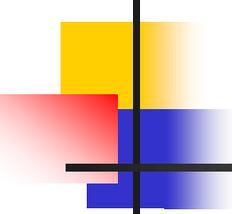
- Se debe hacer un análisis dinámico que considere el crecimiento futuro de la demanda y las posibilidades de expansión de las capacidades.
- Puede requerir del uso de modelos matemáticos.
- Ejemplos:
  - Concesiones de caminos (MOP).
  - Electricidad.
  - Teléfonos.
  - Aeropuerto.
  - Forestales (bosques, plantas y aserraderos).



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

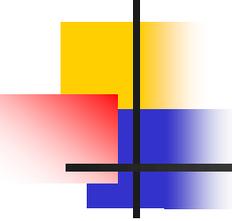
- 4.- Generación de Alternativas:
  - Consiste en la elaboración de distintas posibilidades de cuánto, cuándo y dónde construir o colocar.
  - Los modelos matemáticos, herramientas computacionales y sistemas de información geográficos dan un importante apoyo a la generación de buenas alternativas.



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

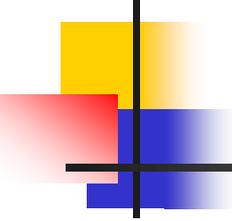
- 5.- Evaluación de Alternativas:
  - Criterios:
    - Costo-beneficio.
    - Múltiples objetivos.
  - Caso nuevo aeropuerto:
    - Múltiples objetivos:
      - Satisfacer necesidades de vuelos.
      - Costo,
      - Riesgo de accidentes.
      - Imagen.
      - Viaje aeropuerto-ciudad (hotel en aeropuerto?).
      - Clima.



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

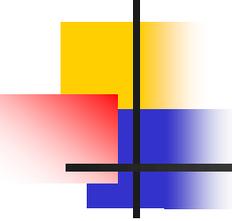
- 6.- La Decisión sobre Instalaciones:
  - Características:
    - Alto nivel.
    - Afecta a toda la empresa.
    - Es parte de la estrategia corporativa.
    - Alto uso de capital.



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

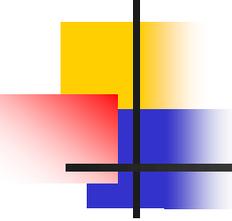
- Típicamente los aumentos de capacidad se definen por:
  - Aumento de la demanda, (mercado)
  - Necesidad de mejoramiento del servicio.
  - Economías de escala.
    - Típicamente las plantas más grandes son más eficientes y aprovechan mejor la curva de experiencia.
  - Pasar a mejor tecnología.
  - Ejemplos:
    - Empresa forestal (aserraderos).
    - Cadenas de restaurantes (Mc Donald).
    - Planta de automóviles



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

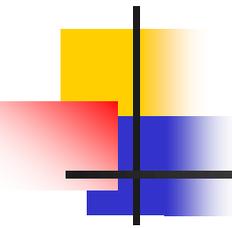
- Teléfonos.
- Para tener en cuenta:
  - Se debe mantener un equilibrio al momento de expandir en distintas etapas:
    - Ejemplo:
      - Aeropuerto: ampliar terminal aéreo, pistas, estacionamientos, accesos...
  - Se debe evaluar bien la dimensión de los incrementos de capacidad:
    - ¿Varios chicos o uno grande?



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

- Se deben considerar fuentes externas de capacidad:
  - Subcontratar.
  - Compras externas: electricidad.
  - Alianzas: líneas aéreas.
- En caso de Incertidumbre:
  - Se pueden usar árboles de decisión para evaluar alternativas.
  - Ejemplo:
    - Demanda es una variable aleatoria: alta, con probabilidad 0.55 y baja, con probabilidad 0.45.

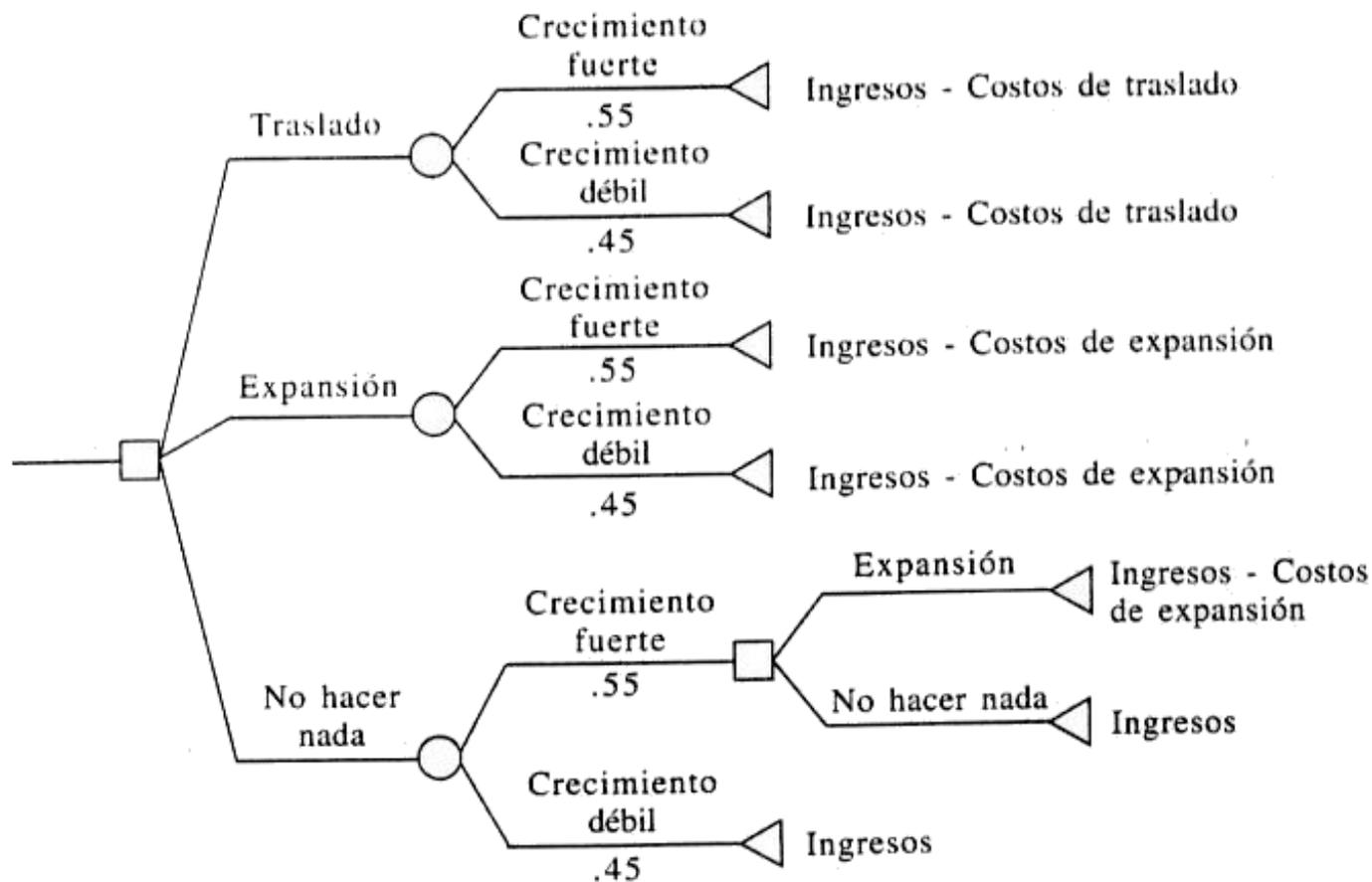


# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

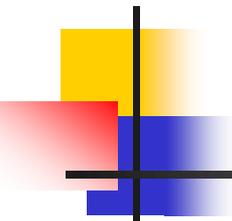
---

- El negocio maneja tres alternativas:
  - Expandir la capacidad a un costo de \$87.000 el primer o segundo año (el segundo año sólo si la demanda fue alta).
  - Traslado el primer año a un nuevo local más grande a un costo de \$210.000.
  - No hacer nada a costo 0.
- Se evalúa a cinco años.
- Ventas netas por año (costos operacionales iguales en cada alternativa):
  - Si aumento la capacidad y las ventas son altas: \$190.000.
  - Si aumento la capacidad y las ventas son bajas: \$100.000.
  - Traslado con ventas altas: 195.000.
  - Traslado con ventas bajas: 115.000.
  - No hacer nada con ventas altas: 170.000.
  - No hacer nada con ventas bajas: 105.000.

# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones



## Árbol de Decisión

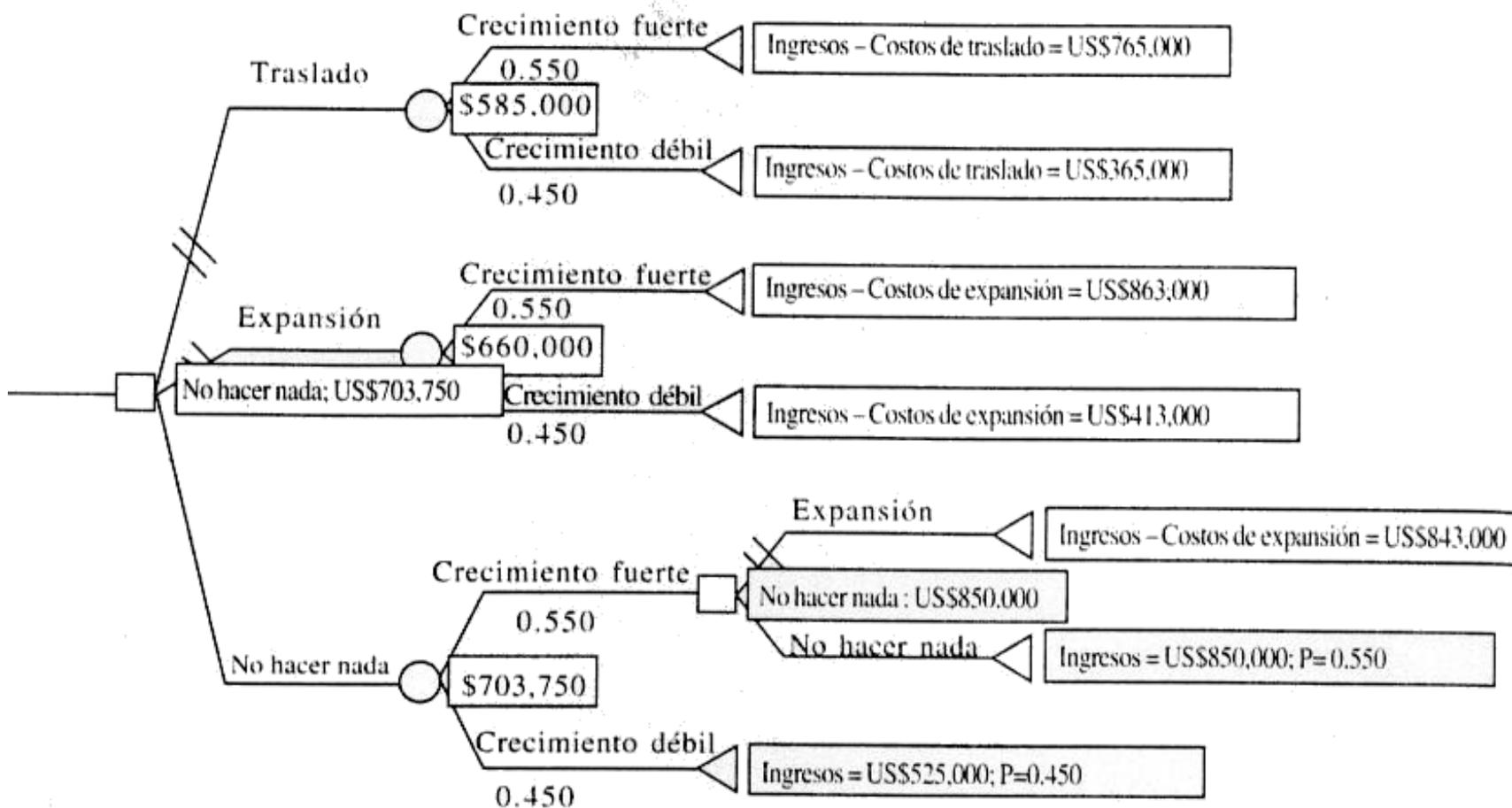


# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Análisis utilizando DATA:

<b>Alternativa</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Costo</b>	<b>Valor</b>
Traslado a un nuevo sitio, crecimiento fuerte	\$195,000 x 5 años	\$210,000	\$765,000
Traslado a un nuevo sitio, crecimiento débil	\$115,000 x 5 años	\$210,000	\$365,000
Expansión del almacén, crecimiento fuerte	\$190,000 x 5 años	\$87,000	\$863,000
Expansión del almacén, crecimiento débil	\$100,000 x 5 años	\$87,000	\$413,000
No hacer nada ahora, crecimiento fuerte, expansión para el año próximo	\$170,000 x 1 años + \$190,000 x 4 años	\$87,000	\$843,000
No hacer nada ahora, crecimiento fuerte, no expansión para el año próximo	\$170,000 x 5 años	\$0	\$850,000
No hacer nada ahora, crecimiento débil	\$105,000 x 5 años	\$0	\$525,000

# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

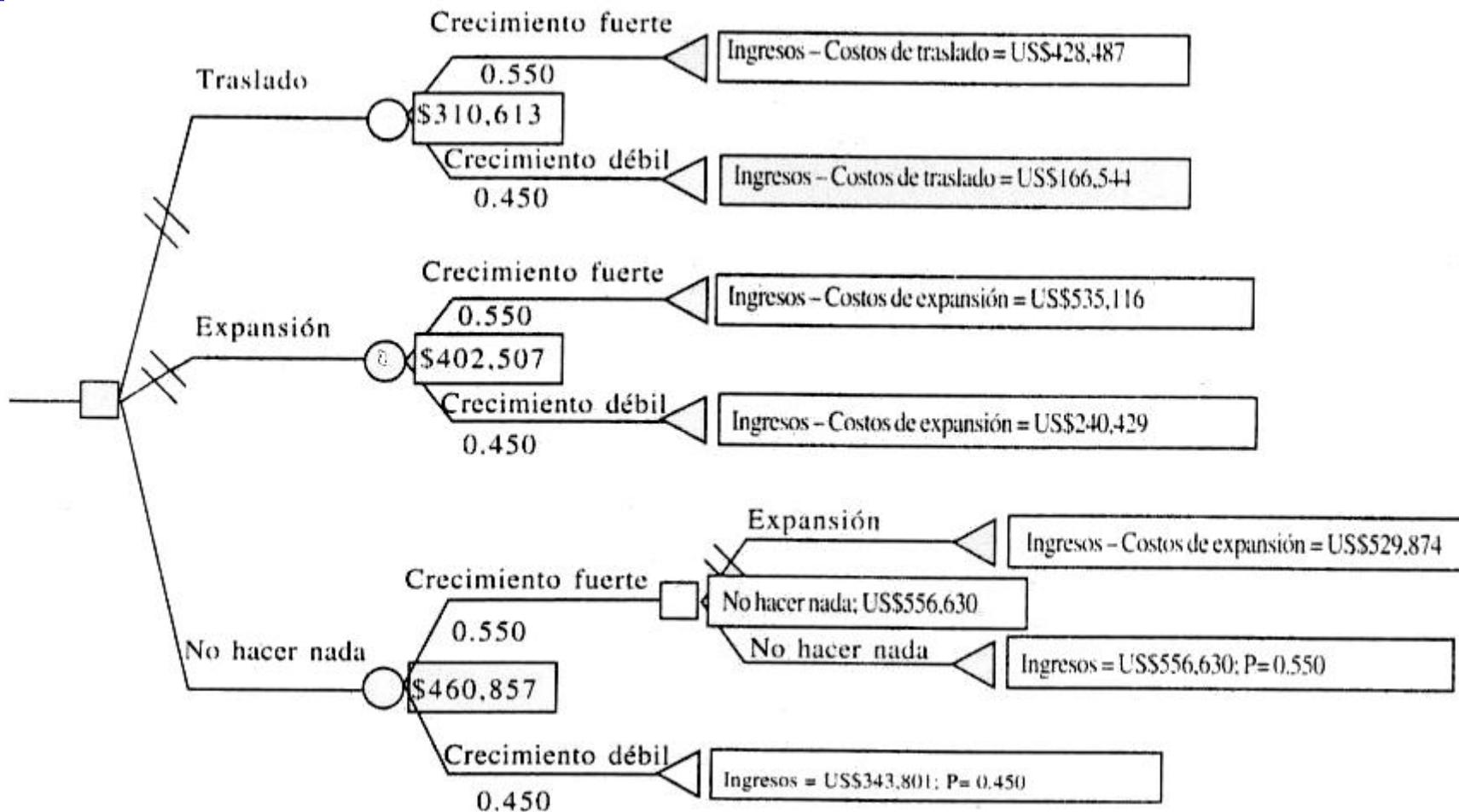


# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- Análisis utilizando VAN (tasa 16%):

Alternativa	Ingresos	Costo	Valor
Traslado a un nuevo sitio, crecimiento fuerte	\$195,000 x 3,274293654	\$210,000	\$428,487
Traslado a un nuevo sitio, crecimiento débil	\$115,000 x 3,274293654	\$210,000	\$166,544
Expansión del almacén, crecimiento fuerte	\$190,000 x 3,274293654	\$87,000	\$535,116
Expansión del almacén, crecimiento débil	\$100,000 x 3,274293654	\$87,000	\$240,429
No hacer nada ahora, crecimiento fuerte, expansión para el año próximo	\$170,000 x 0,862068966 \$190,000 x 2,798180638 x 0,862068966	\$87,000 x 0,862069	\$529,874
No hacer nada ahora, crecimiento fuerte, no expansión para el año próximo	\$195,000 x 3,274293654	\$0	\$556,630
No hacer nada ahora, crecimiento débil	\$195,000 x 3,274293654	\$0	\$343,801

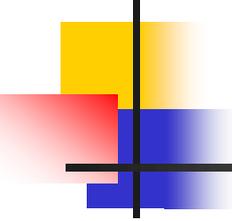
# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

- ¿Cómo crecer en capacidad?
  - ¿Añadir locales o añadir servicios?

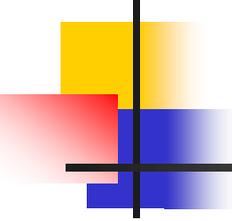
	<b>Servicio único</b>	<b>Multiservicios</b>
<b>Multilocales</b>	Restaurantes de cadena Hoteles Alquiler de autos y camiones Aerolíneas Almacenes especializados	Almacenes por departamentos Bancos Organizaciones especializadas en servicios de salud
<b>Local único</b>	Lavanderías Restaurantes Almacenes familiares	Hospitales Hoteles tipo resort Universidades



# Marco Conceptual para la Planeación de Instalaciones

---

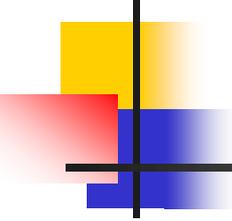
- Ver en que casos hay economías de escala, complicaciones administrativas (deseconomías de escala).
  - Ejemplo : cadena de jardines infantiles puede ser complicado.
- Se puede producir un problema de salto de complejidad operacional al crecer una empresa.
  - Ejemplo: cuando se pasa de una empresa familiar a profesional.



# Problemas de Localización

---

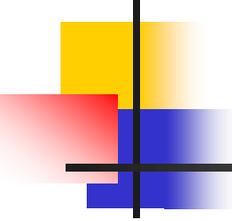
- Tipos de problemas de localización:
  - Una instalación que no interactúa con otras.
    - Ejemplo: Sedes de Gobierno.
  - Localización de fábricas y almacenes múltiples que comparten costos y manejos de producción y distribución.
    - Ejemplo: Bodegas para Cadenas de Supermercados.
  - Localización de comercios competitivos.
    - Ejemplo: Tiendas, restaurantes, etc.
  - Localización de servicios de emergencia.
    - Ejemplo: Hospital.



# Problemas de Localización

---

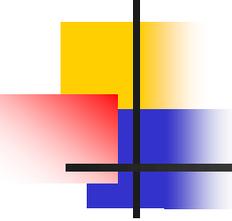
- 1.- Localización de una instalación que no interactúa con otras:
  - Factores:
    - Tangibles:
      - Costo del terreno, edificio y equipos.
      - Costo de transporte.
      - Costo de producción.
      - Costo de mano de obra.
      - Impuestos y seguros.
    - No fácilmente cuantificables:
      - Oferta de mano de obra.
      - Relaciones laborales sindicales.



# Problemas de Localización

---

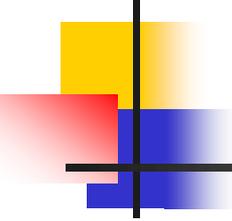
- Actitudes de la comunidad (ejemplo: estadio UC).
  - Reglamentos (ejemplo: San Francisco).
  - Calidad de vida (ejemplo: Pesquera Quellón, Colegio Arauco...).
  - Impactos y normas ambientales.
  - Reacción de la competencia.
- 
- Una metodología rudimentaria en estos casos es la asignación de notas a los factores no tangibles, los cuales se ponderan.
  - Métodos más sofisticados son interactivos.



# Problemas de Localización

---

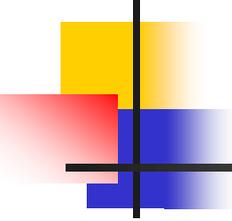
- 2.- Múltiples instalaciones (plantas, bodegas o centros de distribución):
  - Decisiones típicas:
    - ¿Dónde localizar una planta o bodega adicional?
    - ¿De qué capacidad debe ser la nueva instalación?
  - Datos:
    - Costos de instalación y operación.
    - Costos de transporte.
    - Localización de la demanda.
    - Política de servicio a los clientes.
    - Ubicaciones potenciales.



# Problemas de Localización

---

- Si se conocen las localizaciones el problema corresponde a uno de producción y transporte a costo mínimo.
- Si las ubicaciones no se conocen:
  - Se deben considerar como alternativas: arrendar, construir o comparar locales.
  - Habitualmente se hace necesaria la utilización de modelos matemáticos, simulación o métodos heurísticos.



# Problemas de Localización

---

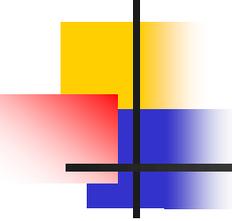
- Variables de decisión:

$z_i$  = producción en planta  $i$ .

$x_{ij}$  = flujo entre planta  $i$  y cliente  $j$ .

$w_j$  = venta a cliente  $j$ .

$\delta_i = \begin{cases} 1 & \text{si se construye planta } i. \\ 0 & \sim. \end{cases}$



# Problemas de Localización

---

- Parámetros:

$M_i$  = costo de construcción de la planta  $i$ .

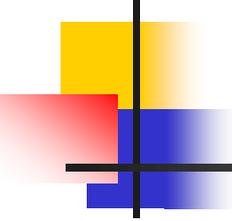
$d_j$  = demanda mínima del cliente  $j$ .

$c_i$  = costo unitario de producción de la planta  $i$ .

$r_j$  = precio de venta al cliente  $j$ .

$f_{ij}$  = costo unitario de transporte entre la planta  $i$  y el cliente  $j$ .

$u_i$  = capacidad de la planta  $i$ .

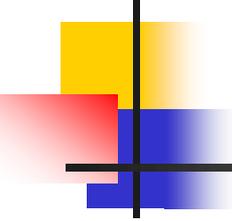


# Problemas de Localización

---

- Función objetivo:

$$\text{Min } z = \sum_i M_i \delta_i + \sum_i c_i z_i + \sum_i \sum_j f_{ij} x_{ij} - \sum_j r_j w_j$$



# Problemas de Localización

- Restricciones:

$z_i \leq u_i \delta_i$   $\forall i$  (se puede producir hasta capacidad  $u_i$  si se construye).

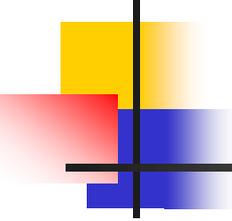
$z_i = \sum_j x_{ij}$   $\forall i$  (lo que se produce se despacha).

$w_j = \sum_i x_{ij}$   $\forall j$  (se vende lo que llega).

$w_j \geq d_j$   $\forall j$  (satisfacción de la demanda mínima).

$z_i, x_{ij}, w_j \geq 0$

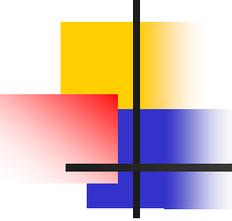
$\delta_i \in \{0,1\}$



# Problemas de Localización

---

- Formas de solución:
  - Usar paquetes de programación lineal con variables binarias (ejemplo: CPLEX).
    - Puede demorar mucho para problemas complejos.
  - Heurísticas:
    - Redondeos inteligentes.
    - Búsqueda local.
  - Trabajar con escenarios:
    - Fijar algunas variables y correr el problema que queda haciendo varias iteraciones (el caso extremo es fijar todas las ubicaciones quedando un problema lineal).
    - Probar con distintas configuraciones.



# Problemas de Localización

- Variantes:

- Múltiples productos:

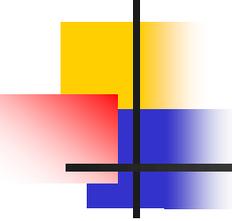
$z_{ik}$  = producción del producto  $k$  en la planta  $i$ .

$$\sum_k z_{ik} \leq u_i \delta_i$$

- Múltiples períodos:

$$z_i^t \leq u_i \sum_{\theta \leq t} \delta_i^\theta \quad \forall i.$$

- Se construyen en un período para la producción futura.



# Problemas de Localización

- Inventario:

- Está permitido guardar productos en bodega para venderlos o distribuirlos en otro período.

$$I_i^t = \text{inventario en } i \text{ de } t \text{ a } t+1.$$

$$z_i^t + I_i^{t-1} = \sum_j x_{ij}^t + I_i^t \quad \forall i, t.$$

- Cada cliente asociado a una planta

$v_{ij}:1$  si es cliente  $j$  asociado a planta  $i$

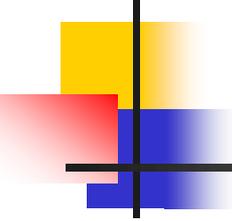
$$\sum_i v_{ij} = 1$$

$$X_{ij} \leq \text{Demanda máxima } j \bullet v_{ij}$$

$$v_{ij} = 0,1$$

- Ejemplos:

- Localización de bodegas para cadena de supermercados.



# Problemas de Localización

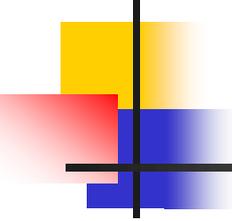
---

- 3.- Localización de Comercios Competitivos:
  - Modelos Gravitacionales:
    - Relacionan los deseos de ir a un lugar (atracción) versus la dificultad para llegar a éste (impedancia).
    - Se divide la ciudad en I sectores.

$N_{ij}$  = número de clientes en sector  $i$  que viajarán a local  $j$ .

$P_{ij}$  = probabilidad que cliente en sector  $i$  vaya a local  $j$ .

$C_i$  = número total de clientes en sector  $i$ .



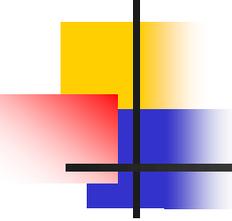
# Problemas de Localización

$S_j$  = atractivo del local  $j$  ( $m^2$  del local, índice, etc.).

$T_{ij}$  = tiempo de viaje del sector  $i$  al local  $j$ .

$A$  = parámetro para calibrar efecto tiempo.

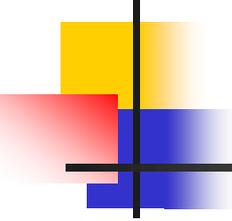
$$N_{ir} = P_{ir} C_i = \left[ \frac{\frac{S_r}{T_{ir}^A}}{\sum_j \frac{S_j}{T_{ij}^A}} \right] C_i$$



# Problemas de Localización

---

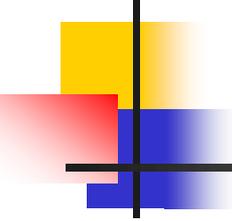
- Caso atracción-competencia:
  - Ejemplos:
    - Tiendas en Parque Arauco - Alto Las Condes.
    - Restaurantes calle El Bosque.
    - Mueblerías calle Arturo Prat, Los Leones.
  
- Caso competencia casi pura:
  - ¿Cuántos clientes pasan por mi puerta y que porcentaje puedo atraer?
    - Fuente de Soda en la Alameda.



# Problemas de Localización

---

- 4.- Localización de Servicios de Emergencia:
  - El objetivo primordial es minimizar el tiempo de respuesta.
  - Casos:
    - Simple: no llegar a paciente en más de 5 minutos.
    - Complicado: llamados múltiples con flota limitada.
  - Ejemplos:
    - Compañías de Bomberos.
    - Ambulancias, Help.
    - Chilectra.
    - Carabineros.



# Problemas de Localización

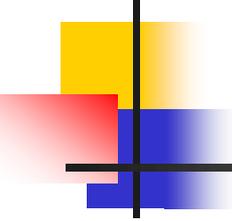
---

- Emplea modelos matemáticos, simulación y heurísticas.
  - Caso: Central que desea minimizar la distancia (tiempo) máxima de llegada a los clientes (Modelo MinMax).

$c_{kj}$  = tiempo de viaje de central en  $k$  a cliente en  $j$ .

$t_j$  = tiempo final en llegar a cliente  $j$  (conocida la solución).

$$y_k = \begin{cases} 1 & \text{si se ubica la central en } k. \\ 0 & \sim \end{cases}$$



# Problemas de Localización

*Min S*

*sa*

$$S \geq t_j \quad \forall j.$$

$$t_j = \sum_k c_{kj} y_k \quad \forall j.$$

$$\sum_k y_k = 1$$

$$S \geq 0, \quad y_k \in \{0,1\} \quad \forall k.$$