

# Formulación y Evaluación de Proyectos

## Módulo 5 - Estudio técnico

---

Profesor: Rubén Darío Uribe Rodríguez ([ruberibe@udec.cl](mailto:ruberibe@udec.cl))



Ciudad Universitaria, octubre de 2020



# Antecedentes económicos del estudio técnico

# Estudio Técnico

- El estudio de ingeniería debe permitir determinar la **función de producción óptima** para la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para la producción del bien o servicio deseado.
- Para esto deben analizarse las distintas alternativas y condiciones en que se puedan combinar los factores productivos.
- En el estudio técnico se abordan los siguientes aspectos:
  - Proceso productivo
  - Economías de escala
  - Capacidad de producción óptima
  - Inversiones en equipamiento / obras físicas
  - Requerimientos de personal / materias primas / insumos generales (servicios básicos, seguros, arriendos, etc.)
  - Elección entre alternativas tecnológicas (cuantificación de costos)
- La **elección de la alternativa tecnológica más adecuada** se efectúa generalmente cuantificando los costos y actualizándolos, optando por la que presente menor valor.

# Función de producción

- Esta función indica la **máxima cantidad de producción** de un bien que se puede obtener a partir de distintas combinaciones de factores productivos.

$$q = f(L, K, R)$$

L: factor trabajo

K: factor capital

R: otros factores de producción

- Para la elección del proceso productivo se debe analizar el precio de los factores trabajo y capital, así como también de los volúmenes de producción.
- Algunas formas para la función de producción:
  - Lineal:  $q = aL + bK$
  - Cobb-Douglas:  $q = AL^\alpha K^\beta$
  - Proporciones fijas:  $q = \min(aL, bK)$

# Proceso de producción

- Se aborda con detalles la **forma** de producir los bienes y/o servicios de un proyecto, mediante el uso de una determinada tecnología.
- A partir de la elección del proceso productivo **óptimo** se derivarán las necesidades de equipos y maquinarias.
- Muchas veces un mismo producto puede obtenerse utilizando más de un proceso productivo.
- Más que seleccionar la tecnología más avanzada, debe escogerse aquella que optimice los resultados.

# Sistematización de la información: Balances

- La sistematización de la información económica se realiza mediante balances de:

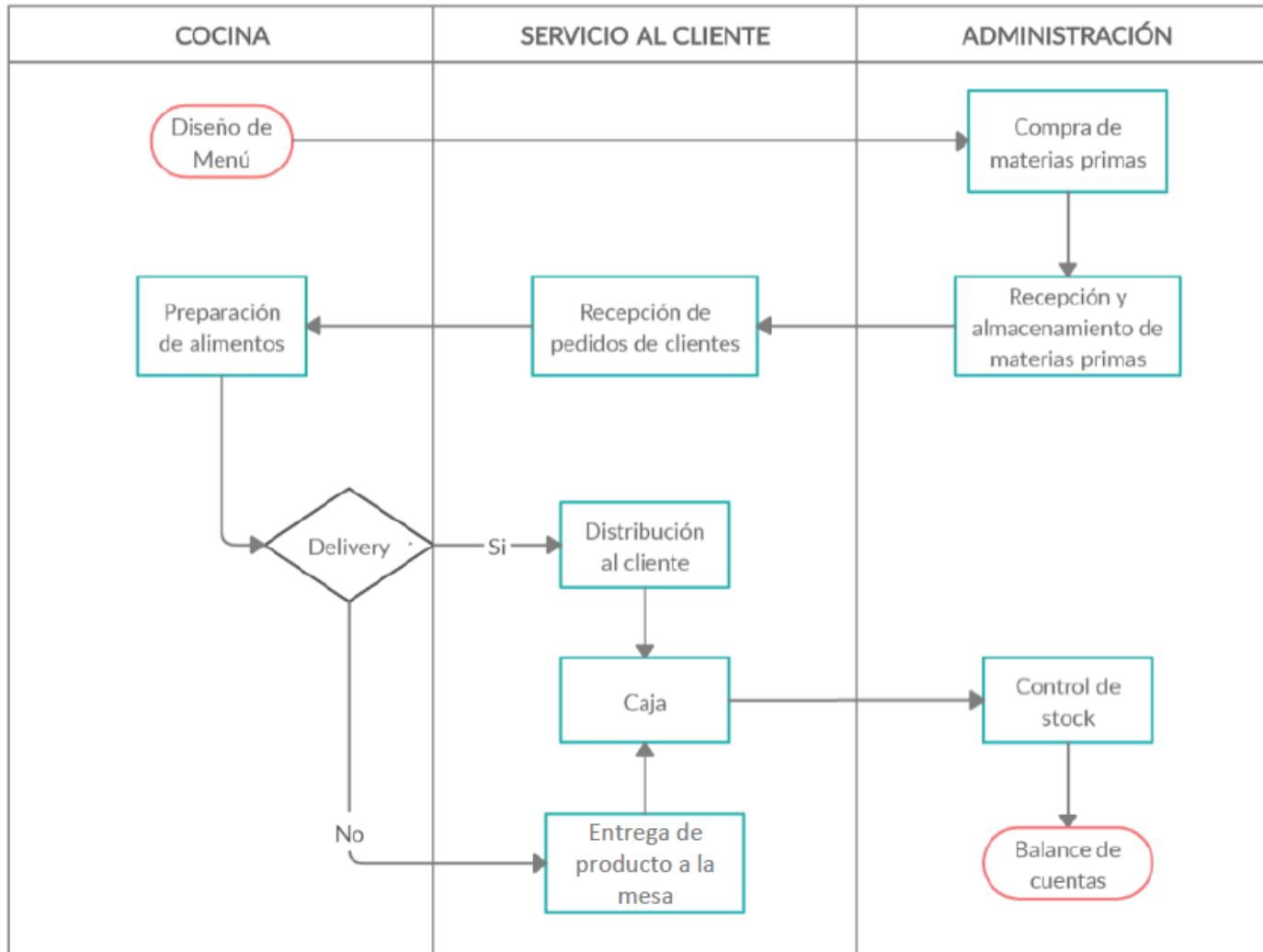
- Equipos
- Obras físicas
- Personal
- Materiales
- Insumos generales

Cargo	Puestos	Remuneración mensual
Jefe de planta	1	\$ 1.200.000
Vendedor	2	\$ 500.000
Repartidor	3	\$ 450.000
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>\$ 3.550.000</b>

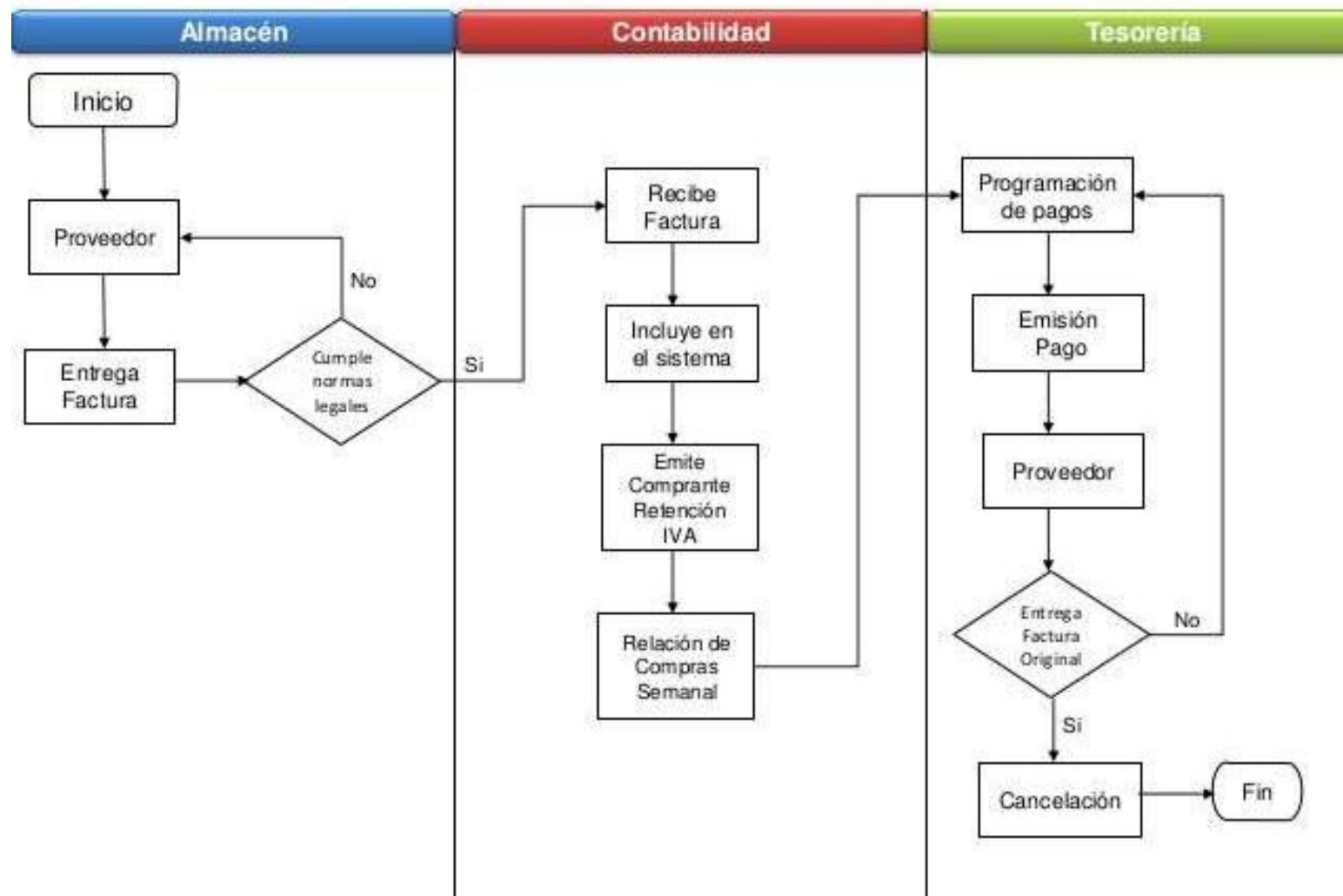
## Volumen de producción: XX unidades

Material	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario
Harina	Tonelada	300	\$ 10.000
Azúcar	Kilogramo	225	\$ 120
Leche	Litro	1500	\$ 200
<b>Total</b>			<b>\$ 3.327.000</b>

# Diagramas de flujo de proceso



# Diagramas de flujo de proceso



# Layout

- Layout: distribución de la planta (máquinas, materias primas, entre otros)
- La distribución en planta debe evitar los flujos innecesarios de materiales, productos en proceso o terminados, personal, etcétera, manteniendo las condiciones de seguridad y bienestar.
- Las necesidades de inversión en obra física se determinan principalmente en función de la distribución de los equipos productivos en el espacio físico (layout).



# La determinación del tamaño

# Tamaño del proyecto

- La determinación del tamaño de un proyecto responde a un análisis integrado de varias variables del proyecto:
  - Demanda
  - Disponibilidad de insumos, humanos, materiales y financieros
  - Localización: distancia de los centros de abastecimiento
  - Estrategia comercial
- Al disponerse de diversas opciones, se determina cuál es la más conveniente para el proyecto a través de flujos de caja relevantes que permitan estimar el VAN de las distintas alternativas de tamaño.

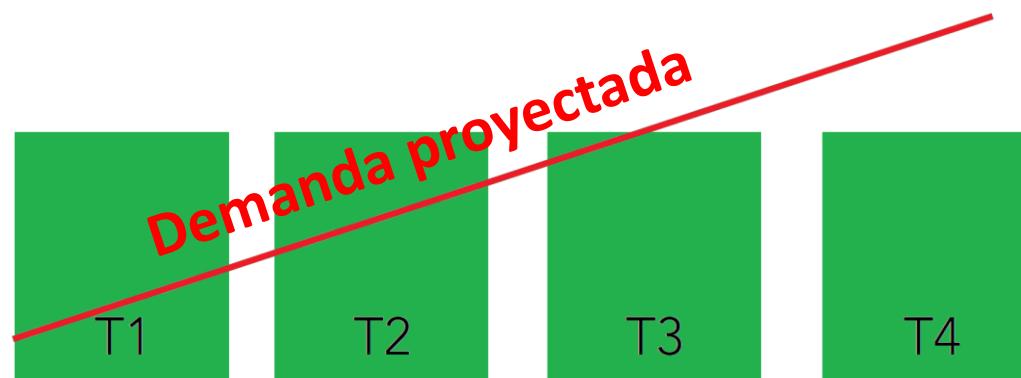
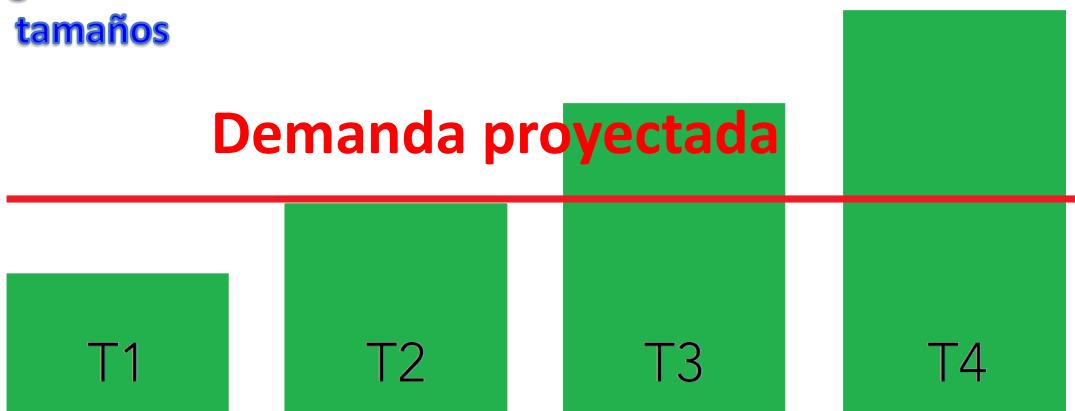
*El nivel óptimo de operación no es siempre el que maximice las ventas!*

# Tamaño del proyecto

- Situaciones básicas del tamaño



Tecnologías con distintos  
tamaños

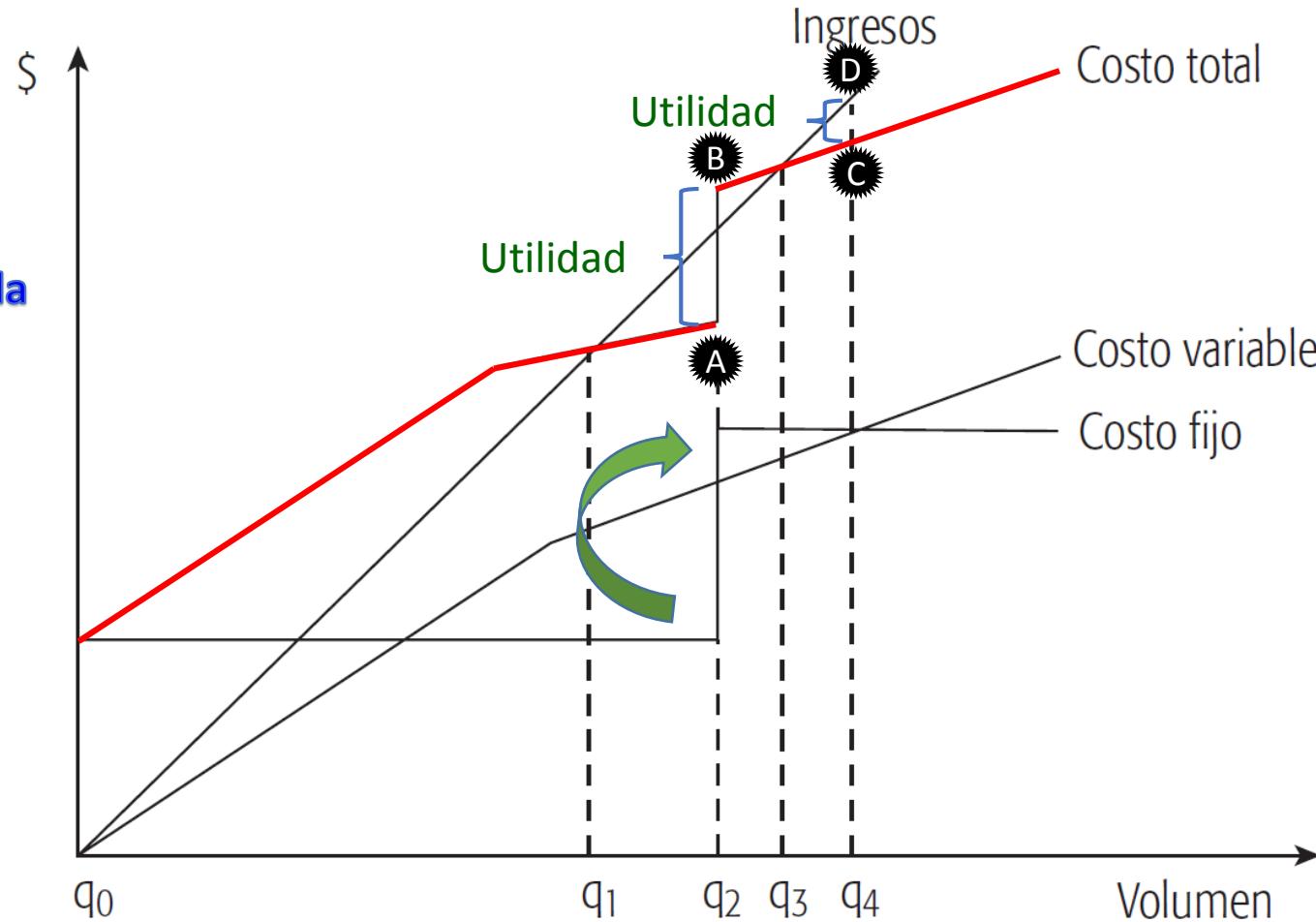


Un solo tamaño de tecnología

# Economía del tamaño

**Economías de escala:** Propiedad por la cual el costo total promedio a largo plazo disminuye conforme aumenta la cantidad producida.

## Economías y deseconomías de escala



Entre  $q_2$  y  $q_3$  los ingresos no alcanzan a cubrir los costos totales.

¿Pero qué pasa si queda demanda insatisfecha?

Para la determinación del tamaño óptimo se debe escoger la opción que maximice el VAN

# Optimización del tamaño

- La determinación del tamaño debe basarse en dos consideraciones que confieren un carácter cambiante al punto óptimo del proyecto: la **relación precio-volumen**, por el efecto de la elasticidad de la demanda, y la **relación costo-volumen**.
- En general, la demanda **crece a tasas diferentes** a las del aumento en las capacidades de planta, lo que obliga a elegir entre dos estrategias alternativas: **satisfacer por exceso** o por **defecto la demanda**.
- No existe un tamaño óptimo de planta cuando se enfrenta una demanda creciente, sino una **estrategia óptima** de ampliación que puede definirse con anticipación.
- También es relevante la definición del horizonte de evaluación.

# Tamaño del proyecto

- El tamaño mantiene una estrecha vinculación con la cuantía de las inversiones, los costos de operación y los niveles de venta. Esto hace que muchas veces la magnitud de la rentabilidad de un proyecto dependa de la correcta determinación del tamaño.
- Tamaño de planta
  - Es la capacidad de producción de la planta.
  - Se expresa como la tasa máxima de producción de bienes y servicios
  - O bien, la cantidad máxima disponible de recursos en un instante o unidad de tiempo (ton/año, número unidades/año, etc)

# Optimización del tamaño: Mercado creciente

- Suponga que se tiene la siguiente demanda para los próximos cinco años:

Año	1	2	3	4	5
Demanda	1.500	3.000	4.500	7.500	12.000

- Considere que se tienen tres posibles tamaños de planta, cuyas inversiones y distribución de costos trabajando a plena capacidad son los siguientes:

Planta	Tamaño	Inversión	Costo fijo	Costo variable
A	3.000 ton/año	\$ 1.500.000	\$ 230,75	\$ 419,25
B	7.000 ton/año	\$ 2.601.813	\$ 142,02	\$ 397,98
C	12.000 ton/año	\$ 3.693.433	\$ 122,50	\$ 367,50

# Valor Actual Neto (VAN)

- Ecuación del VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

$I_0$ : inversión  
 $FC_t$ : flujo de caja del periodo  $t$   
 $i$ : tasa de descuento

- Ejemplo: Suponga que se tiene una inversión de \$1.500.000 y flujos anuales de \$103.875 para el año 1, y de \$900.000 para los años 2 a 5. Calcule el VAN a una tasa de descuento del 12%

$$VAN = -1.500.000 + \frac{103.875}{1,12} + \frac{900.000}{1,12^2} + \cdots + \frac{900.000}{1,12^5}$$

$$VAN = \$1.033.473.-$$

# Optimización del tamaño: Ejemplo

- Suponiendo que el precio de venta unitario es de \$950, y si se opta por la planta con capacidad de 3.000 ton/año, los flujos anuales son:

Año	Producción	Ingresos	Costo fijo	Costo variable	Flujo anual
1	1500	\$ 1.425.000	\$ 692.250	\$ 628.875	\$ 103.875
2	3000	\$ 2.850.000	\$ 692.250	\$ 1.257.750	\$ 900.000
3	3000	\$ 2.850.000	\$ 692.250	\$ 1.257.750	\$ 900.000
4	3000	\$ 2.850.000	\$ 692.250	\$ 1.257.750	\$ 900.000
5	3000	\$ 2.850.000	\$ 692.250	\$ 1.257.750	\$ 900.000

- El VAN de los flujos netos anuales para una tasa de descuento del 12% es \$1.033.473.-

# Optimización del tamaño: Ejemplo

- Suponiendo que el precio de venta unitario es de \$950, y si se opta por la planta con capacidad de 7.000 ton/año, los flujos anuales son:

Año	Producción	Ingresos	Costo fijo	Costo variable	Flujo anual
1	1500	\$ 1.425.000	\$ 994.140	\$ 596.970	-\$ 166.110
2	3000	\$ 2.850.000	\$ 994.140	\$ 1.193.940	\$ 661.920
3	4500	\$ 4.275.000	\$ 994.140	\$ 1.790.910	\$ 1.489.950
4	7000	\$ 6.650.000	\$ 994.140	\$ 2.785.860	\$ 2.870.000
5	7000	\$ 6.650.000	\$ 994.140	\$ 2.785.860	\$ 2.870.000

- El VAN de los flujos netos anuales para una tasa de descuento del 12% es \$2.290.522.-

# Optimización del tamaño: Ejemplo

- Suponiendo que el precio de venta unitario es de \$950, y si se opta por la planta con capacidad de 12.000 ton/año, los flujos anuales son:

Año	Producción	Ingresos	Costo fijo	Costo variable	Flujo anual
1	1500	\$ 1.425.000	\$ 1.470.000	\$ 551.250	-\$ 596.250
2	3000	\$ 2.850.000	\$ 1.470.000	\$ 1.102.500	\$ 277.500
3	4500	\$ 4.275.000	\$ 1.470.000	\$ 1.653.750	\$ 1.151.250
4	7500	\$ 7.125.000	\$ 1.470.000	\$ 2.756.250	\$ 2.898.750
5	12000	\$ 11.400.000	\$ 1.470.000	\$ 4.410.000	\$ 5.520.000

- El VAN de los flujos netos anuales para una tasa de descuento del 12% es \$1.789.264.-

# Optimización del tamaño: Ejemplo

- Si la decisión estuviera entre los únicos tres tamaños de planta identificados, sin posibilidad de duplicar una de ellas ni de combinar entre ellas, la más conveniente sería la planta B **por tener el mayor valor actual neto.**
- Pero un análisis completo exige medir la rentabilidad de una **opción combinada**, ya sea de repetir una capacidad de planta o de combinar dos o más de ellas.

# Optimización del Tamaño: Demanda constante

- En este caso de escogerse la opción que exhiba el menor costo medio, que será la que maximiza el VAN. Como la demanda es constante, se llega al mismo resultado al **encontrar el menor costo total**.
- Este caso es muy común en los casos de demanda interna de algún insumo a utilizar en la elaboración de algún producto final.

# Decisiones de localización

# Decisiones de Localización

- La decisión de localización de un proyecto se considera como una **decisión de largo plazo** que puede tener repercusiones económicas relevantes para el éxito del proyecto. Por lo tanto, es importante considerar este punto con la mayor exactitud posible.
- Se deben realizar estudios de localización del proyecto que sea compatible con su estrategia de comercialización de sus productos y/o servicios, con el presupuesto esperado, con el tamaño de planta, etc.
- Dentro de esta elección es necesario realizar dos etapas: la selección de una macrolocalización y una microlocalización.

# Factores de la localización de su proyecto

- Se debe considerar al menos el análisis de los siguientes factores, según corresponda, para localizar un proyecto:
  - La demanda y sus áreas de influencia
  - Medio y costo de transporte
  - Disponibilidad y costo de mano de obra
  - Cercanía de las fuentes de abastecimiento
  - Factores ambientales
  - Cercanía del mercado
  - Costo y disponibilidad de terreno
  - Estructura impositiva y legal
  - Disponibilidad de agua, energía y otro suministros
  - Comunicaciones y vías de acceso
  - Posibilidad de desprenderse de desechos



# Métodos para determinar localización

- Métodos de evaluación por factores no cuantificables
- Método cualitativo por puntos
- Método de Brown y Gibson
- Maximización del VAN
- La demanda y las áreas de influencia

# Método cualitativo por puntos

- Consiste en definir los principales factores determinantes de una localización para asignarles valores ponderados de peso relativo de acuerdo con la importancia que se les atribuye.
- El peso relativo, sobre la base de una suma igual a uno, **depende fuertemente del criterio y la experiencia del evaluador.**
- Al comparar dos o más localizaciones optionales, se procede a asignar una calificación a cada factor en una localización de acuerdo con una escala predeterminada, por ejemplo, de 1 a 7 o de 1 a 100.

# Método cualitativo por puntos: Ejemplo

Calificaciones de 1 a 100

Factor	Peso	Zona A		Zona B		Zona C	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Clima	0,12	94	11,28	86	10,32	33	3,96
Servicios complementarios existentes	0,02	88	1,76	20	0,4	42	0,84
Disponibilidad mano de obra	0,13	51	6,63	33	4,29	11	1,43
Disponibilidad de materia prima	0,15	90	13,5	98	14,7	15	2,25
Calidad de suelos	0	57	0	56	0	5	0
Tarifas servicios públicos	0,05	93	4,65	14	0,7	46	2,3
Facilidades de comunicación	0,08	48	3,84	8	0,64	23	1,84
Disponibilidad de agua	0,15	83	12,45	1	0,15	7	1,05
Espacio disponible para expansión	0,09	94	8,46	27	2,43	8	0,72
Seguridad	0,01	58	0,58	81	0,81	31	0,31
Posibilidad de deshacerse de desechos	0,09	40	3,6	55	4,95	38	3,42
Actitud de vecinos frente al proyecto	0,11	92	10,12	34	3,74	27	2,97
<b>Total</b>		<b>1</b>		<b>76,87</b>		<b>43,13</b>	
		<b>Debe sumar 1</b>		<b>Se escoge localización A</b>			

# Método de Brown y Gibson

- Corresponde a una variación del método anterior.
- Combina factores posibles de cuantificar con factores subjetivos a los que les asignan valores ponderados de peso relativo.
- Etapas del método
  1. Calcular el valor relativo de cada factor objetivos  $FO_i$  para cada localización  $i$  optativa viable.
  2. Calcular un valor relativo de cada factor subjetivo  $FS_i$  para cada localización  $i$  optativa viable.
  3. Combinar los factores objetivos y subjetivos, asignándoles una ponderación relativa para obtener una medida de preferencia de localización (MPL).
  4. Seleccionar la ubicación que tenga la máxima medida de preferencia de localización.

# Método de Brown y Gibson

- **Paso 1:** Cálculo del factor objetivo

$$FO_i = \frac{1/C_i}{\sum_{i=1}^n 1/C_i}$$

$C_i$ = Costo asociado al lugar  $i$

- Al ser siempre la suma de los  $FO_i$  igual a uno, el valor que asume cada uno de ellos es siempre un término relativo entre las distintas alternativas de localización.

# Método de Brown y Gibson

- **Paso 2:** Cálculo del factor subjetivo

$$FS_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} W_j$$

$R_{ij}$ = Ordenación jerárquica  
 $W_j$ = Importancia relativa

- Para el cálculo de  $W_j$  se asigna en las columnas de combinaciones pareadas un valor uno al factor más relevante y cero al menos importante, mientras que cuando son equivalentes se asigna a ambos un factor uno.

# Método de Brown y Gibson

- El mismo análisis de comparación que permitió la elaboración del índice de importancia relativa  $W_j$  se utiliza para determinar, además, la ordenación jerárquica  $R_{ij}$  de cada factor subjetivo.
- **Paso 3:** Cálculo de la medida de preferencia de localización (MPL).
- La importancia relativa diferente que existe, a su vez, entre los factores objetivos y subjetivos de localización hace necesario asignarle una ponderación  $K$  a uno de los factores y  $1 - K$  al otro, de manera tal que se exprese también entre ellos la importancia relativa.
- **Paso 4:** Selección del lugar.

# Método de Brown y Gibson: Ejemplo

$$FO_i = \frac{1/C_i}{\sum_{i=1}^n 1/C_i}$$

- Suponga que se tienen los siguientes costos (MM\$):

- Luego, los factores objetivos para cada localización son:

$$FO_A = 0,03448 / 0,10277 = 0,33553$$

$$FO_B = 0,03125 / 0,10277 = 0,30408$$

$$FO_C = 0,03704 / 0,10277 = 0,36039$$

# Método de Brown y Gibson: Ejemplo

- Se realizó un estudio de mercado que concluyó que la educación era el factor más valorado, y que a su vez el factor vivienda es preferido al comparar con el factor clima.

Factor ( $j$ )	Comparaciones pareadas			Suma de preferencias	Índice $W_j$
Clima	1 0	2 0	3 0	0	0
Vivienda	1 1			1	0,333
Educación		1 1	1 1	2	0,667
Total				3	

# Método de Brown y Gibson: Ejemplo

- Para saber las preferencias de los usuarios se realiza una encuesta a una muestra del mercado objetivo, obteniendo la siguiente información primaria:
  - El estudio señaló que la localización A y B eran los lugares preferidos en cuanto a clima, puesto que el 70% de los encuestados manifestó su preferencia, en igual ponderación, por ambas localizaciones.
  - En lo relacionado a vivienda, se prefiere a las localizaciones B y C en igual ponderación.
  - Los estudios demostraron, además, que en lo relacionado a educación, también se prefiere a las localizaciones B y C, con la salvedad que en este caso, al tener que optar entre alguna de las dos, se opta por la localización C.

# Método de Brown y Gibson: Ejemplo

Factor Localización	Clima			Vivienda			Educación			suma de pref.	$R_{i3}$	
	comparaciones pareadas			suma de pref.	comparaciones pareadas			suma de pref.	comparaciones pareadas			
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	
A	1	1		2	$2/4 = 0.50$	0	0	1	$0/4 = 0.00$	0	0	0
B	1		1	2	$2/4 = 0.50$	1		1	$2/4 = 0.50$	1	0	1
C		0	0	0	$0/4 = 0.00$		1	1	$2/4 = 0.50$	1	1	2
Total			4		1,00			4	1,00		3	1,00

# Método de Brown y Gibson: Ejemplo

- Luego, como resumen de ambos cálculos, se tiene que:

Factor ( <i>j</i> )	Puntaje relativo $R_{ij}$			Índice $W_j$
	A	B	C	
Clima	0,5	0,5	0	0
Vivienda	0	0,5	0,5	0,333
Educación	0	0,333	0,667	0,667

$$FS_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} W_j$$

- Y así,

$$FS_A = 0,5 \cdot 0 + 0 \cdot 0,333 + 0 \cdot 0,667 = 0$$

$$FS_B = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 0,333 + 0,333 \cdot 0,667 = 0,3889$$

$$FS_C = 0 \cdot 0 + 0,5 \cdot 0,333 + 0,667 \cdot 0,667 = 0,6111$$

- Como puede observarse, la suma de los tres resultados es igual a uno.

# Método de Brown y Gibson: Ejemplo

- Cálculo de MPL: Supongamos que se considera que los factores objetivos son cuatro veces más importantes que los subjetivos. Luego, se tiene que:

$$K = 4(1 - K) \Rightarrow K = 0,8$$

- Y así,

$$MPL_A = 0,8 \cdot 0,33553 + 0,2 \cdot 0 = 0,26843$$

$$MPL_B = 0,8 \cdot 0,30408 + 0,2 \cdot 0,3889 = 0,32104$$

$$MPL_C = 0,8 \cdot 0,36039 + 0,2 \cdot 0,6111 = 0,41053$$

- De acuerdo con el método de Brown y Gibson, la opción elegida es la localización C.

# Lectura obligatoria

- Capítulos 7, 8 y 9: Sapag N. & Sapag R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos* (5<sup>a</sup> ed.). Bogotá: Editorial McGraw Hill Interamericana. ISBN 10: 956-278-206-9, ISBN 13: 978-956-278-206-7.