



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

MANTENIMIENTO Y CONTROL DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

Control de Maquinaria

Control de mantenimiento de maquinaria

(CAPS. 9, 14 Y 17 COMPLETOS)

M. EN I. RUBEN TELLEZ SANCHEZ



9

Elementos de administración de inventarios

OBJETIVOS

Después de haber estudiado este capítulo, el lector deberá ser capaz de:

- explicar la utilidad de los inventarios;
- exponer las categorías de inventarios;
- clasificar los inventarios por el método ABC;
- distinguir las dos definiciones del nivel de servicio;
- definir los elementos de los costos de aprovisionamiento y de almacenamiento;
- calcular la cantidad económica de la orden;
- analizar la cantidad económica desde el punto de vista de los descuentos por cantidad.

TERMINOLOGIA

costo de adquisición
costo de abastecimiento
costo de orden
costo de almacenamiento
lote económico
almacenamiento
método ABC

punto de reorden
producto en curso
producto semiterminado
inventario
inventario activo
inventario de seguridad
almacenamiento

INTRODUCCION

La escasez de materias primas que se observó en la Primera Guerra Mundial, la sobreabundancia de inventarios durante la crisis económica de 1929, las dificultades de abastecimiento que surgieron en la Segunda Guerra Mundial y muchos otros problemas que han experimentado las empresas son aspectos que han contribuido a la toma de conciencia sobre la importancia de una administración económica de los inventarios.

El almacenamiento es una forma de asegurar la continuidad de las operaciones de un sistema de producción. Sin embargo, al mismo tiempo dicha actividad desencadena costos suplementarios, lo que tiene como efecto una reducción del margen de utilidad. En consecuencia, es necesario que la empresa asegure la continuidad de sus operaciones con una garantía razonable contra la escasez de la materia prima, pero evitando los excesos de inventarios.

CATEGORIAS DE INVENTARIOS

Los inventarios varían dependiendo de las actividades. En una empresa industrial se encuentran inventarios de materias primas, de productos en curso, de productos terminados y de mantenimiento. En una empresa comercial existen inventarios de productos terminados y de muebles de oficina. En general, los inventarios pueden dividirse en cuatro categorías:

- a) **Inventario de fabricación.** Es el formado por las materias primas brutas, las piezas y los productos semiterminados que entran en la composición de los productos terminados.
- b) **Inventario de productos en curso.** Se trata de las componentes que se encuentran en las diferentes etapas de la fabricación. Dichos productos pueden almacenarse en los locales de fabricación si el procedimiento de producción implica etapas sucesivas, como ocurre por ejemplo en una línea de ensamble.
- c) **Inventarios de productos terminados.** Estos productos, que son el resultado final del sistema de producción, se guardan en almacenes apropiadamente acondicionados hasta el momento de su expedición.
- d) **Inventario MRO (mantenimiento, reparación, operaciones).** Estos productos no forman parte integral de un producto terminado, pero intervienen directamente en el proceso de fabricación. El aceite, el jabón, la grasa, las piezas de repuesto para las máquinas y los muebles de oficina son algunos ejemplos. Se lo conoce también como inventario de abastecimientos.

CLASIFICACION DE LOS INVENTARIOS: EL METODO ABC

La clasificación es una etapa esencial en una administración sana de los inventarios. La empresa, según sus necesidades, adopta ciertos criterios

consumo actual. Este inventario es igual a la diferencia entre los niveles máximo y mínimo.

NIVEL DE SERVICIO

Este se refiere a la intensidad con la cual la empresa desea satisfacer la demanda. El nivel de servicio puede concebirse en dos formas:

1. la relación entre el número de *unidades* ofrecidas y el número de-
mandado.
2. la relación entre el número de *clientes* que han comprado el producto y los
que lo han demandado.

Supongamos, por ejemplo, que el número de clientes por atender es de 10. Nueve clientes demandan 10 unidades cada uno y el décimo demanda 500. Si las nueve primeras demandas son satisfechas y la décima no se atiende, el nivel de servicio será igual a:

— según la primera definición:

$$\frac{900}{1400} \times 100 = 64.3\%$$

— según la segunda definición:

$$\frac{9}{10} \times 100 = 90\%$$

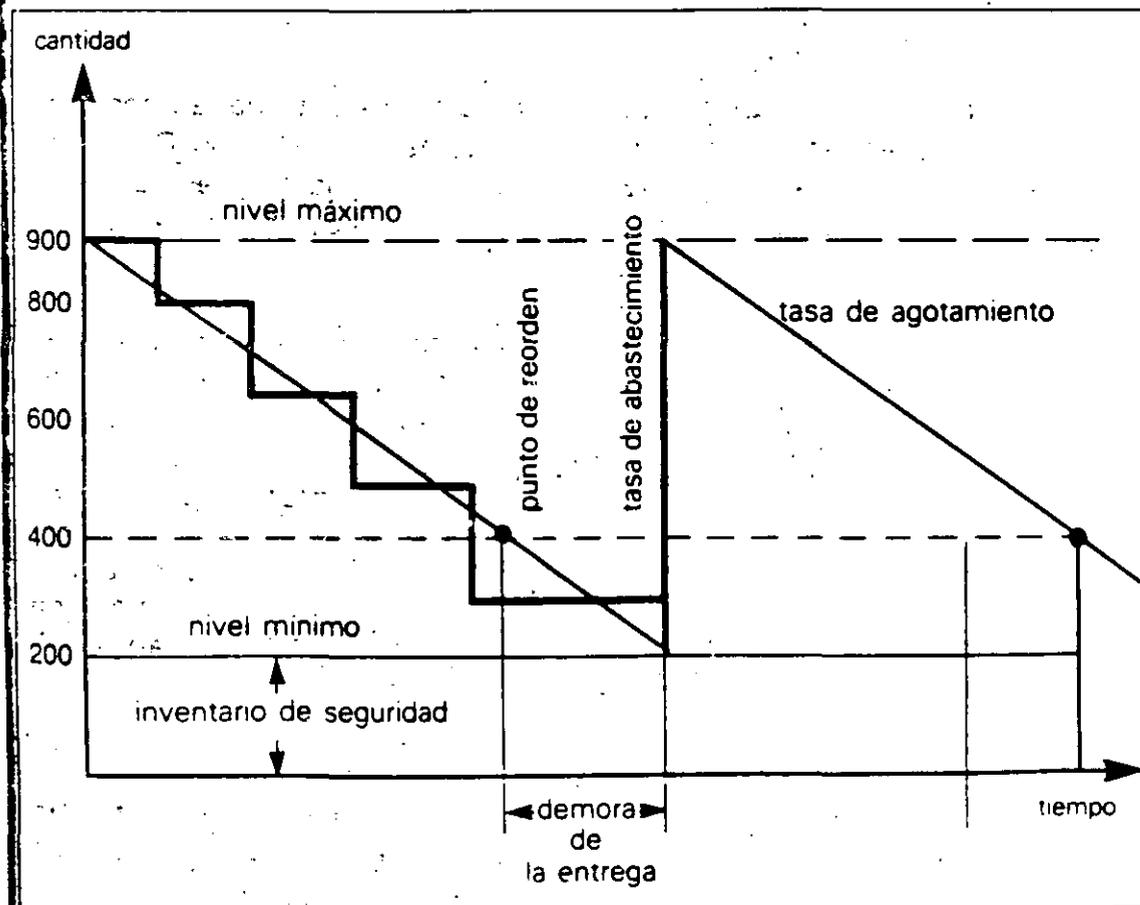


Fig. 9-1
Modelo de
almacenamiento

Con la primera definición se conoce el porcentaje de la *demanda* que ha sido satisfecho, mientras que la segunda definición indica el porcentaje satisfecho de la *clientela* independientemente de las unidades demandada.

PUNTO DE REORDEN

Este es el nivel del inventario a partir del cual se decide ordenar el producto. Este punto, que se establece para asegurar la disponibilidad de los productos en los periodos de reabastecimiento, designa una cantidad que está en función de la tasa de la demanda durante el periodo de reabastecimiento y de la demora de la entrega.

El siguiente ejemplo ilustra una manera de determinar en forma aproximada el punto de reorden. Supongamos que, para un artículo determinado, los consumos mensuales y las demoras de entrega son los siguientes:

Mes	Consumo mensual (unidades)	Demora de la entrega (días)
enero	90	3
febrero	110	5
marzo	120	6
abril	80	4
mayo	100	3
junio	100	3
	600	24

El consumo mensual promedio es de:

$$\frac{600}{6} = 100 \text{ unidades}$$

Considerando meses de 30 días, el consumo cotidiano es de:

$$\frac{100}{30} = 3.3 \text{ unidades/día}$$

La demora promedio de entrega es de:

$$\frac{24}{6} = 4 \text{ días}$$

El punto de reorden se sitúa en:

$$3.3 \times 4 = 13.2$$

Por tanto, debe levantarse la orden en el momento en que el inventario llega a aproximadamente 14 unidades. En este ejemplo no se ha mencionado la existencia de un inventario de seguridad que permita evitar la escasez durante los periodos o demoras de entrega que excedan de cuatro días.

INVENTARIO DE SEGURIDAD

Este tiene como finalidad impedir toda interrupción en el aprovisionamiento, causada por demoras en la entrega o por un aumento imprevisto de la demanda durante el periodo de reabastecimiento.

este respecto, entre los cuales pueden mencionarse la tasa de rotación, el objeto, la utilización, el valor del consumo anual, etc. La clasificación por el método ABC es utilizada por las empresas que desean ejercer un mínimo de control sobre sus inventarios.

Este método consiste en reagrupar los artículos del almacén ya sea con base en el gasto anual promedio de cada artículo (costo de compra y gastos generales), o con base en la inversión anual para cada uno. Se procede a esta clasificación una vez que se han identificado los artículos del almacén y que los ficheros de utilización han sido establecidos y mantenidos durante un ciclo completo de operaciones. En seguida describimos las etapas de su elaboración:

- a) Los artículos se clasifican en orden creciente o decreciente, tomando como base el gasto anual promedio o la inversión anual.
- b) Se suman los valores de todos los artículos del almacén. El resultado representa la inversión total anual.
- c) El valor de cada artículo se convierte en porcentaje del total de la inversión anual.
- d) Los artículos se reparten en tres grupos: A, B y C.
 - El grupo A, que representa entre el 70% y el 80% del consumo anual total en dólares, contiene del 10% al 20% de los artículos.
 - El grupo B, que representa entre el 15% y el 20% del consumo anual total, contiene del 30% al 40% de los artículos.
 - El grupo C, que representa entre el 5% y el 10% del consumo anual total, contiene del 40% al 50% de los artículos.

En la tabla siguiente se muestra la inversión anual para diez artículos hallados en el almacén. Clasifiquemos estos artículos por el método ABC.

Número del artículo	03	19	22	23	27	36	41	54	68	82
Costo anual (\$)	15 000	800	95 000	425	25 000	1 500	225	7 500	75 000	13 000

Solución

Etapas a) y b):

Etapa c):

Número	Costo anual	Porcentaje
22	\$ 95 000	40.8
68	75 000	32.1
27	25 000	10.7
03	15 000	6.4
82	13 000	5.6
54	7 500	3.2
36	1 500	0.6

19	800	0.3
23	425	0.2
41	225	0.1
Total	\$ 233 450	100%

Etapa d):

Grupos	Inversión		Inventario	
	Costo anual	Porcentaje	Número de los artículos	Porcentaje
A	\$ 170 000	72.9	22. 68	20
B	\$ 53 000	22.7	27. 03. 82	30
C	\$ 10 450	4.4	54. 36. 19. 23. 41	50

Puede observarse que un gran número de artículos (40% a 50%) no constituyen más que un pequeño porcentaje (5% a 10%) de la inversión total anual. Esta clasificación se hace con el objeto de:

- orientar los esfuerzos del administrador en la elaboración de la política y los procedimientos de control del inventario;
- permitirle repartir el presupuesto y el tiempo del personal en función del valor de los diferentes artículos del almacén.

REGLA DE ADMINISTRACION DE LOS INVENTARIOS

Una representación gráfica de la evolución de los inventarios permitirá comprender más fácilmente los elementos necesarios para elaborar una regla de administración. Por lo general esta regla debe definir los siguientes elementos: nivel del inventario, inventario activo, inventario de seguridad, punto de reorden, tasa de agotamiento, tasa de reabastecimiento y demora de reabastecimiento o de entrega (fig. 9-1).

NIVELES DE INVENTARIO

Los niveles de inventario representan los límites predeterminados de las cantidades por almacenar. Estas cantidades varían entre un nivel máximo y un nivel mínimo. La determinación de estos dos niveles depende del consumo anual, de la tasa de agotamiento, del costo unitario del producto, de las demoras de entrega, etc.

INVENTARIO ACTIVO

Este es el inventario que varía constantemente al ritmo de las entradas y salidas del almacén, y puede corresponder a la cantidad económica

1. En esta forma de clasificación no se hace más que aplicar la distribución de Pareto.

La importancia del inventario de seguridad está ligada al nivel de servicio, la fluctuación de la demanda y la variación de las demoras de entrega. Si una empresa desea aumentar su nivel de servicio, deberá acrecentar su inventario de seguridad a fin de poder responder a la alza imprevisible de la demanda y adaptar el punto de reorden en consecuencia.

COSTO DE ABASTECIMIENTO Y DE ALMACENAMIENTO

Una etapa importante en el estudio de una política de administración de inventarios es el análisis de los diferentes costos asociados con la compra, el almacenamiento y la utilización de los productos. Estos costos pueden clasificarse en tres categorías:

- costo de aprovisionamiento,
- costo de almacenamiento,
- costo de escasez.

Los elementos necesarios para el cálculo de estos costos pueden obtenerse en el departamento de contabilidad, el cual también debe clasificarlos en costos fijos y costos variables.

COSTO DE APROVISIONAMIENTO

Este se refiere a la adquisición o renovación del inventario. Este costo, también denominado costo de adquisición, comprende el costo de la orden y el precio pagado por la mercancía. El costo de la orden incluye los gastos inherentes a la emisión de una solicitud de pedido, el transporte, la recepción y la inspección.

Ciertos elementos del costo de la orden son fijos e independientes del número de pedidos emitidos o de la cantidad de artículos por pedido. Por ejemplo, los gastos de administración del personal y del material correspondientes al establecimiento de los pedidos son invariables, cualquiera que sea el número de pedidos. Otros gastos varían en función del trabajo suplementario y contribuyen sólo en cierta medida al costo del pedido. Por tanto, en todos los gastos pueden distinguirse una parte fija y una parte variable. En el caso del costo del pedido, los gastos que intervienen son los siguientes:

- a) costo de la mano de obra:
 - oficina de compras (director, compradores y otros),
 - almacén (personal dedicado a la recepción de la mercancía);
- b) gastos inmobiliarios (superficie y mantenimiento de la oficina y del almacén);
- c) deudas pasivas (intereses sobre préstamos);
- d) costo del suministro;
- e) comunicaciones;
- f) transporte y distribución;
- g) recepción e inspección.

La distribución entre gastos fijos y variables depende de la organización interna de la empresa.

En la tabla siguiente se da un ejemplo de cálculo del costo de la orden. Los porcentajes que se indican son solamente promedios.

Elementos de gasto	Costo total	% variable	Costo variable
Mano de obra	\$ 200 000	60%	\$ 120 000
Inmobiliario	\$ 13 500	75%	\$ 10 125
Deudas pasivas	\$ 6 500	90%	\$ 5 850
Suministros	\$ 6 500	50%	\$ 3 250
Comunicaciones	\$ 6 500	50%	\$ 3 250
Transporte	\$ 33 500	25%	\$ 8 375
Inspección	\$ 53 500	25%	\$ 13 375
Total	\$ 320 000	100%	\$ 164 225

Número total de pedidos emitidos por año: 16 000

Costo total por pedido: $\frac{320\,000}{16\,000} = \20.00

Costo variable por pedido: $\frac{164\,225}{16\,000} = \10.26

En la figura 9-2 se demuestra que el costo de la orden disminuye con el tamaño del lote.

COSTO DE ALMACENAMIENTO

Por lo común, el costo anual de almacenamiento representa más del 25% del valor promedio de los productos almacenados (este porcentaje se sitúa entre 14 y 36%). En principio, este costo se compone de los siguientes elementos:

- Valor promedio del inventario* (para un año determinado).
- Intereses sobre la inversión.* Es importante tener en cuenta los gastos correspondientes a los intereses y el rendimiento que sería posible obtener si el capital se invirtiera en alguna otra cosa. La tasa de interés puede evaluarse en función de la tasa bancaria en curso (entre 10 y 15% del valor promedio del inventario).
- Gastos de seguros.* Numerosas compañías se aseguran contra incendios, robo o contra cualquier otra forma de daños. Este costo se sitúa entre 1 y 3% del valor promedio del inventario.
- Impuestos prediales.* Estos representan de un 2 a un 4% del valor inmobiliario (terreno, almacén).
- Mano de obra.* Los salarios pagados a los empleados por el control y manipulación de los inventarios constituyen un cargo fijo.
- Costo de ocupación.* El almacén se deprecia a una tasa de entre 5 y 10% por año.
- Costo de obsolescencia.* Ciertos productos terminados o el material que se utiliza en la fabricación se vuelven obsoletos con la introducción de nuevos productos.

productos. Este costo puede representar entre un 4 y un 10% del valor promedio del inventario.

h) **Costo de deterioro.** El deterioro puede deberse al almacenamiento, la manipulación u otras causas. Debe representar un máximo de 1% del valor promedio del inventario.

De una forma general, estos costos varían con el incremento o decremento del inventario (fig. 9-2 b). Es por ello que dichos costos se expresan como un porcentaje del valor promedio del inventario. En la tabla siguiente se da un ejemplo de su distribución.

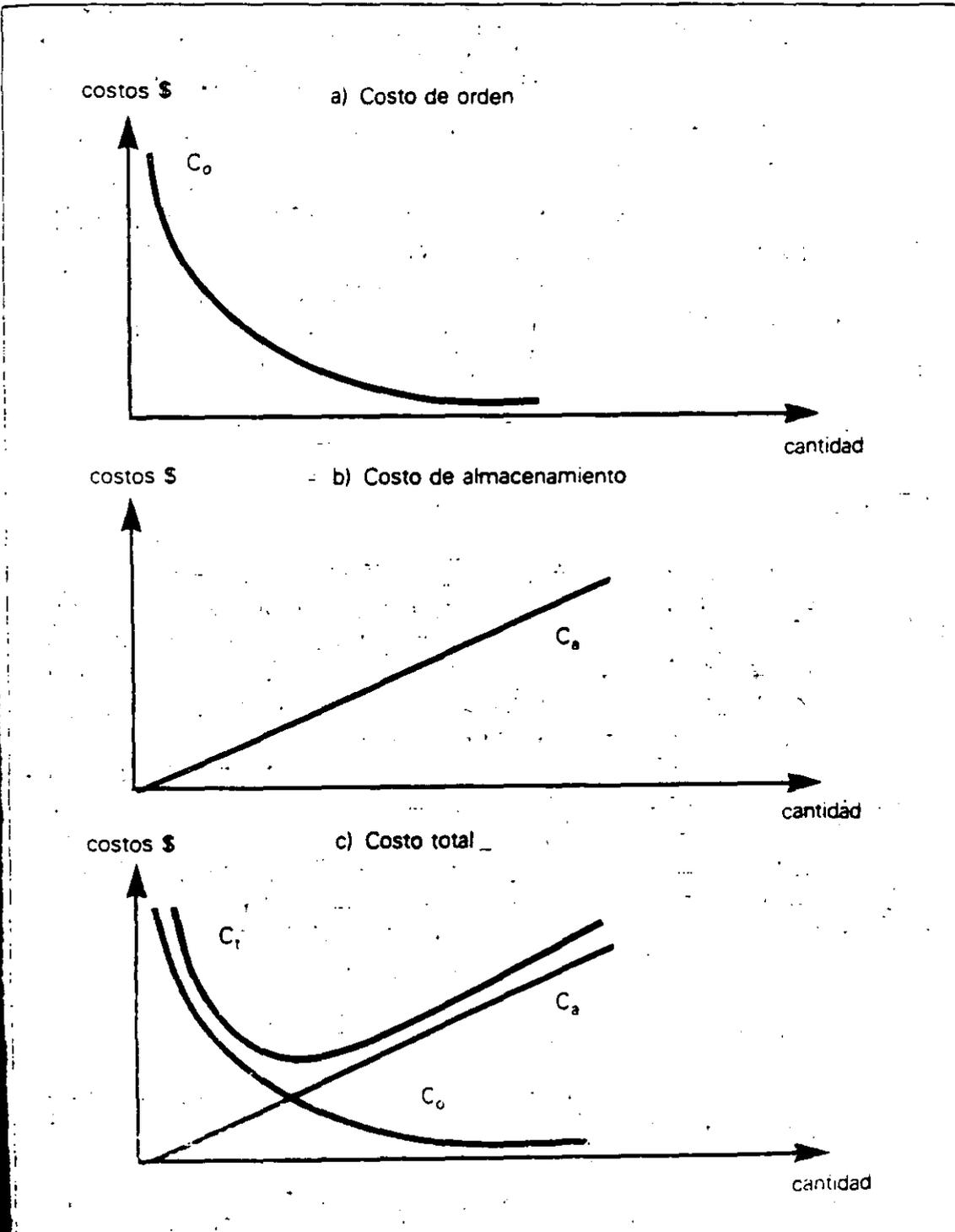


Fig. 9-2. Costo de aprovisionamiento y de almacenamiento en función de la cantidad de inventario.

Elementos de gasto	Costos	Porcentaje de valor promedio del inventario
Intereses	\$ 150 000	7.5
Seguros	\$ 600	0.03
Impuestos prediales	\$ 75 000	3.75
Mano de obra	\$ 60 000	3.00
Ocupación	\$ 100 000	5.00
Obsolescencia	\$ 40 000	2.00
Deterioro	\$ 400	0.02
Reciclaje	\$ 10 000	0.5
Total	\$ 436 000	21.8
Inventario promedio	\$ 2 000 000	

COSTO DE ESCASEZ O FALTA DE INVENTARIO

Este costo corresponde al monto de las ventas perdidas como consecuencia de la falta de inventario, del costo de detención de la producción, de los gastos suplementarios o del costo de los trabajos administrativos suplementarios. El costo de la escasez se considera uno de los más difíciles de evaluar.

EL LOTE ECONOMICO

Se han realizado diversos análisis para combinar ciertos factores cuantitativos en una fórmula o modelo matemático, con el objeto de determinar la cantidad económica por comprar. Partiendo de las características de los datos disponibles (tasa de consumo, costos, demoras, etc.) y del contexto del problema, se han desarrollado varios modelos matemáticos con el objeto de reducir el costo de los inventarios.

La fórmula de Wilson es el modelo básico para el cálculo del lote económico por ordenar. Aunque este método de cálculo —un poco simplista— ha sido muy criticado, debe considerarse que los resultados son válidos en la medida en que el lote económico no es más que un punto de referencia que debe complementarse por la experiencia adquirida. Este método no debe aplicarse rígidamente, sino en función de los procedimientos establecidos y considerando los resultados existentes.

SIMBOLOGIA

A continuación se incluye la lista de símbolos que se utilizan en el cálculo del lote económico:

- a) El inventario promedio es igual a la mitad del inventario activo, al que se le ha añadido previamente el inventario de seguridad o la suma de las cantidades máxima y mínima dividida entre dos:

$$\text{inventario promedio} = \frac{\text{inventario activo}}{2} + \text{inventario de seguridad (IS)}$$

$$\text{o bien} = \frac{\text{nivel máximo} + \text{nivel mínimo}}{2}$$

- b) Q representa la cantidad anual por ordenar. Esta corresponde al consumo anual estimado del producto.
- c) q_0 representa la cantidad económica de unidades que deberán comprarse por pedido; es el resultado de aplicar la fórmula del lote económico.
- d) c_1 es el costo por pedido.
- e) c_2 es el costo anual de almacenamiento por unidad.
- f) I es el costo de almacenamiento expresado como porcentaje del valor promedio del inventario.
- g) U es el costo unitario de compra del producto.
- h) C_c es el costo anual de orden.
- i) C_s es el costo anual de almacenamiento.

CALCULO DEL LOTE ECONOMICO

Veamos con un ejemplo cómo se establece la fórmula del lote económico. Supongamos que el consumo anual de cierto producto es de 100 000 unidades, que el costo de orden se estima en \$20 por pedido, que el costo de almacenamiento es del 25% del valor anual del inventario promedio y que el costo unitario del producto es de \$100.

Costo de almacenamiento = valor del inventario promedio \times porcentaje
o bien = inventario promedio \times costo unitario de almacenamiento

$$C_a = \left[\frac{q}{2} \times U \right] \times I$$

$$\text{o bien} = \left[\frac{q}{2} \times c_2 \right]$$

Costo anual de orden = número de pedidos por año \times costo de orden:

$$C_o = \frac{Q}{q} \times c_1$$

$$\text{o bien} = n \times c_1$$

Costo total = costo de almacenamiento + costo anual de orden (fig. 9-2c):

$$C_T = C_a + C_o$$

En la tabla siguiente se indican los valores de estos costos para diferentes cantidades por ordenar:

Cantidad por ordenar	$C_a = \frac{q}{2} \times U \times I$	$C_o = \frac{Q}{q} \times c_1$	$C_T = C_a + C_o$
100	$= \frac{100}{2} \times 100 \times 0.25$ $= \$1\,250$	$= \frac{100\,000}{100} \times 20$ $= \$20\,000$	$\$21\,250.00$
200	$= \frac{200}{2} \times 100 \times 0.25$ $= \$2\,500$	$= \frac{100\,000}{200} \times 20$ $= \$10\,000$	$\$12\,500.00$
300	$= \frac{300}{2} \times 100 \times 0.25$ $= \$3\,750$	$= \frac{100\,000}{300} \times 20$ $= \$6\,666.66$	$\$10\,416.66$
400	$= \frac{400}{2} \times 100 \times 0.25$ $= \$5\,000$	$= \frac{100\,000}{400} \times 20$ $= \$5\,000$	$\$10\,000.00$
500	$= \frac{500}{2} \times 100 \times 0.25$ $= \$6\,250$	$= \frac{100\,000}{500} \times 20$ $= \$4\,000$	$\$10\,250.00$

Observe que el pedido de 400 unidades produce el costo total más bajo. Si se compara el costo de almacenamiento con el costo de orden, se concluye que al nivel de 400 unidades estos dos costos son iguales. De este modo podemos deducir la fórmula del lote económico:

$$C_a = C_o$$

$$\frac{q_o}{2} \times U \times I = \frac{Q}{q} \times c_1$$

$$q^2 = \frac{2Qc_1}{UI}$$

$$q_o = \sqrt{\frac{2Qc_1}{UI}}$$

o bien = $\sqrt{\frac{2Qc_1}{c_2}}$

Apliquemos esta ecuación a nuestro ejemplo:

$$q_o = \sqrt{\frac{2Qc_1}{UI}}$$

$$= \frac{2 \times 100\,000 \times 20}{100 \times 0.25}$$

$$= 400 \text{ unidades por pedido}$$

- Mantener los costos de abastecimiento y almacenamiento al más bajo nivel posible.
- Mantener un nivel adecuado de inventarios.
- Satisfacer rápidamente la demanda.
- Recurrir a la informática.

La política de administración de los inventarios debe también estar adaptada al sistema de producción. Las necesidades de materiales y de servicios no son las mismas para la producción en serie y para la producción intermitente o por unidad. La administración de los inventarios para cada uno de estos sistemas se estudiará en los capítulos dedicados a la planificación.

RESUMEN

El almacenamiento es una forma de asegurar la continuidad de las operaciones del sistema de producción. Pueden distinguirse cuatro categorías de productos por almacenar: inventario de fabricación, inventario de productos en curso, inventario de productos terminados e inventario MRO.

Para administrar mejor los inventarios, éstos deben clasificarse por orden de valor monetario según el método ABC. También es posible establecer reglas de administración para cada clase de productos. La regla de administración debe definir los niveles de inventarios, el inventario activo, el inventario de seguridad, el punto de reorden, la tasa de agotamiento, la tasa de reaprovisionamiento y la demora de la entrega.

Los costos relativos al inventario son los de aprovisionamiento, almacenamiento y escasez. El cálculo del lote económico es una forma de reducirlos.

Preguntas

1. Para una empresa, diga cuál es la importancia de cada una de las siguientes categorías de inventarios: materias primas, productos en curso, productos MRO y productos terminados.
2. Describa el método ABC que se utiliza para el control de los inventarios.
3. ¿En qué consiste la regla de administración de inventarios?
4. ¿Qué funciones tiene el inventario de seguridad?
5. ¿Se ve afectado el punto de reorden de un producto por el nivel del inventario de seguridad?
6. Indique la fórmula del punto de equilibrio.
7. ¿Cuáles son las dos formas de concebir el nivel de servicio?
8. ¿Es el costo de almacenamiento directa o inversamente proporcional a la cantidad almacenada?
9. ¿Es compatible el cálculo del lote económico con el método ABC?
10. Explique los límites de la utilización de la fórmula del lote económico.

1. Un fabricante necesita 40 000 circuitos impresos por año para la elaboración de cierto producto. El estima que el costo de orden es de \$ 50 por pedido y que el costo de almacenamiento es del 20% del valor promedio del inventario. Si el costo unitario es de \$2, calcule:
 - a) la cantidad económica de la orden;
 - b) el costo de almacenamiento, el costo de orden y el costo total;
 - c) el número de pedidos por año.

2. Los siguientes artículos han sido registrados en el fichero (kárdex) de una compañía así como su costo anual de compra:

No.	Código	Costo anual
1	M 07	\$ 32 000
2	N 14	\$ 1 200
3	M 23	\$ 37 000
4	O 26	\$ 14 000
5	P 36	\$ 108 000
6	M 37	\$ 3 700
7	N 45	\$ 28 000
8	P 53	\$ 19 000
9	O 77	\$ 8 100
10	P 84	\$ 65 000

Se desea que usted:

- a) clasifique estos artículos según el método ABC;
 - b) indique el valor monetario y el porcentaje de cada clase;
 - c) calcule la cantidad económica por ordenar del artículo P 36, cuyo costo unitario es de \$ 20, sabiendo que el costo de orden es de \$ 50 por pedido y el costo anual de almacenamiento es de \$5 por unidad.
3. Una compañía desea establecer una regla de administración de inventarios para un producto cuyo consumo anual se eleva a aproximadamente \$250 000. Después de un estudio detallado de los principales registros contables, se ha colectado la siguiente información:

Consumo estimado para el año de 1981	105 000 unidades
Costo unitario promedio	\$2.50
Alquiler del almacén	\$0.25/unidad
Costo de preparación de un pedido	\$21.50/pedido
Seguro de los inventarios	10% de su valor
Costo promedio de recepción	\$20/pedido
Gastos postales	\$0.50/pedido
Pérdidas por deterioro	2%
Falta de ganancia en intereses	10%

EMPLEO DE LA FORMULA DEL LOTE ECONOMICO

Sería muy monótono y a menudo inexacto aplicar esta fórmula a cada artículo, debido a que el consumo anual, el costo unitario y las condiciones de almacenamiento varían de un artículo a otro. Para remediar este problema, deben reagruparse los artículos según ciertos criterios (por ejemplo método ABC), y posteriormente debe aplicarse la fórmula a cada grupo. Se trata por tanto de la aplicación uniforme de una política y no de una fórmula.

En el momento de emplear la fórmula del lote económico deben tenerse en cuenta los siguientes elementos de modificación o de apreciación:

a) **Redondeo de las cantidades.** Cuando la cantidad que resulta del cálculo no es un número entero, a menudo debe redondearse. Es incómodo hacer 3 1/2 o 6 1/4 pedidos; debe elegirse entre 3 y 4 en el primer caso y optar por 6 en el segundo. Es igualmente necesario que la cantidad total de unidades por ordenar sea un número entero.

b) **Ajustes por comodidad.** Si la cantidad económica de pedidos para un artículo es de 4 docenas, pero el embalaje habitual se hace para 5 docenas, un embalaje especial puede generar gastos suplementarios y causar errores de conteo.

c) **Ajustes para obtener descuentos por cantidad.** (Véase más adelante.)

LIMITES DE ESTA FORMULA

La fórmula del lote económico no es recomendable más que en ciertos casos, debido a la inexactitud de los resultados. Pueden citarse los siguientes casos:

- a) productos cuyo precio fluctúa mucho;
- b) productos cuya tasa de utilización varía frecuentemente;
- c) productos cuya utilización no puede preverse con un grado razonable de exactitud.

EL DESCUENTO POR CANTIDAD Y EL LOTE ECONOMICO

A menudo es posible obtener una disminución significativa del costo unitario cuando se ordena una cantidad ligeramente superior a la del lote económico.

En este caso, se calcula primero el lote económico sin tener en cuenta la posibilidad de descuentos, y posteriormente se evalúa el costo total anual de la cantidad que daría derecho a un descuento. Finalmente se elige aquella cantidad cuyo costo sea el más bajo.

Ejemplo:

Consumo anual:	10 000 unidades
Costo unitario:	\$10
Costo de almacenamiento:	25% del valor del inventario promedio
Costo por pedido:	\$20

El proveedor concede los siguientes descuentos:

0 a 999 unidades:	\$ 10.00
1 000 a 1 999 unidades:	\$ 9.95
2 000 a más:	\$ 9.90

Solución:

a) Cálculo del lote económico:

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 Q c_1}{U I}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 10\,000 \times 20}{10 \times 0.25}} = 400 \text{ unidades}$$

b) Se tiene la opción entre:

400 unidades a \$ 10.00	1 000 unidades a \$ 9.95	2 000 unidades a \$ 9.90
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

Con ayuda de la siguiente tabla procedamos al análisis de estas tres ofertas:

	400 unidades	1 000 unidades	2 000 unidades
Costo anual de compra	\$ 100 000	\$ 99 500	\$ 99 000
Costo de almacenamiento	\$ 500	\$ 1 243.75	\$ 2 475
Costo de orden	\$ 500	\$ 200	\$ 100
Costo total	\$ 101 000	\$ 100 943.75	\$ 101 575

c) Desde el punto de vista estrictamente económico, la elección será consecuentemente la del pedido de 1 000 unidades a \$9.95.

POLITICA DE ADMINISTRACION DE INVENTARIOS

Esta política consiste en el conjunto de reglas y procedimientos que aseguran la continuidad de la producción de una empresa, permitiendo una seguridad razonable en cuanto a la escasez de materia prima e impidiendo el exceso de inventarios, con el objeto de mejorar la tasa de rendimiento.

Esta política puede variar de una empresa a otra, de un periodo a otro, y de un producto o grupo de productos a otro. Su éxito reside en el respeto de los siguientes imperativos:

- Establecer relaciones exactas entre las necesidades probables y los suministros de diferentes productos.
- Definir categorías para el inventario y clasificar cada mercancía en la categoría adecuada.

Calcule:

- a) el costo de orden y almacenamiento;
- b) la cantidad económica por ordenar para el año de 1981;
- c) el costo de aprovisionamiento y de almacén;
- d) la cantidad por ordenar, considerando la hipótesis de los siguientes descuentos por cantidad:

1 a 9 999	\$2.50 por unidad
10 000 a 19 999	\$2.40 por unidad
20 000 o más	\$2.35 por unidad

4. Usted debe proporcionar a sus clientes, todos los lunes, un promedio de 400 unidades de cierto producto. Usted obtiene dicho producto de un fabricante a \$60 por unidad. El costo de orden y de transporte es de \$150 por pedido. El costo de almacenamiento se estima en un 20% del costo de los productos almacenados. Hay 50 semanas de trabajo en el año. Usted desea elaborar una regla de administración de inventarios para determinar:

- a) la cantidad económica por ordenar;
- b) el costo total de aprovisionamiento y almacenamiento;
- c) el punto de reorden y el nivel máximo del inventario, teniendo en cuenta que usted desea mantener 5 unidades como inventario de seguridad y que la demora promedio de la entrega es de una semana.

Estudio de un caso práctico

La compañía "Hany Ltée"

Las operaciones de la línea de ensamble del producto LT 13146 de esta compañía se encuentran actualmente detenidas a causa de la escasez de una de las componentes electrónicas del producto. Esta compañía se dedica a fabricar aparatos para el hogar.

El director de producción (D. Pr.), después de haber tomado conocimiento del incidente, ha convocado a su oficina al director de planificación (D. Pl.) y al director de aprovisionamiento (D.A.) a fin de encontrar las causas del incidente y proponer una solución. En seguida presentamos la conversación que mantuvieron.

D.A. — Se han seguido todos los procedimientos de compra: esa demora no se previó en nuestras diligencias. Se trata de un error, estoy seguro.

D.Pr. — ¿Ha previsto usted por lo menos un inventario de seguridad para este tipo de componente?

D.Pl. — No, dada la constante evolución tecnológica de la industria electrónica y el elevado costo de obsolescencia de las componentes electrónicas, hemos preferido no mantener inventarios de seguridad.

D.Pr. — ¿Ha evaluado usted cuánto costará este incidente a la compañía?

D.PI. — Aproximadamente \$500 dólares en salarios y gastos fijos por día. No he añadido a este costo las posibles pérdidas de ventas ocasionadas por el retardo de la entrega.

D.A. — El costo ha sido bajo esta vez, porque nuestro proveedor también ha tenido problemas de abastecimiento, y deberemos aguardar hasta la fabricación del lote ordenado, lo cual no ocurrió en el anterior periodo de escasez.

D.Pr. — Les he convocado aquí el día de hoy para poner fin a la repetición de estas situaciones. Opino que debe redefinirse la política de almacenamiento de componentes electrónicas.

D.PI. — Actualmente estoy estudiando la reformulación de la regla de administración de inventarios referente a las componentes electrónicas. He colectado la información necesaria para la evaluación de esta regla (vea la tabla siguiente). El procedimiento que me propongo seguir consta de tres etapas:

1. Calcular el lote económico para cada componente cuyo costo anual de compra sea superior a \$10 000:
2. Calcular el nivel máximo del inventario añadiendo al lote económico el inventario de seguridad, que es igual a la cantidad mínima calculada según una de las tres siguientes fórmulas:

a) El costo de compra de las componentes inmovilizadas en el inventario de seguridad debe ser igual o inferior al costo de detención de la línea de producción:

$$IS = \frac{\text{costo de detención por día}}{\text{costo unitario de compra}}$$

b) $IS = 1/2$ tasa de utilización \times demora de la entrega

c) $IS = (\text{tasa de utilización} \times \text{porcentaje de variación}) \times \text{demora de la entrega}$

3. Determinar el punto de reorden con ayuda de la fórmula
 $\text{Punto de reorden} = IS + (\text{tasa de utilización} \times \text{demora de la entrega})$

Artículo	Código de la componente	Consumo anual (unidades)	Costo unitario promedio (\$)	Tasa de utilización		Demora de la entrega (días)	Costo de detención de la producción (\$/día)
				Unidades /día	Porcentaje de variación		
1	RT — 101	144 000	0.30	600	8%	12	\$ 350
2	HT — 201	240 000	0.24	1 000	5%	10	\$ 420
3	ST — 301	12 000	1.00	50	15%	20	\$ 220
4	LT — 401	132 000	0.40	550	10%	10	\$ 550

- D.A. — Usted no ha considerado, en su procedimiento, el descuento por cantidad que los proveedores nos ofrecen algunas veces.
- D.Pr. — Pienso que, por el momento, este descuento no debe tomarse en cuenta en la definición de la regla de administración, y que cada situación debe ser evaluada independientemente. (*Mirando al director de planificación*) ¿Qué piensa usted?
- D.Pl. — Tiene usted razón, pero es necesario que mi informe prevea las actitudes que deberán tomarse en estos casos particulares.
- D.Pr. — Bien, ¿cuándo estará listo su informe?
- D.Pl. — Haré todo lo que pueda, lo tendrá usted en cuanto esté terminado.
- D.Pr. — (*Sonriendo*) Espero que no haya demoras en su entrega ...

Preguntas

- ¿Qué piensa usted del procedimiento propuesto por el director de planificación?
- Elabore un informe que contenga los detalles de la aplicación de esta regla de administración para cada una de las componentes.
- ¿Qué actitud propondría usted considerando la hipótesis de un descuento por cantidad?

BIBLIOGRAFIA

1. Antier, P., *Conseils pratiques pour la gestion des stocks*, Paris, Dunod, 1967.
2. Briggs, P.G., O.L. Daires et P.J. Harrison, *Les stocks et la gestion des stocks*, Paris, Entreprise moderne d'édition, 1970.
3. Buchan, J. et E. Koenigsberg, *Gestion scientifique des stocks*, Paris, Eyrolles, 1963.
4. Ferrier, J., *La gestion scientifique des stocks*, Paris, Dunod, 1966.
5. Killen, L., *Techniques de gestion des stocks*, Paris, Bordas, 1971.
6. Rambaux, A., *Gestion économique des stocks*, Paris, Dunod, 1969.
7. Starr, M.K. et D.M. Miller, *La Gestion des stocks*, Paris, Dunod, 1966.

10

La planificación global

OBJETIVOS

Después de haber estudiado este capítulo, el lector deberá ser capaz de:

- definir el cometido de la planificación global;
- identificar los problemas de la planificación global;
- aplicar las técnicas de planificación;
- describir los elementos constitutivos del sistema de planificación global.

TERMINOLOGIA

costo diferencial de producción

planificación

PGP

maquila

estrategia de producción

INTRODUCCION

La planificación es una etapa esencial que precede a los trabajos y en un objetivo determinado. Estos planes futuros de acción se inscriben dentro de un contexto dinámico que lleva al administrador a ajustar sus planes al ritmo de los cambios.

La planificación es una etapa esencial que precede a los trabajos y engloba todas las previsiones inherentes a la elaboración de planes de acción eficaces.

La planificación se hace a largo plazo (construcción de una nueva fábrica, expansión de la gama de productos), a plazo mediano (elaboración de los planes de producción y de venta) y a corto plazo (calendario de producción), así como a diferentes niveles del sistema de producción. Cada tipo de planificación responde a cierta necesidad de información y de control del administrador. La planificación global define, para un periodo determinado, las orientaciones de la empresa en materia de producción de bienes y servicios. Aquí estudiaremos la planificación a corto y a mediano plazos (dos años o menos) para el conjunto de la empresa.

La finalidad de la planificación global es evaluar el conjunto de recursos materiales, humanos y financieros necesarios para las operaciones de producción de un periodo dado. El principal objetivo es satisfacer, al más bajo costo posible, las previsiones de demanda de este periodo.

La realización de este objetivo está sujeta a restricciones internas y externas. La política de la empresa en materia de mano de obra, horas suplementarias, almacenamiento y nivel de servicio a la clientela constituyen las restricciones internas. Las restricciones externas provienen de las condiciones tecnológicas —las cuales limitan la capacidad técnica de producción— y de la situación sociológica, económica y de la competencia, las cuales condicionan las variaciones de la demanda.

El programa general de producción (PGP), el cual analizaremos en este capítulo, es el resultado de la planificación global. Se elabora a partir de las previsiones de la demanda para el conjunto de productos ofrecidos por la empresa, y define las cantidades por producir, los niveles de inventario y la composición de la mano de obra para cada periodo.

ELABORACION DE UN PGP

INFORMACION BASICA

En la figura 10-1 se da la lista de los elementos de información necesarios para elaborar un PGP. A fin de coleccionar esta información se requiere ante todo elaborar los documentos de registro para los datos de cada departamento.

El departamento de mercadotecnia elaborará las previsiones de la demanda. El departamento de contabilidad se ocupará de los costos de producción. El departamento de planificación y control de la producción determinará la capacidad de producción y los niveles apropiados de inventario. Este último departamento también deberá, dependiendo de los cambios en la información básica, rectificar los planes de producción.

a) **Previsiones de la demanda.** En una empresa que fabrique un solo producto, el PGP puede elaborarse a partir de las previsiones de la demanda para este producto. Sin embargo, es una empresa que tenga varios productos, debe primero encontrarse una unidad de medida común. De tal modo, para un fabricante de pinturas, la unidad de medida de la demanda será el número total de galones por año; para un taller mecánico, el número de horas-hombre o de horas-máquina por año; para un hospital, el número de camas ocupadas durante el año; para una tienda menudista, la cifra anual de ventas.

b) **Niveles de inventario.** Debe determinarse el nivel del inventario de productos terminados para el principio y para el final del periodo de planificación. Según los niveles fijados, la cantidad por producir durante el periodo será más o menos elevada. La determinación de estos niveles depende principalmente de la estabilidad de la demanda. Consecuentemente, cuando la demanda del mes debe ser satisfecha al principio del mes y la producción no se hace disponible sino hasta el final de dicho mes, es necesario prever un inventario final. De tal modo, si se planifica la producción para el periodo de enero a diciembre de 1981, deberá preverse un inventario final equivalente a la demanda de enero de 1982.

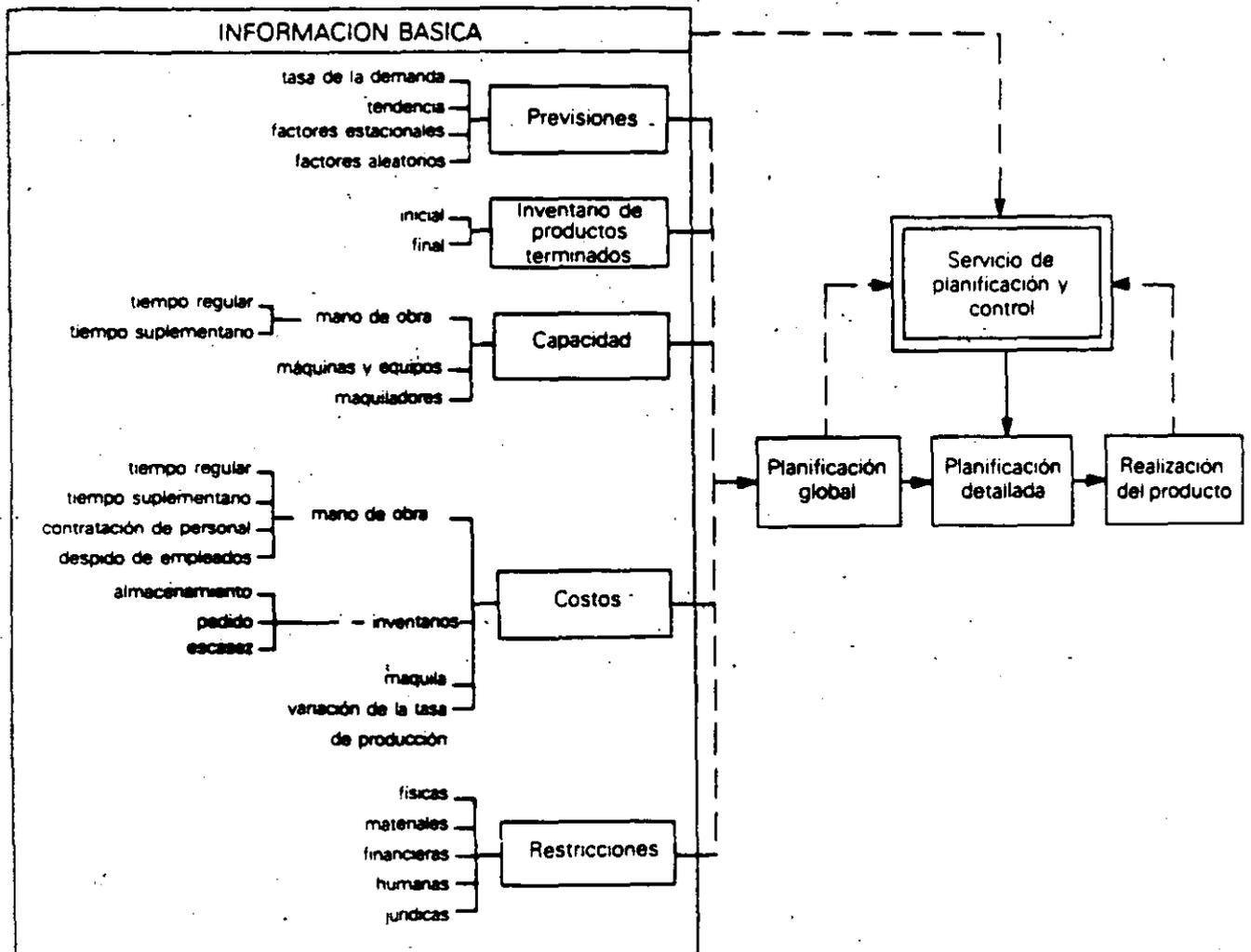


Fig. 10-1
Información necesaria para la elaboración de un PGP.

c) Capacidad de producción. Los informes relativos a la capacidad de producción pueden dividirse en tres categorías: mano de obra en tiempo regular y suplementario, maquinaria y maquila. Es a partir de esta información como se evaluarán los medios de responder a la demanda.

En el capítulo 5 se mostró la forma en que se determina la capacidad de producción para una demanda. Se trata ahora de ajustar las variaciones de la demanda en el transcurso del periodo de interés. Este ajuste debe hacerse al menor costo y respetando ciertas restricciones físicas, financieras, humanas y jurídicas.

d) Costos de producción. Una vez que el PGP se ha juzgado técnicamente realizable, se calculan sus costos diferenciales al nivel de la mano de obra, los inventarios, la maquila y la variación de la tasa de producción, para elegir posteriormente el más económico y el menos restrictivo. Los elementos que deberá proporcionar el departamento de contabilidad para evaluar el costo de producción son:

- *Costo de la mano de obra.* Este es el salario por hora de los empleados en tiempo regular y suplementario. Debe añadirsele el costo de adiestramiento y de falta de productividad debido a la contratación de nuevos empleados, así como las compensaciones salariales que se pagan en el momento de un despido.
- *Costos de almacenamiento.* Los costos de almacenamiento, de orden y de escasez se definieron en el capítulo anterior. Estos forman parte integral del costo diferencial de producción, y afectan las decisiones referentes a los niveles de inventario del PGP.
- *Costo de la maquila.* Este es el precio establecido por un maquilador o un subcontratista. Ciertas empresas se ven obligadas a mandar fabricar una parte o la totalidad de su producción en maquila. Las razones para ello pueden ser que la demanda rebase la capacidad máxima de la fábrica durante ciertos periodos, que la demanda del producto sea incierta, que las ventajas económicas de esta fórmula sean importantes, que la fábrica carezca de espacio para fabricar o almacenar su producto, etc.
- *Costo de la variación de la tasa de producción.* Algunas veces la empresa debe aumentar o reducir su capacidad productiva. La modificación de esta capacidad siempre ocasiona ciertos costos. Por ejemplo, un aumento de capacidad ocasiona gastos administrativos suplementarios así como costos de contratación y adiestramiento de personal; una reducción de la capacidad propicia costos por despido o costos de mano de obra improductiva.
- *Restricciones.* Cuando se habla de un PGP técnicamente realizable, se entiende un programa que respeta las restricciones del sistema de producción. Algunas de estas restricciones son propias del sistema, como el espacio de producción y almacenamiento, el número de máquinas, los costos de almacenamiento, los límites de tiempo suplementario, las reglas de contratación

colectivo y las disponibilidades financieras. Otras restricciones provienen del exterior, como el salario mínimo, las leyes laborales, la tecnología y la competencia.

ESTRATEGIA DE PRODUCCION

Esta se puede definir como el arte de combinar racional y económicamente las variables del sistema productivo dentro de un plan de acción que tenga como finalidad satisfacer la demanda.

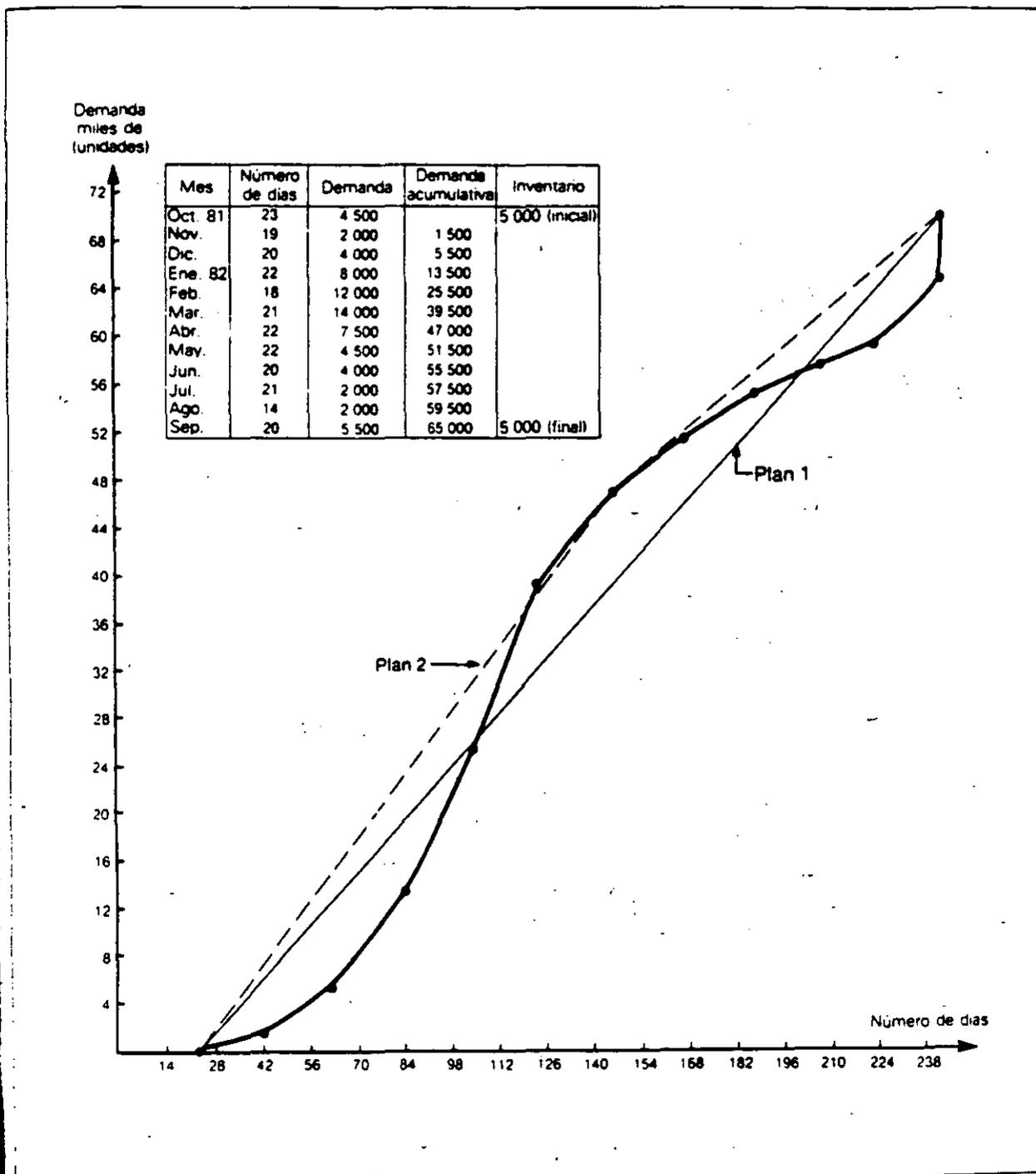


Fig. 10-2
Curva acumulativa de la demanda.

He aquí algunos ejemplos de estrategias de las cuales puede servirse la empresa según la naturaleza de los recursos.

- a) Variar el nivel de la mano de obra según la variación de la demanda (lo cual genera costos de contratación de personal, de despido y de variación de la producción).
- b) Emplear la mano de obra en tiempo suplementario y suprimir el tiempo improductivo.
- c) Aumentar los niveles de inventarios (lo cual genera costos de almacenamiento).
- d) Aceptar los costos de escasez.
- e) Recurrir a la maquila.
- f) Utilizar técnicas de comercialización (lo cual genera costos de promoción y de publicidad).

Una empresa que desee variar su capacidad de producción en función de la demanda recurrirá a la primera estrategia. Si decide mantener un nivel constante de mano de obra, se servirá de una o varias de las otras estrategias.

MÉTODOS DE ELABORACION DE UN PGP

Varios métodos sirven para elaborar un PGP: métodos gráfico y de transporte (programación lineal), reglas de decisión lineal y de investigación de una decisión óptima (programación dinámica), y métodos heurísticos.

Nosotros contemplaremos aquí los métodos gráficos y de transporte los cuales se adaptan bien al contexto de la pequeña y mediana empresa. (Para más información sobre los demás métodos, vea la bibliografía al final del capítulo.)

a) **Método gráfico.** Este método permite analizar las variaciones de la demanda con ayuda de una curva acumulativa* a fin de encontrar la mejor forma de satisfacer esta demanda. Según la política de la empresa y a partir de un criterio económico se definirá la mejor estrategia de producción; es decir, el programa general de producción más económico. Mediante el ejemplo que se presenta a continuación, veamos las etapas del método gráfico.

En la tabla de la figura 10-2 se dan las previsiones de la demanda para el periodo de octubre de 1981 a septiembre de 1982 y el número de días laborables por mes. Elaboremos un PGP lo más económico posible teniendo en cuenta la siguiente información:

Capacidad de producción:

- en tiempo regular:
 - máxima 350 unidades/día
 - mínima 200 unidades/día
- en tiempo suplementario: 20% de la capacidad del tiempo regular

* En teoría estadística esta curva suele denominarse *ojiva* (N. del T.)

en maquila: 300 unidades/día

Actualmente, la capacidad en tiempo regular es de 300 unidades por día. La adición o eliminación de un empleado equivale a una variación de 15 unidades por día.

Nivel de inventario:

inventario inicial disponible 5 000 unidades
 inventario final deseado 5 000 unidades

Costos:

en tiempo regular \$ 5.00/unidad
 en tiempo suplementario \$ 5.50/unidad
 en maquila \$ 6.00/unidad
 de contratación de personal \$ 250.00/empleador
 de despido de empleados \$ 300.00/empleador
 de almacenamiento \$ 0.10/unidad/periodo
 de escasez y demora de entrega \$ 1.20/unidad/periodo

Solución:

1. Debe primeramente construirse la curva acumulativa de la demanda, teniendo en cuenta los inventarios inicial y final.
2. Después debe analizarse la curva acumulativa de la demanda y tratar de encontrar diferentes soluciones para responder a la demanda. Las líneas punteadas de la figura 10-2 representan las dos primeras soluciones (1o. y 2o. planes).

1er. PLAN: Se utilizará una sola tasa promedio de producción durante el año (fig. 10-3):

Periodo	Número de días	Tasa de producción	Producción				demanda	Inventario		Costos	
			T.R.	T.S.	M.A.	total		inicial	final	Escasez	Almacenamiento
A	B	C	D = B x C	E	F	G = D + E + F	H	I = J ₋₁ - H	J = G + I	K = (I) x 1.20	L = I x 0.10
Estado inicial									5 000		
Octubre	23	300	6 900			6 900	4 500	500	7 400		50
Noviembre	19	300	5 700			5 700	2 000	5 400	11 100		540
Diciembre	20	300	6 000			6 000	4 000	7 100	13 100		710
Enero	22	300	6 600			6 600	8 000	5 100	11 700		510
Febrero	18	300	5 400			5 400	12 000	(300)	5 400	420	
Marzo	21	300	6 300			6 300	14 000	(8 900)	6 300	10 680	
Abril	22	300	6 600			6 600	7 500	(10 100)	6 600	12 120	
Mayo	22	300	6 600			6 600	4 500	(8 000)	6 600	9 600	
Junio	20	300	6 000			6 000	4 000	(5 400)	6 000	6 480	
Julio	21	300	6 300			6 300	2 000	(1 400)	6 300	1 680	
Agosto	14	300	4 200			4 200	2 000	2 900	7 100		290
Septiembre	20	300	6 000			6 000	5 500	1 600	7 600		160
								7 600			
									40 980	2 290	
									Costo diferencial total		\$ 43 240

T.R tiempo regular
 T.S tiempo suplementario
 M.A maquila

* -1 se refiere al periodo precedente

Fig. 10-3

Programa general de producción a una sola tasa promedio.

$$\begin{aligned} \text{Tasa promedio de producción} &= \frac{\text{demanda total} - \text{inventario inicial} + \text{inventario final}}{\text{número total de días}} \\ &= \frac{70\,000 - 5\,000 + 5\,000}{242} \\ &= \frac{70\,000}{242} = 290 \text{ unidades/día} \end{aligned}$$

Nota: Ya que esta tasa promedio está cerca de la tasa actual (300), utilizaremos esta última para nuestros cálculos.

2o. PLAN: Se elegirán dos tasas de producción para el año y se contratará tiempo suplementario cuando sea necesario (fig. 10-4).

$$\text{— Primera tasa} = \frac{47\,000}{145} = 325 \text{ unidades/día}$$

Nota: La adición de un empleado, que significa un aumento de 15 unidades por día, puede redondearse a 330 unidades.

$$\text{— Segunda tasa} = \frac{70\,000 - 47\,000}{242 - 145} = \frac{23\,000}{97} = 238 \text{ unidades/día}$$

Nota: Sería preferible que la tasa anterior (la cual tiene el efecto de aumentar el inventario) se redondeara a 200 unidades por día

3er. PLAN: Se adoptará la tasa mínima de 200 unidades por día con la contratación de maquiladores a fin de reducir la escasez.

Periodo	Número de días	Tasa de producción	Producción				Demanda	Inventario		Costos					
			T.R.	T.S.	M.A.	total		inicial	final	T.S.	escasez	almacenam.	contr. de per.	desp. de emp.	
Estado inicial		300							5 000					500	
Octubre	23	330	7 590			7 590	4 500	500	8 090				50		
Noviembre	19	330	6 270			6 270	2 000	6 090	12 360				609		
Diciembre	20	330	6 600	1 320		7 920	4 000	8 360	16 280	680			836		
Enero	22	330	7 260	1 452		8 712	8 000	8 260	16 992	726			828		
Febrero	18	330	5 940	1 188		7 128	12 000	4 992	12 120	594			499 20		
Marzo	21	330	6 930	1 386		8 316	14 000	(1 880)	8 316	693	2 256				
Abril	22	330	7 260			7 260	7 500	(1 064)	7 260		1 276 80				
Mayo	22	200	4 400			4 400	4 500	1 696	6 096				169 60		2 700
Junio	20	200	4 000			4 000	4 000	2 096	6 096				209 60		
Julio	21	200	4 200			4 200	2 000	4 096	8 296				409 60		
Agosto	14	200	2 800			2 800	2 000	6 296	9 096				629 60		
Septiembre	20	200	4 000			4 000	5 500	3 596	7 596				359 60		
										2 673	3 532 80	4 600 20	500	2 700	
Costo diferencial total										\$14 066 00					

Fig. 10-4

Programa general de producción con dos tasas de producción

3. Posteriormente, deben definirse las hipótesis de trabajo necesarias para el cálculo de los niveles de inventario al inicio y al final de un periodo. Estas hipótesis se refieren al momento de la disponibilidad de la producción y al de la satisfacción de la demanda. El que la producción de un mes esté disponible al final de dicho mes, y que la demanda del mismo mes deba satisfacerse al principio de él significa que la demanda de un mes quedará normalmente cubierta por la producción del mes anterior. Se necesita por tanto un inventario inicial y un inventario final. Esta hipótesis es principalmente aplicable a los productos de consumo popular. Para los productos cuyo modelo se renueva al final de cada año, y cuando no se pretenda almacenar estos productos en el inventario final, la hipótesis será que la producción estará disponible al final del mes y la demanda será satisfecha al final del mismo mes.
4. En seguida deben calcularse las cantidades por producir y los niveles de inventario al principio y al final de cada periodo para los tres planes (figs. 10-3, 10-4 y 10-5).
5. Deben calcularse también los costos diferenciales para cada plan, y debe elaborarse una tabla sintética de estos costos (fig. 10-6).
6. Finalmente deben analizarse las ventajas y desventajas de cada plan, y elegirse el plan que responda mejor a las exigencias y objetivos de la empresa.

b) **Método del transporte.** El método de transporte fue presentado en el capítulo 6, cuando se realizó el estudio de la localización. Haciendo algunas modificaciones a la matriz, este método puede emplearse para elaborar un programa general de producción. La demanda de un producto se considera la restricción referente al *destino*, y la capacidad de producción se considera la restricción de la *fuerza*. Los costos de fabricación en tiempo regular, el tiempo suplementario y en tiempo de maquila se indican en la esquina derecha de su casilla respectiva. El costo de almacenamiento se suma al costo de fabrica-

Véase la figura 6-6, pág. 116.

Periodo	Número de días	Tasa de producción	Producción				Demanda	Inventario		Costos			
			T.R.	T.S.	M.A.	total		inicial	final	T.S.	escasez	almacenam.	maquila
Estado inicial								5 000					
Octubre	23	200	4 600				4 500	500	5 100			50	
Noviembre	19	200	3 800				2 000	3 100	6 900			310	
Diciembre	20	200	4 000		1 100	5 100	4 000	2 900	8 000			290	1 100
Enero	22	200	4 400		7 600	12 000	8 000	0	12 000				7 600
Febrero	18	200	3 600		10 400	14 000	12 000	0	14 000				10 400
Marzo	21	200	4 200		3 300	7 500	14 000	0	7 500				3 300
Abril	22	200	4 400		100	4 500	7 500	0	4 500				100
Mayo	22	200	4 400			4 400	4 500	0	4 400				
Junio	20	200	4 000			4 000	4 000	400	4 400			40	
Julio	21	200	4 200			4 200	2 000	2 400	6 600			240	
Agosto	14	200	2 800			2 800	2 000	4 400	7 200			440	
Septiembre	20	200	4 000			4 000	5 500	1 700	5 700			170	
								5 700					
Costo diferencial total												1 540	24 040
												8 25 580 00	

Fig. 10-5

Programa general de producción con maquila.

Planes	Costos diferenciales						
	T.S.	Embalaje	Despido de emp.	Almacenam.	Escasez	Maquila	Total
1				2 260	40 980		43 240
2	2 673	500	2 700	4 600.20	3 532.80		14 006
3				1 540		24 040	33 555

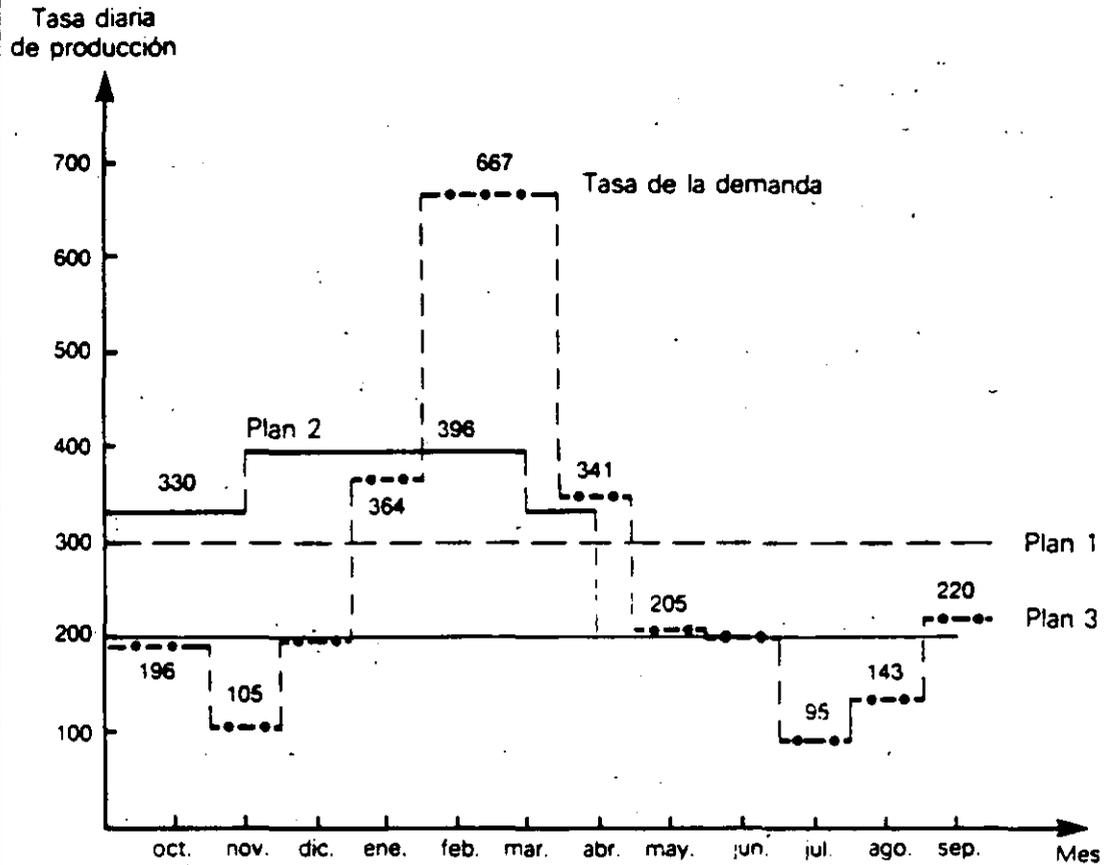


Fig. 10-6
Comparación de la tasa de producción con la tasa diaria de la demanda.

ción cuando los productos no se agotan en el periodo de su producción. Por ejemplo, en el periodo 2 de la figura 10-7 se han fabricado, en tiempo regular, 72 unidades del producto A; se agotan 60 unidades en el mismo periodo, pero se almacenan 12 unidades hasta el periodo 3. Consecuentemente, su costo unitario de fabricación aumenta \$ 0.10.

Los costos de contratación de personal, de despido y de escasez no figuran en esta matriz, ya que la escasez de mercancía y el retardo en la entrega son inadmisibles en la resolución de este problema. Ello significa que la producción de los meses subsiguientes no puede satisfacer la demanda del mes actual. Es este el motivo por el que las casillas que se encuentran abajo de la diagonal de la matriz y ciertas casillas correspondientes a la maquila están vacías o ausentes, ya que representan posibilidades inadmisibles para este caso.

Debe notarse en la figura 10-7 que la capacidad disponible rebasa la demanda total, y la diferencia (62 unidades) se inscribe en la casilla la capacidad desaprovechada.

Ejemplo: Habiendo proyectado las previsiones de la demanda de los productos A y B para los tres meses próximos, una compañía desea elaborar un

Periodo	1		2		3 + inventario final		Capacidad no aprovechada sin usar	Capacidad disponible	
	Producto	A	B	A	B	A			B
Inventario inicial		0	0	0.10	0.15	0.20	0.30	0	42
		25	17						
1	T.R.	6.00 113	7.00 37	6.10	7.15	6.20	7.30	3.00 0	150
	T.S.	9.00	10.00	9.10	10.15	9.20	10.30	00 30	
2	T.R.			6.00 60	7.00 78	6.10 12	7.15	3.00 0	150
	T.S.			9.00	10.00	9.10	10.15	00 30	
3	T.R.					6.00 83	7.00 67	3.00 0	150
	T.S.					9.00	10.00 28	00 2	
Demanda		138	54	60	78	70 + 25	80 + 15	62	582

Fig. 10-7
Método del transporte, empleado en la planificación global.

programa de producción que satisfaga la totalidad de la demanda al más bajo costo posible. Los dos productos comparten la mismas instalaciones de producción. He aquí la información disponible:

Productos	Previsiones			Capacidad (unidades/mes)		Inventario		Costo			
	1	2	3	T.R.	T.S.	inicial	final	T.R.	T.S.	inactividad	Almacenamiento (unidad/periodo)
A	138	60	70			25	25	\$ 6	\$ 9		\$ 0.10
B	54	78	80	150	30	17	15	\$ 7	\$ 10	3 \$	\$ 0.15

Solución: Con ayuda de estos datos se construye una matriz de costos (fig. 10-7). Notemos que el costo inicial de almacenamiento para el periodo 1 es nulo, puesto que existe un agotamiento inmediato. Sin embargo, si el inventario del producto A se agotó en el periodo 2, el costo de almacenamiento que deberá añadirse es de \$ 0.10 por unidad por periodo. Para el periodo 3, este costo será de \$ 0.20 para el mismo producto. (El inventario final exigido será sumado a la *demanda* del periodo 3).

Para resolver el problema, se afectan las casillas de los valores cuya suma respeta las restricciones de esquina (capacidad disponible y demanda). Por ejemplo, con relación al inventario inicial del producto A, dado que son 25 las unidades, se deberán producir 113 unidades en el curso del periodo si se desea satisfacer la demanda de 138 correspondiente al mismo periodo.

Para calcular el costo del programa, se empieza por multiplicar el número de cada casilla por su costo respectivo. Posteriormente se suman todos estos resultados:

$$113 \times 6 + 37 \times 7 + 60 \times 6 + 78 \times 7 + 12 \times 6.10 + 83 \times 6 + 67 \times 7 + 28 \times 10 + 678 + 259 + 360 + 546 + 73.20 + 498 + 469 + 280 = \$ 3 163.20$$

SISTEMA DE PLANIFICACION GLOBAL

En la figura 10-8 se muestran los elementos constitutivos de un sistema de planificación global cuya función es la de elaborar un programa general de producción.

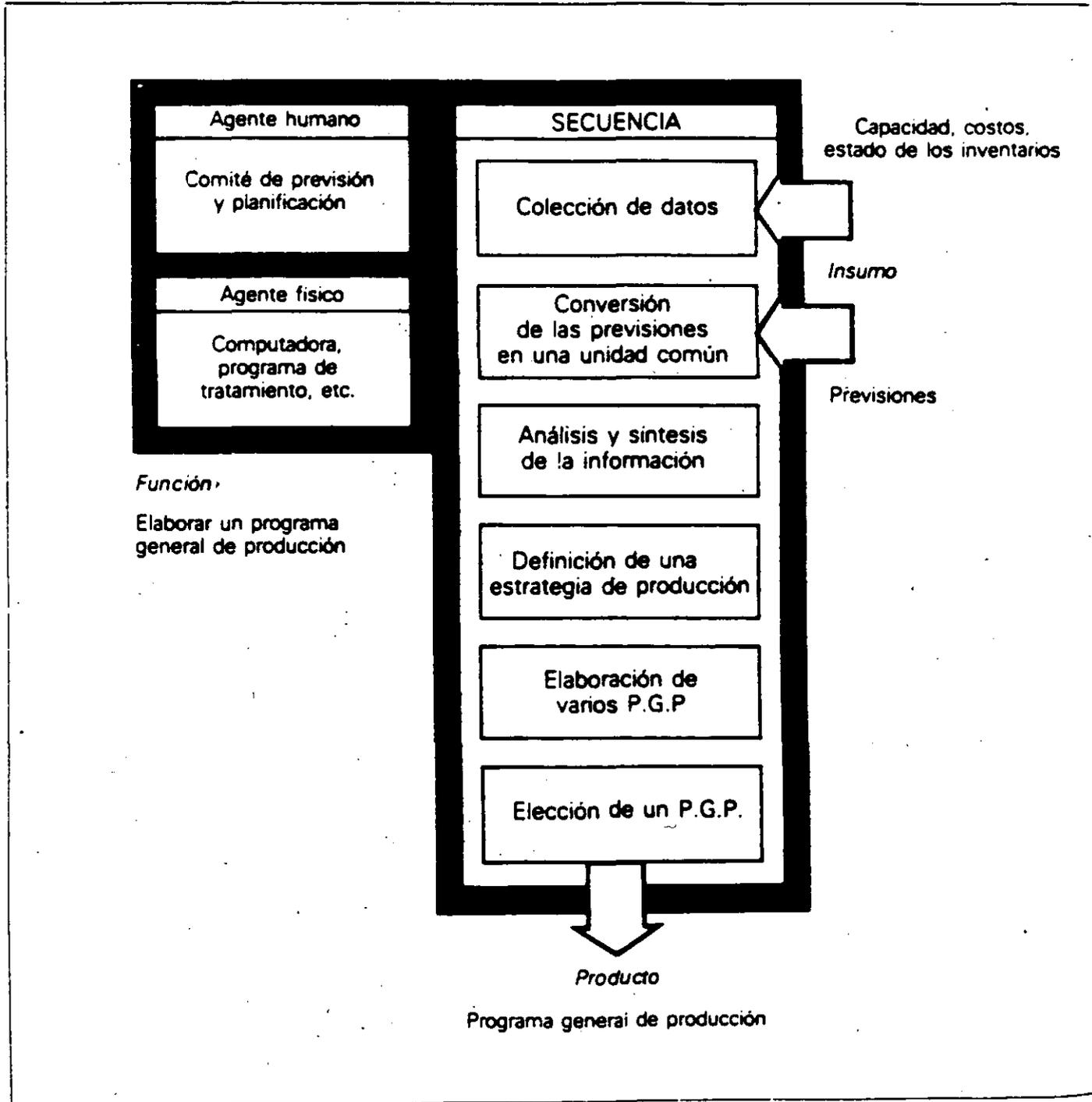


Fig. 10-8
Sistema de planificación global.

El *insumo* es el conjunto de los informes básicos. El *producto* es un PGP que, además de presentar ventajas económicas, debe respetar las restricciones y la política de la empresa. Ciertas empresas confían la elaboración del PGP a compañías especializadas; otras forman un comité integrado por los responsables de la producción, la planificación, las ventas y el aprovisionamiento. La *secuencia* se resume en las siguientes cinco etapas: colección de los datos; conversión de las previsiones en una unidad común de medida, análisis y síntesis de la información; definición de una estrategia de producción; elaboración de varios PGP; y elección de un programa general de producción.

RESUMEN

La planificación es una etapa preliminar esencial que consiste en diseñar planes a corto, mediano y largo plazo según la envergadura de los objetivos.

La planificación global tiene como finalidad establecer un PGP para un periodo que puede ser de un trimestre a dos años. Este PGP define las cantidades por producir en tiempo regular y suplementario y en maquila, los niveles de inventario, el número de empleados por contratar o despedir y los costos implicados.

Entre los métodos que se utilizan en la elaboración de un PGP podemos citar los métodos gráficos, de programación lineal y heurísticos.

Preguntas

1. ¿En qué consiste la planificación global?
2. ¿Cuáles son los objetivos que persigue la planificación global?
3. Enumere los datos básicos necesarios para la elaboración de un programa general de producción.
4. ¿Qué significa el término estrategia de producción? Enumere y analice las posibles estrategias.
5. ¿Considera el programa general de producción como un medio útil de control?
6. ¿Piensa usted que el PGP es una herramienta de planificación únicamente útil para empresas grandes?
7. ¿Cuáles son las etapas de la elaboración de un PGP?
8. Haga una comparación entre el método gráfico y el método de transporte.

Ejercicios prácticos

1. Una compañía fabrica aislantes rígidos en forma de tableros (polietileno rojo con recubrimiento celular) cuya resistencia térmica aproximada es de 5 por cada 2.5 cm de espesor. Las previsiones de la demanda anual para estos tableros aislantes son las siguientes:

Mes	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Demanda (miles de tableros)	12	18	18	12	9	12	9	18	24	21	18	9

La tasa de producción es de 1 500 tableros por mes-hombre. Los costos de producción son los siguientes:

almacenamiento	1.5 % del costo de fabricación por mes
fabricación	\$ 21.25 por cada seis tableros
contratación de personal	\$ 400 por empleado
despido de personal	\$ 250 por empleado

Dado que el estado de escasez no es admisible, diga ¿cuál de las siguientes estrategias es la más económica:

- producción basada en la demanda promedio; es decir, nivel constante de mano de obra;
- producción variable según la demanda mensual; es decir, variación de la mano de obra en función de la demanda.

Haga la representación gráfica de los dos planes de producción.

- Una compañía de aparatos electrónicos prepara un programa de producción para un producto cuya demanda tiene un ciclo de 6 meses. Las previsiones de la demanda para los próximos seis meses figuran en la tabla que se presenta más abajo. La política de la compañía es de mantener un inventario de seguridad equivalente al 10% de la demanda del mes siguiente. El inventario se considera el inventario inicial para el periodo subsecuente. El inventario inicial es de 100 unidades.

Periodo	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
Previsiones	600	1 000	800	350	400	600
Número de horas	22	18	21	22	22	20

Cada unidad exige 10 horas-hombre. El número de horas de trabajo es 8 por día. El tiempo suplementario ha sido fijado en un 25% del tiempo regular. La compañía emplea 40 personas en forma regular. Los costos de producción son:

<i>Mano de obra</i>	
tiempo regular	\$ 5/hora
tiempo suplementario	\$ 7/hora
contratación de personal	\$ 300/empleado
despido de personal	\$ 400/empleado

<i>Inventario:</i>	
almacenamiento	\$ 2.50/unidad/mes
escasez o retardo	\$ 20.00/unidad

Producto:

costo unitario

\$ 200

maquila

\$ 210/unidad

Elabore los tres siguientes planes de producción:

- a) Tasa constante de producción con 38 empleados, utilizando tiempo suplementario cuando sea necesario.
- b) Variación de la tasa de producción dependiendo de la demanda (contratación y despido de empleados).
- c) Tasa constante de producción con 20 empleados, utilizando maquila cuando sea necesario.

3. Una compañía ha recibido los tres siguientes pedidos de cierto producto. Estos pedidos deberán ser despachados durante los cuatro próximos periodos. En la siguiente tabla se muestra la cantidad ordenada y la fecha de entrega.

Periodo \ Pedido	Semana de entrega			
	15	16	17	18
A	20	14	20	15
B	24	20	25	17
C	17	9	10	7
Total	61	43	55	39

Basándose en la siguiente información y empleando el método de transporte, elabore un plan de producción que tenga un costo mínimo.

Capacidad (unidades/semana)		Inventario		Costo		
T.R.	T.S.	inicial	final	T.R.	T.S.	almacenamiento
35	15	30	20	\$ 10	\$15	\$ 1/unidad/producto

BIBLIOGRAFIA

- 1. Buffa, E.S. *Operations Management: Problems and Models*. New York, Wiley, 3ª ed., 1972.
- 2. Buffa, E.S. et W.H. Taubert. *Production-Inventory Systems, Planning and Control*. Homewood, Irwin, 1972.
- 3. Chase, R.B. et N.J. Aquilano. *Production and Operations Management*. Homewood, Irwin, 1977.
- 4. Holt, C.F., F. Modigliani, J.F. Muth et H.A. Simon. *Planification de la production, des stocks de l'emploi*. Paris, Dunod, 1964.
- 5. *Production (gestion de la production)*. Montréal, H.E.C., 1977-78.

Planificación de un sistema de producción en serie

OBJETIVOS

Después de haber estudiado este capítulo, el lector deberá ser capaz de:

- ubicar la planificación detallada con relación a la planificación global;
- definir el cometido de la planificación detallada;
- definir las características de un sistema de producción en serie;
- aplicar las técnicas de planificación detallada;
- explicar las reglas de administración de los inventarios para un sistema de producción en serie.

TERMINOLOGIA

calendario de compras
calendario de producción
horario global
producción en masa
producción en serie
sistema de distribución

INTRODUCCION

El programa general de producción es necesario, pero no resuelve todos los problemas concretos y no constituye una repartición detallada de los trabajos. Define tan sólo las orientaciones esenciales de las actividades del sistema de producción, estableciendo el nivel de los inventarios, la mano de obra necesaria para la realización de la demanda total y la tasa de producción en tiempo regular, en tiempo suplementario y en maquila. Gracias a la evaluación de los costos, se le puede modificar en forma tal que se obtenga el programa más económico para la empresa.

Debe detallarse ahora este programa a fin de determinar la cantidad a producir y almacenar para cada producto, el número de empleados que intervendrán en cada taller y en cada máquina así como los medios de control y de seguimiento para cada producto, máquina y empleado. En síntesis, se trata de la *planificación detallada* del sistema de producción.

Las características de cada tipo de producción implican medios de planificación y de control apropiado. En seguida expondremos las características de un sistema de *producción en serie o en masa* así como las etapas y las técnicas de la planificación detallada.

CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE PRODUCCION EN SERIE

Este sistema, también denominado sistema de producción *repetitiva*, posee las siguientes características principales:

- a) La cantidad por fabricar de cada producto es muy elevada con relación a la diversidad de los productos.
- b) Los procedimientos de fabricación son mecanizados, e incluso automatizados.
- c) Los ajustes de máquinas son escasos debido a la poca diversidad de los productos.
- d) Se recurre a las líneas de producción y de ensamble por producto.
- e) El volumen de producción por empleado es muy elevado.
- f) La mano de obra, en ciertas líneas de ensamble, es poco especializada.
- g) El inventario de productos en curso es muy reducido.
- h) Existe un servicio permanente de mantenimiento.
- i) Existe un sistema de distribución.

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE PRODUCCION EN SERIE

Es esencial conocer estas componentes a fin de elaborar la planificación y el control del sistema. Las fallas en el control provienen a menudo de una falta de conocimiento de estas componentes y de su interdependencia. Por este motivo analizaremos las dos principales componentes de la figura 11-1: la distribución y la producción.

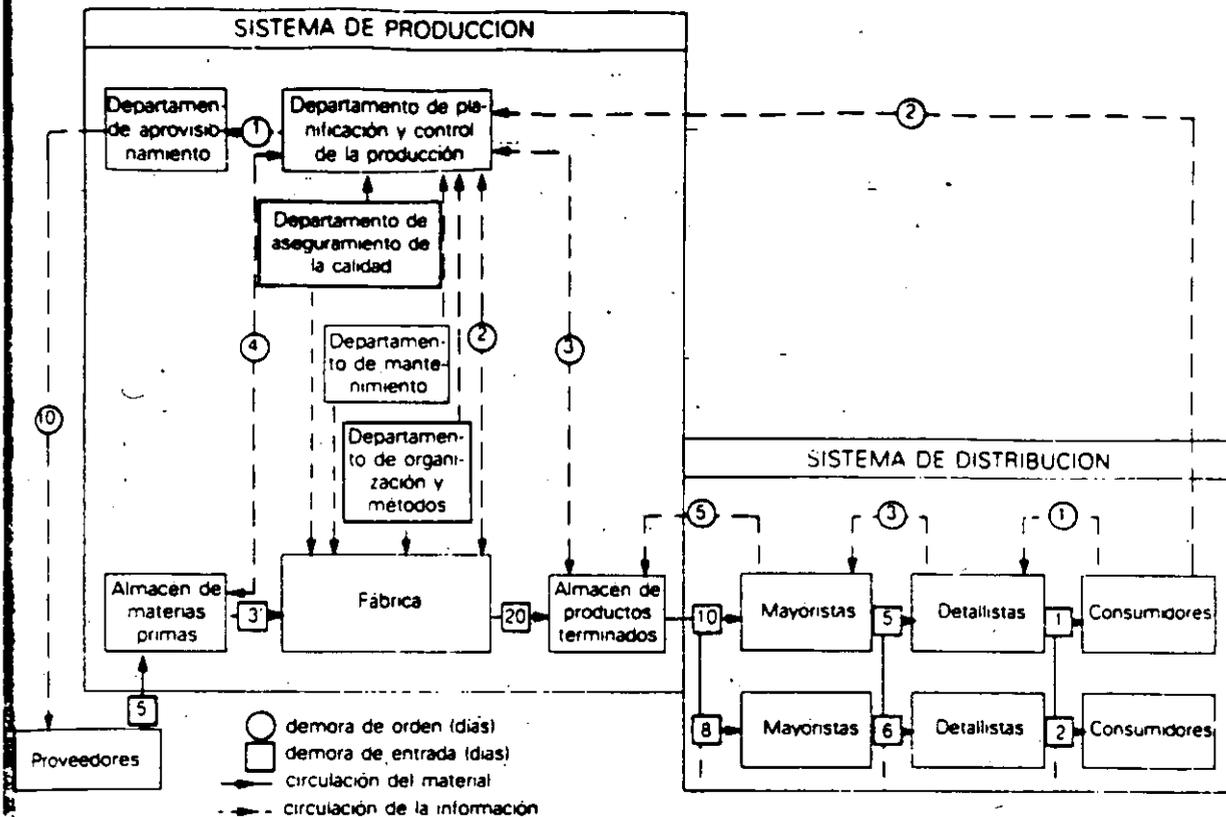


Fig. 11-1

Componentes de un sistema de producción en serie.

SISTEMA DE DISTRIBUCION

Este es el sistema vital de una empresa. Al inicio se encuentra el consumidor, quien planifica sus compras según sus necesidades y sus medios, abasteciéndose a medida que la necesidad se deja sentir. El consumidor desea obtener el producto casi inmediatamente; si no lo obtiene buscará un sustituto. Posteriormente se encuentra el menudista, quien planifica sus compras en función de la clientela y debe tener un inventario que le permita responder a la demanda en el periodo de reabastecimiento. La demora del pedido constituye el periodo de reacción del menudista frente al reabastecimiento. Este periodo depende también de la frecuencia del control de los inventarios y de los procedimientos de orden del menudista.

El mayorista, quien tiene un volumen de ventas más considerable, debe mantener un nivel de inventarios elevado. Dicho nivel estará relacionado con la demanda de los menudistas, con las demoras de entrega de los fabricantes y con la demora de orden de los mayoristas.

¿Deben planificarse los inventarios de un sistema de producción en serie en función de los mayoristas, de los menudistas o de los consumidores? Puede parecer evidente responder que ello debe hacerse en función de los consumidores, puesto que son ellos quienes constituyen el verdadero mercado. Pero la empresa está en contacto con este mercado sólo a través de la intermediación de los mayoristas y menudistas. Si se produce un cambio en la demanda, es primeramente el menudista quien reacciona y posteriormente el mayorista. Si el fabricante espera hasta después de la reacción de su mayo-

rista para actuar, podrá en este lapso de tiempo haber acumulado un inventario considerable mientras el cambio se ha dirigido a la baja o, por el contrario, podrá haber agotado su inventario y no poder satisfacer la demanda que el cambio se dirige a la alza. Por tanto, la empresa debe contar con los medios necesarios para descubrir oportunamente toda variación del mercado a fin de que su sistema de planificación reaccione rápidamente.

SISTEMA DE PRODUCCION

Ya se han descrito las demoras entre la empresa y la red de distribución. Pero no deben olvidarse las demoras de reacción del mismo sistema de producción frente a los cambios. La rapidez y la eficacia del sistema de comunicación e información interno de la empresa es un aspecto importante. En la figura 11-1 se hace notar que las demoras de reacción entre:

el almacén de productos terminados y la planificación son de	3
la planificación y la fábrica,	2
la planificación y el abastecimiento,	1
la planificación y el almacén de materias primas,	4
el abastecimiento y los proveedores,	10

Si se tiene éxito en la reducción de estas demoras de ordenamiento, se podrá reaccionar a tiempo para ajustar el nivel de los inventarios de productos terminados y de materias primas.

ETAPAS DE LA PLANIFICACION Y DEL CONTROL DE LOS INVENTARIOS

En la figura 11-2 se sitúan los principales planes de trabajo del departamento de la planificación y del control de la producción. El PGP es la fuente del *horario global* para cada producto. Este horario indica la cantidad a fabricar para cada periodo (mes o semana). El horario global se traduce posteriormente en calendarios de producción para cada elemento del producto, para cada taller, máquina y empleado. Las normas de producción (tiempo de producción y de rechazo, eficacia, etc.) son necesarias para la elaboración de estos calendarios.

Se utilizan diferentes fórmulas para encauzar la información al departamento de programación a fin de repartir los trabajos, seguirlos y controlarlos. En la empresa pequeña y mediana, los trabajos del departamento de programación son generalmente ejecutados por el capataz o el responsable del grupo.

Los calendarios de compras se elaboran posteriormente en función del horario global y del nivel actual de los inventarios.

Al final de cada periodo de trabajo, el departamento de programación transmite los informes referentes a la producción al departamento de planificación, a fin de que éste tome las decisiones que sean necesarias.

Las técnicas de equilibrio de las líneas de producción, presentadas en el capítulo 6, forman parte de la planificación detallada del sistema de producción.

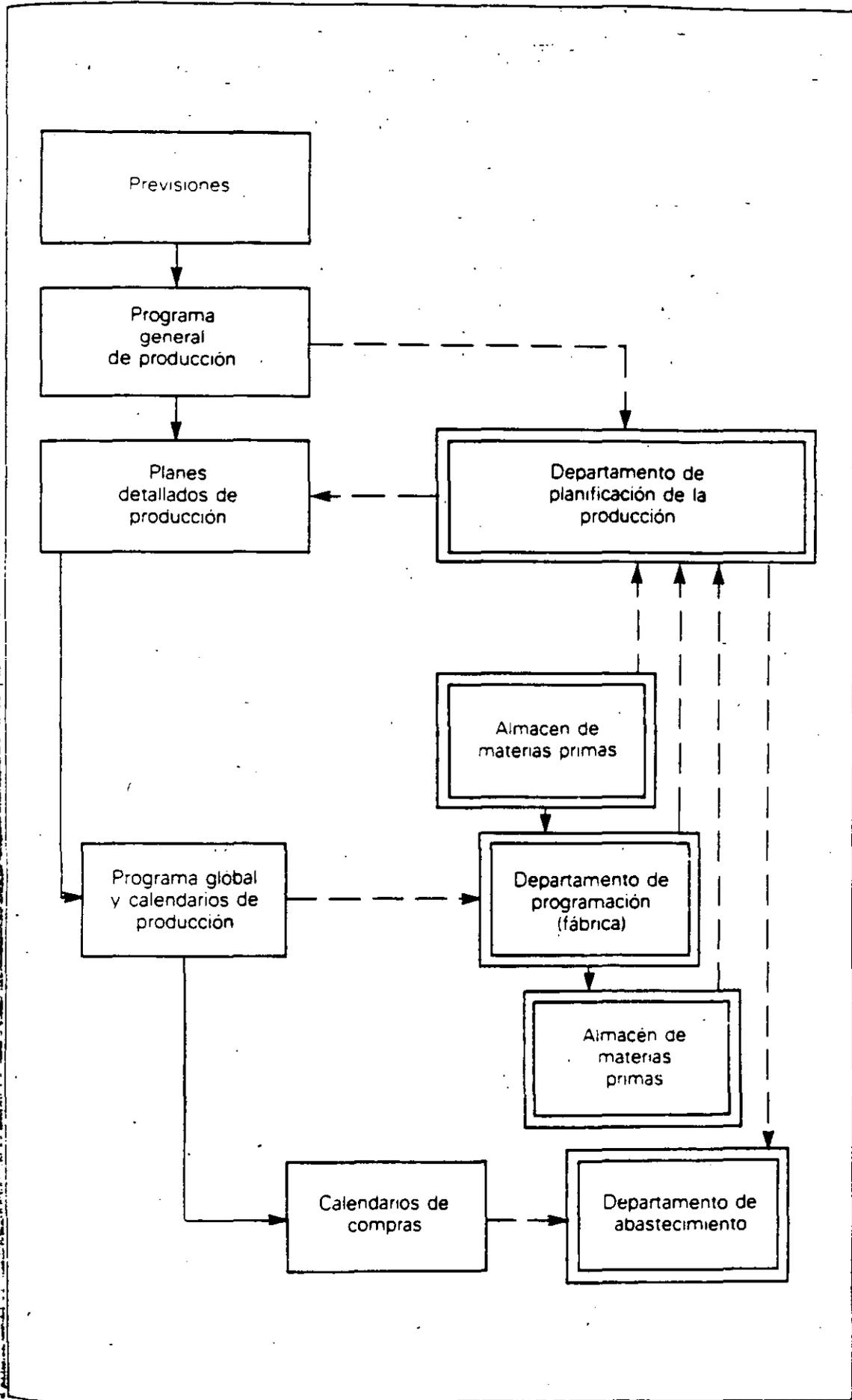


Fig. 11-2
Etapas de la
planificación de la
producción en
serie

ción en serie. (Para más información sobre estas técnicas, consulte la bitografía que se presenta al final del capítulo.)

CALCULO DE LAS CANTIDADES POR PRODUCIR

A fin de facilitar la elaboración de los calendarios de producción y compra, se recomienda calcular las cantidades de cada pieza que se necesitan para la fabricación de las cantidades previstas en el horario global. De tal modo, a partir de la composición del producto, del nivel actual de inventarios, de este horario y de estas demoras de producción, pueden evaluarse las cantidades por producir o comprar. Veamos las principales etapas de este cálculo con un ejemplo.

En la figura 11-3 se muestra la composición de tres productos (A, B, C). Las cifras entre paréntesis son los porcentajes de pérdida, y las cifras en corchetes representan las demoras de fabricación para las piezas así como demoras de entrega para las materias primas. En la tabla 11-4 se muestra el programa global de los tres productos, el estado de los inventarios de materias primas y de productos en curso. Determinemos las cantidades por fabricar u ordenar durante la semana 1.

Solución: En la tabla de la figura 11-5 se indican los resultados de las siguientes etapas de cálculo:

- Calcular las cantidades brutas requeridas de la pieza D para el producto A y en seguida para el producto B. Note que se necesitan dos piezas D para fabricar una unidad del producto A y que se necesita una pieza para una unidad del B.
- Añadir las cantidades brutas requeridas para D.

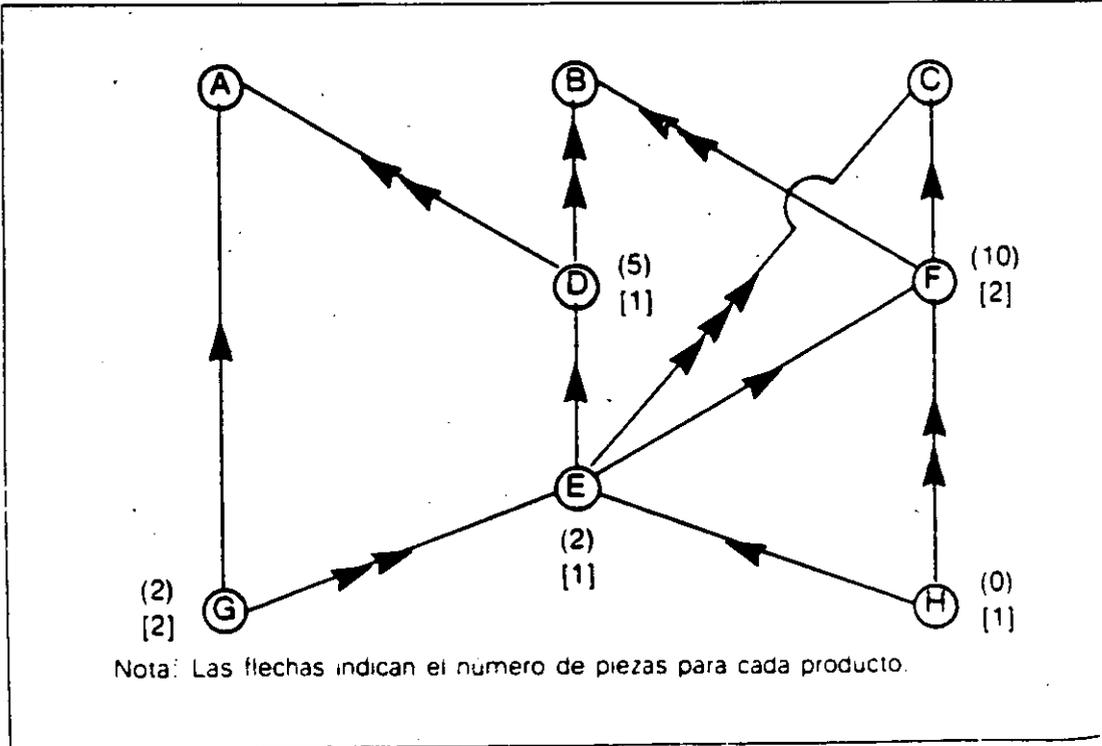


Fig. 11-3
Composición de los productos A, B y C.

a) Programa global

Periodo \ Producto	1	2	3	4	5	6
A	200	150	170	250	200	250
B	100		100		100	
C		200		300		250

b) Estado de los inventarios

Piezas	D	E	F	G	H
Cantidades disponibles	700	1 503	400	2 850	2 500

Fig. 11-4

- c) Substraer del inventario la cantidad total necesaria para obtener la cantidad requerida neta de la componente D.
 d) Calcular la cantidad neta total requerida, teniendo en cuenta el porcentaje de pérdida:

$$\text{Cantidad neta total requerida} = \frac{\text{cantidad neta requerida}}{1 - \text{porcentaje de pérdida}}$$

- e) Clasificar la cantidad neta total requerida en un número de periodos equivalente a la demora de fabricación o de entrega.

Se repiten estas etapas para las piezas F, E, G y H. Con base en la figura 11-5, las cantidades por producir durante el periodo 1 serán por tanto:

pieza D: 211
 pieza F: 222
 pieza E: 440
 pieza G: 3 847
 pieza H: 0

PLANIFICACION DE LOS INVENTARIOS

Los inventarios tienen gran importancia en el sistema de producción en serie, puesto que garantizan la continuidad de las operaciones, la utilización racional de los recursos disponibles y el mantenimiento de un nivel satisfactorio de servicio a la clientela, además de asegurar la independencia de las operaciones en cada etapa de la producción y de la distribución. En una línea de producción, los inventarios de productos en curso permiten a cada máquina o puesto de trabajo proseguir las operaciones hasta un cierto punto aun si en la etapa precedente las máquinas se detienen.

Como se vio en el capítulo 9, los inventarios producen costos. Para reducir estos costos es necesario determinar y controlar los niveles adecuados de

Pieza D

Descripción		1	2	3	4	5	
Cantidad bruta requerida a A		400	300	340	500	400	500
Cantidad bruta requerida de B		200		200		200	
Cantidad total requerida		600	300	540	500	600	500
En inventario	700	100					
Cantidad neta requerida			200	540	500	600	500
Cantidad total neta requerida incluyendo la pérdida			211	568	526	632	526
Cantidad total neta requerida clasificada		211	568	526	632	526	

Pieza F

Descripción							
Cantidad bruta requerida de B		200		200		200	
Cantidad bruta requerida de C			200		300		500
Cantidad total requerida		200	200	200	300	200	250
En inventario	400	200					
Cantidad neta requerida				222	333	222	278
Cantidad total neta requerida clasificada		222	333	222	278		

Pieza E

Descripción							
Cantidad bruta requerida de D		211	568	526	632	526	
Cantidad bruta requerida de C			600		900		750
Cantidad bruta requerida de F		222	333	222	278		
Cantidad requerida total		433	1 501	748	1 810	526	750
En inventario	1 503	1 070					
Cantidad neta requerida			431	748	1 810	526	750
Cantidad neta total requerida			440	763	1 847	537	765
Cantidad requerida clasificada		440	763	1 847	537	765	

Fig. 11-5
Cantidades por producir durante los seis próximos periodos.

Pieza H

Cantidad bruta							
requerida de E		440	763	1 847	537	765	
Cantidad bruta requerida de F		444	666	444	556		
Cantidad total requerida		884	1 429	2 291	1 093	765	
En inventario	2 500	1 616	187				
Cantidad neta requerida				2 104	1 093	765	
Cantidad requerida clasificada			2 104	1 093	765		

Pieza G

Cantidad bruta							
requerida de A		200	150	170	250	200	250
Cantidad bruta requerida de E		880	1 526	3 594	1 074	1 530	
Cantidad total requerida		1 080	1 676	3 864	1 324	1 730	250
En inventario	2 850	1 770	94				
Cantidad neta requerida				3 770	1 324	1 730	250
Cantidad total neta requerida				3 847	1 351	1 765	255
Cantidad requerida clasificada		3 847	1 351	1 765	255		

Fig. 11-5
(Cont.)

inventarios para los diferentes estados de la producción y de la distribución. Debe por tanto formularse una regla de administración de los inventarios que convenga a la producción en serie y que se base en la cantidad por fabricar u ordenar, en el inventario de seguridad y en el punto de reorden.

REGLA DE ADMINISTRACION DE LOS INVENTARIOS

Si se observa la circulación de los inventarios entre la producción y la distribución, se nota que el abastecimiento de productos terminados y el agotamiento de éstos al nivel del almacén ocurren simultáneamente. Por otra parte, en un sistema de producción en serie, la utilización de una pieza en una máquina se hace al mismo tiempo que la fabricación de otro artículo en la máquina precedente. En los dos casos, es necesario que la tasa de aprovisionamiento sea mayor que la tasa de agotamiento o de utilización del producto. Se trata aquí de calcular la cantidad por producir con el objeto de reducir los costos de almacenamiento, los de orden o los de preparación de las máquinas.

Cantidad económica por producir

Para calcular esta cantidad, debe elaborarse un modelo matemático que represente el costo total de un inventario. La figura 11-6 proporciona un modelo gráfico que nos permitirá visualizar el comportamiento de este inventario. Para determinar el inventario promedio por periodo, consideremos un periodo t_1 de la figura. Si la tasa de utilización o de agotamiento (u) es constante durante este periodo, el inventario aumenta según la recta AC a una tasa de abastecimiento (a). Por tanto la cantidad demandada (q) será:

$$q = t_1 \times a$$

$$t_1 = \frac{q}{a} \quad (1)$$

Sin embargo, el modelo supone un agotamiento a una tasa constante (u) por lo que el inventario evolucionará según la recta AD a una tasa ($a - u$). En consecuencia, la cantidad máxima almacenada durante el periodo t será:

$$ED = t_1 (a - u) \quad (2)$$

Si sustituimos t_1 de la ecuación (2) por el valor de t_1 de la ecuación (1) obtendremos:

$$ED = \frac{q}{a} (a - u) \quad (3)$$

Por tanto, el inventario promedio es igual a la cantidad máxima ED durante el periodo t dividida entre 2:

$$\begin{aligned} \text{inventario promedio} &= \frac{1}{2} ED \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{q(a-u)}{a} \end{aligned}$$

El costo total de abastecimiento es igual a la suma del costo de almacenamiento y el costo de orden:

$$C_T = C_s + C_c$$

$$C_T = \frac{1}{2} \times \frac{q(a-u)}{a} \times c_2 + \frac{Q}{q} \times c_1 \quad (4)$$

donde Q es el consumo anual.

Derivando la ecuación (4) respecto a q e igualándola a cero, obtendremos una ecuación que nos permitirá calcular la cantidad económica por producir

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 Q c_2}{c_1} \times \frac{a}{a-u}}$$

donde q_0 es la cantidad económica u óptima.

Ejemplo: Una de las piezas del producto A se fabrica a razón de 120 unidades por día. En la línea de ensamble del producto A se utiliza esta pieza a razón de 60 unidades por día. Se desea saber cuál será el lote económico de producción y el punto de orden de esta pieza si:

- la demanda anual es de 20 000 unidades,
- el costo de almacenamiento es de \$ 1/unidad/año,
- el costo de preparaciones de \$ 50/pedido,
- la demora de fabricación es de 7 días.

Solución:

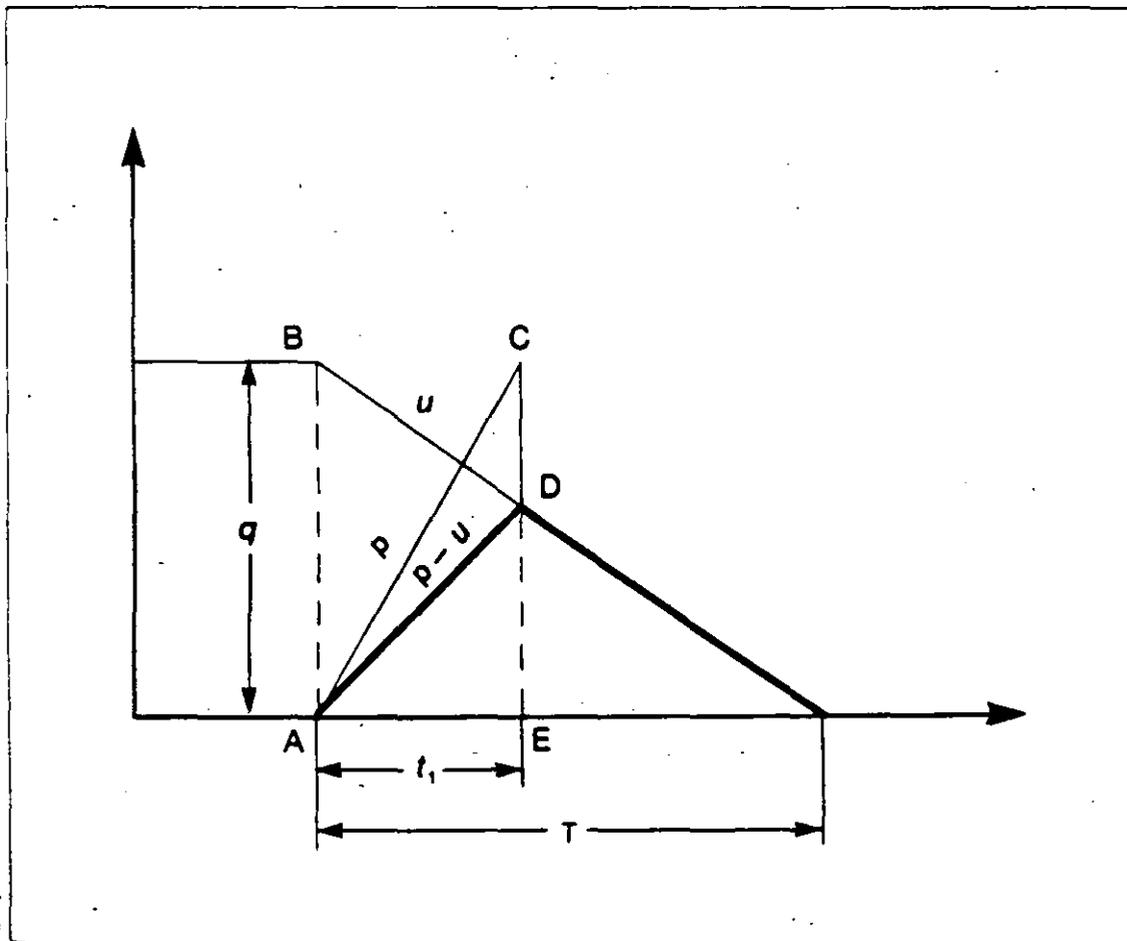
$$q_0 = \sqrt{\frac{2 \times 20\,000 \times 50}{1} \times \frac{120}{120 - 60}}$$

$$= \sqrt{4\,000\,000} = 2\,000 \text{ unidades}$$

Punto de reorden: $60 \times 7 = 420$ unidades.

Inventario de seguridad

Ya se ha destacado la importancia del inventario de seguridad. Se trata ahora de investigar cómo se le determina dentro de un contexto en el cual la



demanda es aleatoria. El método de cálculo puede resumirse en cuatro etapas:

1. Evaluar la magnitud de la demanda por periodo para uno o varios años anteriores. En la figura 11-7 se ilustra la distribución acumulativa de la demanda en un periodo de 100 semanas.
2. Definir el nivel de servicio correspondiente a la política y a los medios de la empresa (cap. 8).
3. Determinar la demanda máxima con ayuda de la distribución establecida en la primera etapa y con ayuda del nivel de servicio. Por ejemplo, si este último es igual a 95% en la figura 11-7, se ve que la demanda máxima (D_{max}) será igual a 350 unidades por semana.
4. Calcular el nivel mínimo del inventario de seguridad (IS) substrayendo de la demanda máxima la demanda promedio (D_{prom}):

$$\begin{aligned} IS &= D_{max} - D_{prom} \\ IS &= 350 - 225 = 125 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Punto de reorden

Este punto puede establecerse en dos formas. La primera se basa en cierto nivel de inventario, el cual se determina según la demora promedio de entrega (L), la tasa de la demanda (u) y el inventario de seguridad (IS):

$$\text{punto de reorden} = IS + u \times L$$

La segunda manera se basa en la utilización de un periodo fijo de orden. En cada periodo se evalúa el nivel del inventario, y se ordena la cantidad que llevará al inventario a un nivel máximo dado. Ciertas empresas asocian las dos maneras a fin de compensar los inconvenientes de un método con las ventajas del otro.

RESUMEN

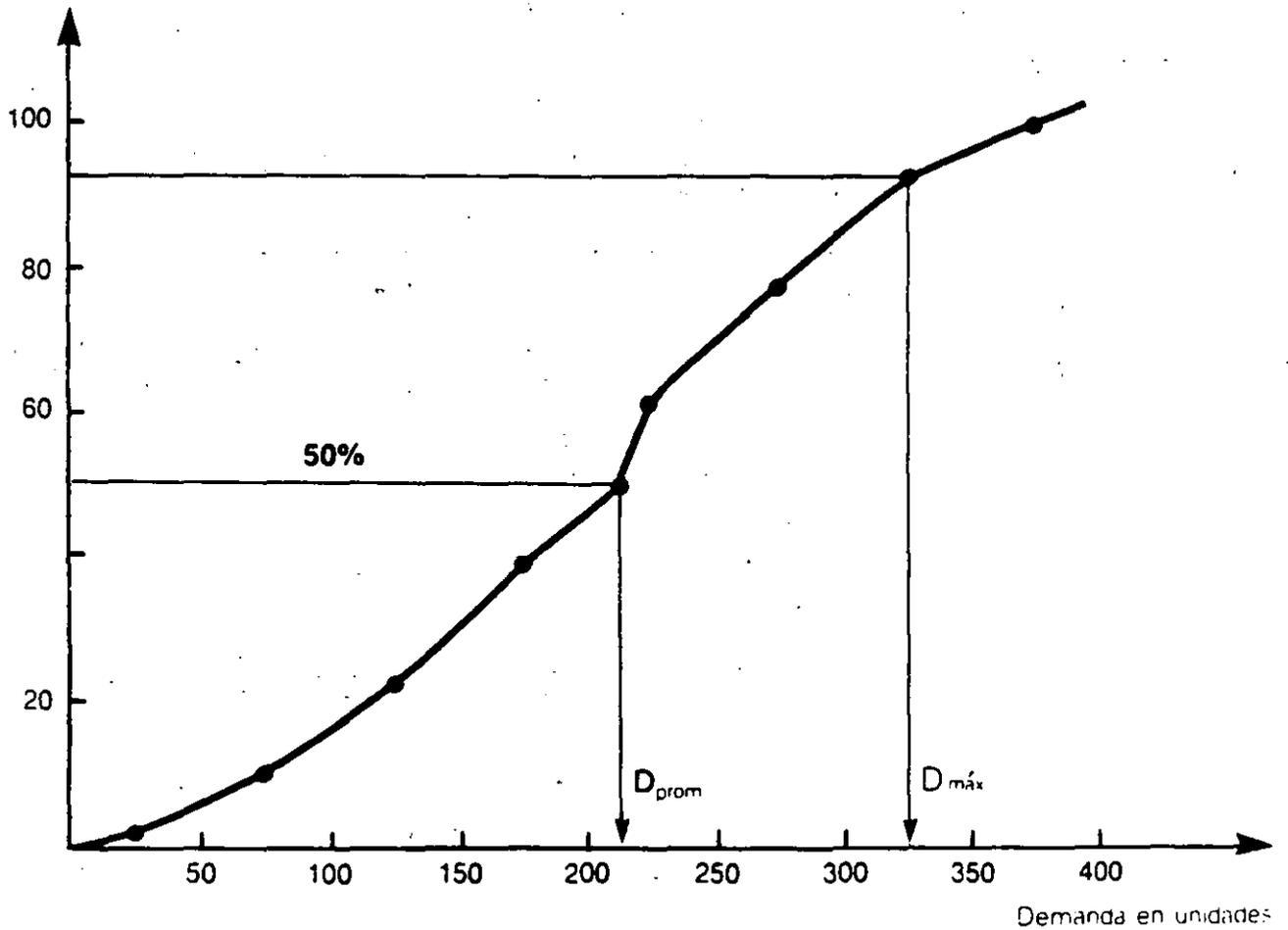
Las técnicas de la planificación detallada varían con el tipo de sistema de producción. Las principales características del sistema de producción en serie son: producción en masa, mecanización, automatización, y líneas de producción y de ensamble.

El análisis de las componentes de un sistema de producción-distribución permite un mejor conocimiento de su funcionamiento, y ello da como resultado una planificación y un control adecuados de las operaciones.

La planificación detallada consiste en elaborar los calendarios de producción por producto, división, máquina y empleado. Estos calendarios consisten también en herramientas de control que permiten al departamento de planificación, con base en los resultados, tomar las decisiones que asegurarán la continuidad de las operaciones.

Tasa de la demanda	Frecuencia	Frecuencia acumulativa	Frecuencia acumulativa en porcentaje
0 a 49	2	2	2.22
50 a 99	8	10	11.11
100 a 149	10	20	22.22
150 a 199	15	35	38.89
200 a 249	20	55	61.11
250 a 299	15	70	77.78
300 a 349	16	86	95.55
350 a 400	4	90	100

Porcentaje acumulativo de las semanas



La planificación de los inventarios, en un sistema de producción en serie, es de importancia vital para la continuidad de las operaciones y para la utilización óptima de los recursos. El cálculo de lote económico por producir u ordenar, el del inventario de seguridad y el del punto de reorden constituyen elementos esenciales para la administración racional de los inventarios.

Preguntas

1. ¿Por qué el programa general de producción no es suficiente como herramienta de producción?
2. ¿Cuáles son las principales características de un sistema de producción en serie?
3. ¿Cuáles son las relaciones entre el sistema de producción y el de distribución?
4. ¿Cuál es el cometido de los calendarios de producción?
5. ¿En qué consiste la planificación de los inventarios en un sistema de producción en serie?

Ejercicios prácticos

1. La composición de un producto terminado (A) se representa en la figura 11-8. A partir del programa general y del estado de los inventarios, elaborar un calendario de producción y de compra para los cinco próximos periodos. Programa global:

Periodos	1	2	3	4	5
Producto					
A	100	100	100	100	100

Estado de los inventarios:

Piezas	B	C	D	E
Cantidad disponible	600	100	950	240

2. Un producto se vende a una tasa constante de 600 unidades por día. La tasa de producción de la fábrica es de 800 unidades por día. El costo de preparación de las máquinas se estima en \$ 50 por lote fabricado, y el costo de almacenamiento es de \$ 1.25 por unidad por año. Se mantiene en el almacén un inventario de seguridad de 5 000 unidades durante el año. Tomando 250 días por año, ¿cuál es la cantidad económica por fabricar? ¿Cuál es el costo anual total de preparación y de almacenamiento?
3. Una compañía que fabrica cerveza tiene una línea de llenado cuya capacidad promedio de producción es de 20 000 litros por día. El consumo cotidiano promedio para una de sus marcas se evalúa en 12 000 litros por día.

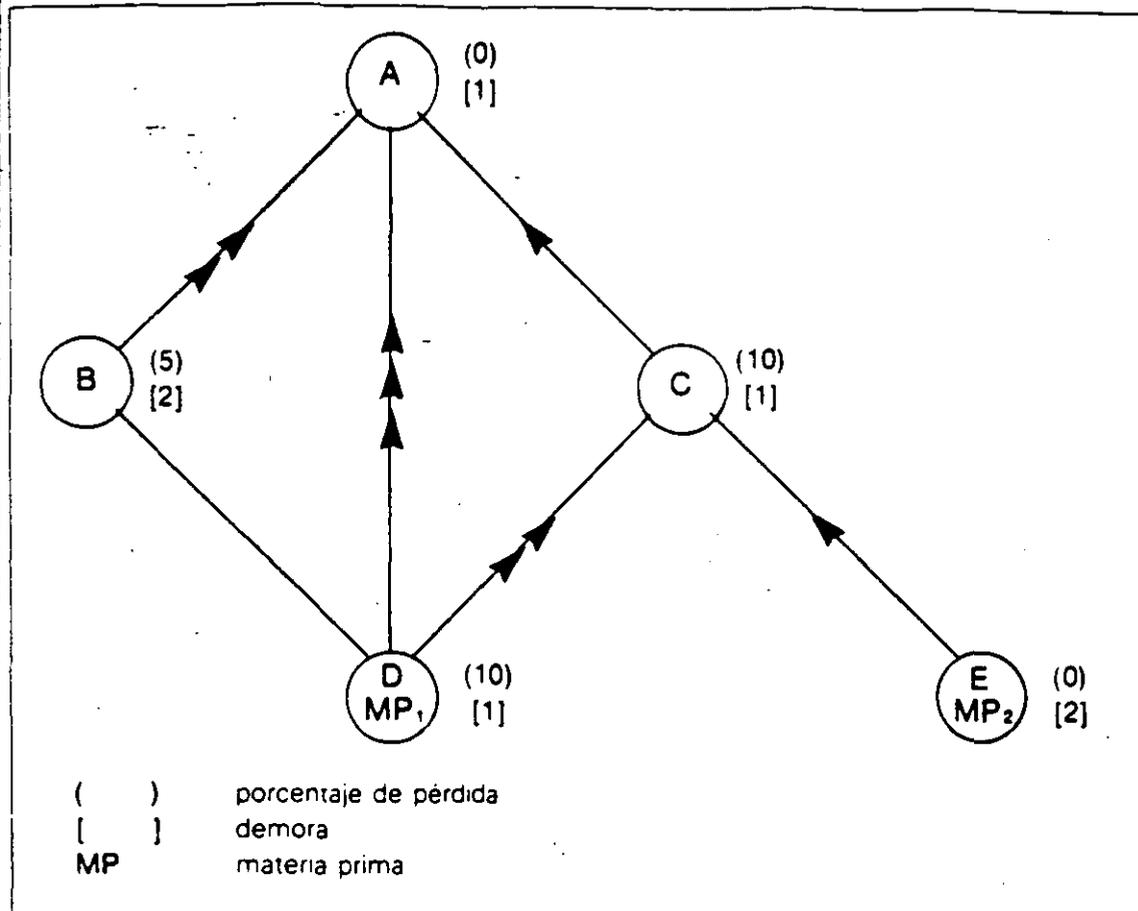


Fig. 11-8
Composición del
producto
terminado A.

día. El costo de preparación de la línea de llenado se estima en \$ 500, y el costo de almacenamiento es de \$ 1.25 por litro por año. Sabiendo que el consumo de cerveza se reparte entre 350 días en promedio por año y que el número de días laborables por año es de 250, calcule la cantidad económica por fabricar. Evalúe el inventario de seguridad y el punto de reorden, considerando la hipótesis de una demanda cotidiana máxima de 22 000 litros y de una demora de fabricación de dos días.

4. Una compañía dedicada a los aparatos electrónicos fabrica calculadoras al ritmo de 1 000 unidades por día (250 días por año). Cada calculadora contiene dos pilas de níquel-cadmio, las cuales se fabrican a razón de 2 500 unidades por día. Calcule la cantidad económica de pilas por fabricar, sabiendo que el costo de preparación se estima en \$ 200 y el costo de almacenamiento en \$ 0.40 por unidad por año.

BIBLIOGRAFIA

1. Bowman, E.H. et R.B. Fetter, *Méthodes scientifiques de gestion industrielle*, Paris, Dunod, 1962
2. Buffa, E.S. et W.H. Taubert, *Production-Inventory Systems: Planning and Control*, Homewood, Irwin, 1972.
3. Holt, C.C., F. Modigliani, J.F. Muth et H.A. Simon, *Planification de la production, des stocks, de l'emploi*, Paris, Dunod, 1964.
4. Magee, J.F., *Le planning de la production et le contrôle des stocks*, Paris, Dunod, 1962
5. Moore, F.G. et T.E. Hendrick, *Production/Operations Management*, Homewood, Irwin, 7^e éd., 1977
6. Wild, R., *Production and Operations Management Principles and Techniques*, Londres, H.R.W., 1979

12

Planificación de un sistema de producción intermitente

OBJETIVOS

Después de haber estudiado este capítulo, el lector deberá ser capaz de:

- definir las principales características de un sistema de producción intermitente;
- describir las componentes del sistema y su interdependencia;
- describir las etapas de la programación;
- definir el cometido del departamento de programación;
- aplicar ciertas técnicas de optimización.

TERMINOLOGIA

distribución
calendario
coordinación
lanzamiento
programación
reactivación
secuencia

INTRODUCCION

La producción por pedido es la base del sistema de producción intermitente. Ciertas industrias como las muebleras, las de puertas y las de estufa industriales pueden fabricar productos estandarizados durante los periodos de baja demanda y almacenarlos durante algún tiempo, en espera de pedidos. Consecuentemente, en el momento de realizar la planificación global deberá preverse los periodos de baja demanda y las cantidades de productos estándar por almacenar.

Aunque la planificación detallada tiene como finalidad establecer las cantidades que deberán fabricarse por periodo para cada producto, este procedimiento no es suficiente en el caso de un sistema de producción intermitente, porque cada pedido tiene su propia secuencia de producción, su tiempo de ejecución, su cantidad por producir y sus demoras de entrega. Por tal motivo es necesaria una etapa: la referente a la distribución (asignación de los trabajos a máquinas y empleados) y al seguimiento de cada pedido en el transcurso del proceso de fabricación. Esta etapa se conoce como *programación* de los pedidos. Después de describir las componentes y características del sistema de producción intermitente analizaremos las etapas de la programación de los pedidos, para describir posteriormente algunas técnicas de optimización que permitan maximizar la utilización de los recursos materiales y humanos.

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE PRODUCCION INTERMITENTE

Las principales características de este tipo de sistema de producción son como sigue:

- a) bajo volumen de producción por producto;
- b) gran diversidad de los productos por fabricar;
- c) reagrupamiento de máquinas similares por taller;
- d) alto grado de especialización de la mano de obra;
- e) desigualdad en la distribución de los trabajos entre los diferentes talleres, máquinas o empleados;
- f) baja tasa de utilización de ciertas máquinas;
- g) flexibilidad de la producción;
- h) falta frecuente de materias primas;
- i) posibilidad de fabricar ciertos productos estándar durante los periodos de baja demanda.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE PRODUCCION INTERMITENTE

En la figura 12-1 se indican las principales componentes del sistema de producción intermitente. Observe la ausencia de un sistema de distribución

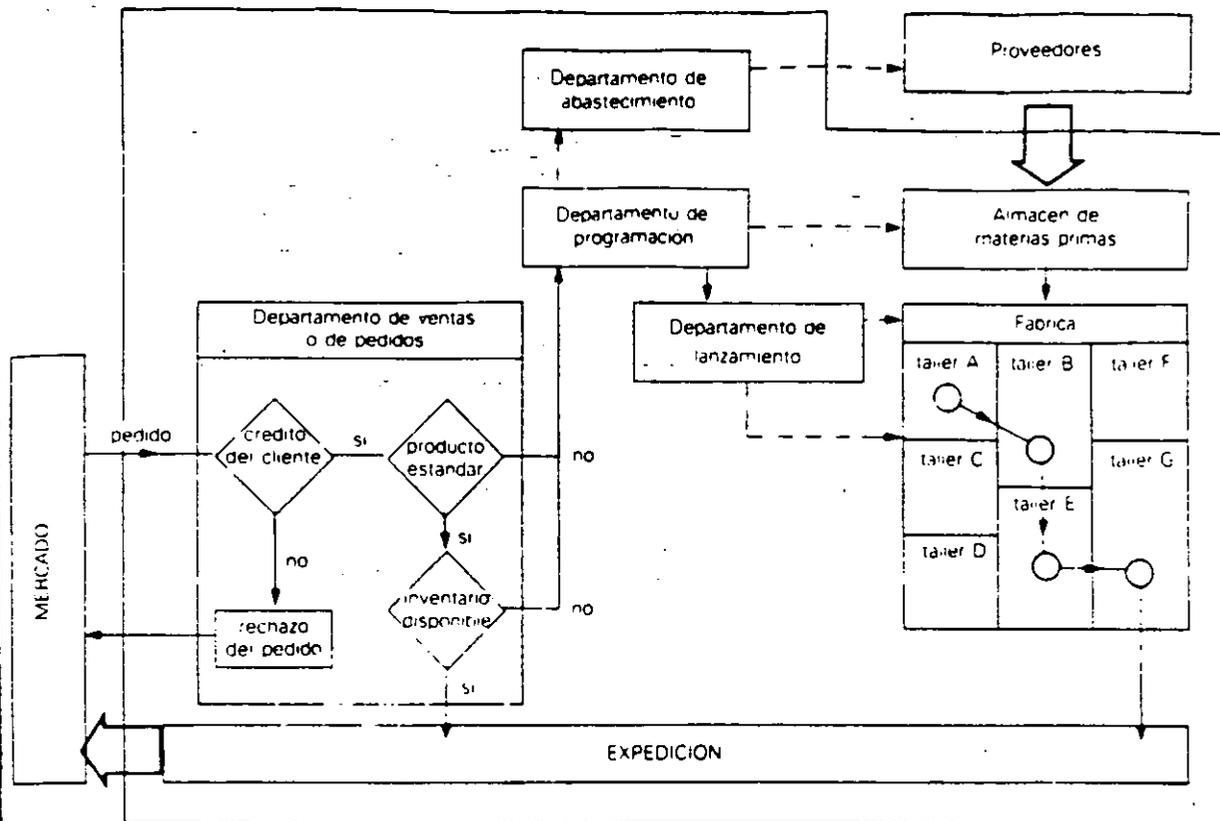


Fig. 12-1
Componentes de un sistema de producción intermitente.

El departamento de ventas, constituido a menudo por vendedores a comisión, se encuentra investigando continuamente contratos o pedidos que puedan asegurar la continuidad del sistema de producción.

Los pedidos son recibidos primeramente por el departamento de ventas o de pedidos, el cual establece por principio de cuentas la solvencia del cliente. Posteriormente se observa si el producto ordenado es estándar. En caso de serlo, se verifica su disponibilidad en el almacén. Si no está disponible, se envía el pedido al departamento de programación. Según las reglas de prioridad establecidas, este departamento procede a la programación del pedido; es decir, planifica las etapas de la fabricación. Por otra parte, el departamento de programación verifica la disponibilidad de las materias primas; si éstas no son suficientes, dicho departamento comunica al departamento de abastecimientos los informes necesarios para su compra.

ETAPAS DE LA PROGRAMACION

La programación comprende el siguiente conjunto de actividades: distribución de los trabajos, elaboración de las requisiciones de material y de las órdenes de trabajo, lanzamiento de los trabajos, control y reactivación de los trabajos críticos (atrasados). Aunque estas etapas son las mismas en el momento de la programación de los pedidos, sus técnicas de optimización varían según el número de procedimientos de fabricación y los medios de producción por utilizar. A continuación examinaremos en detalle las etapas de la programación de un pedido y posteriormente analizaremos las técnicas

destinadas a maximizar la utilización de los recursos humanos, materiales y financieros. En la figura 12-2 se muestran las principales etapas de programación.

ANÁLISIS DE LOS TRABAJOS

Para el caso de un producto estándar esta etapa es sencilla, puesto que trata solamente de precisar los recursos materiales y humanos necesarios para la fabricación del pedido. Para un nuevo producto, el análisis de los planes y presupuestos y la evaluación del tiempo de fabricación así como los recursos materiales y humanos exigirá una mayor investigación, aunque esta tarea puede verse facilitada por una buena organización de la información y el empleo de personas que tengan experiencia en trabajos de estimación.

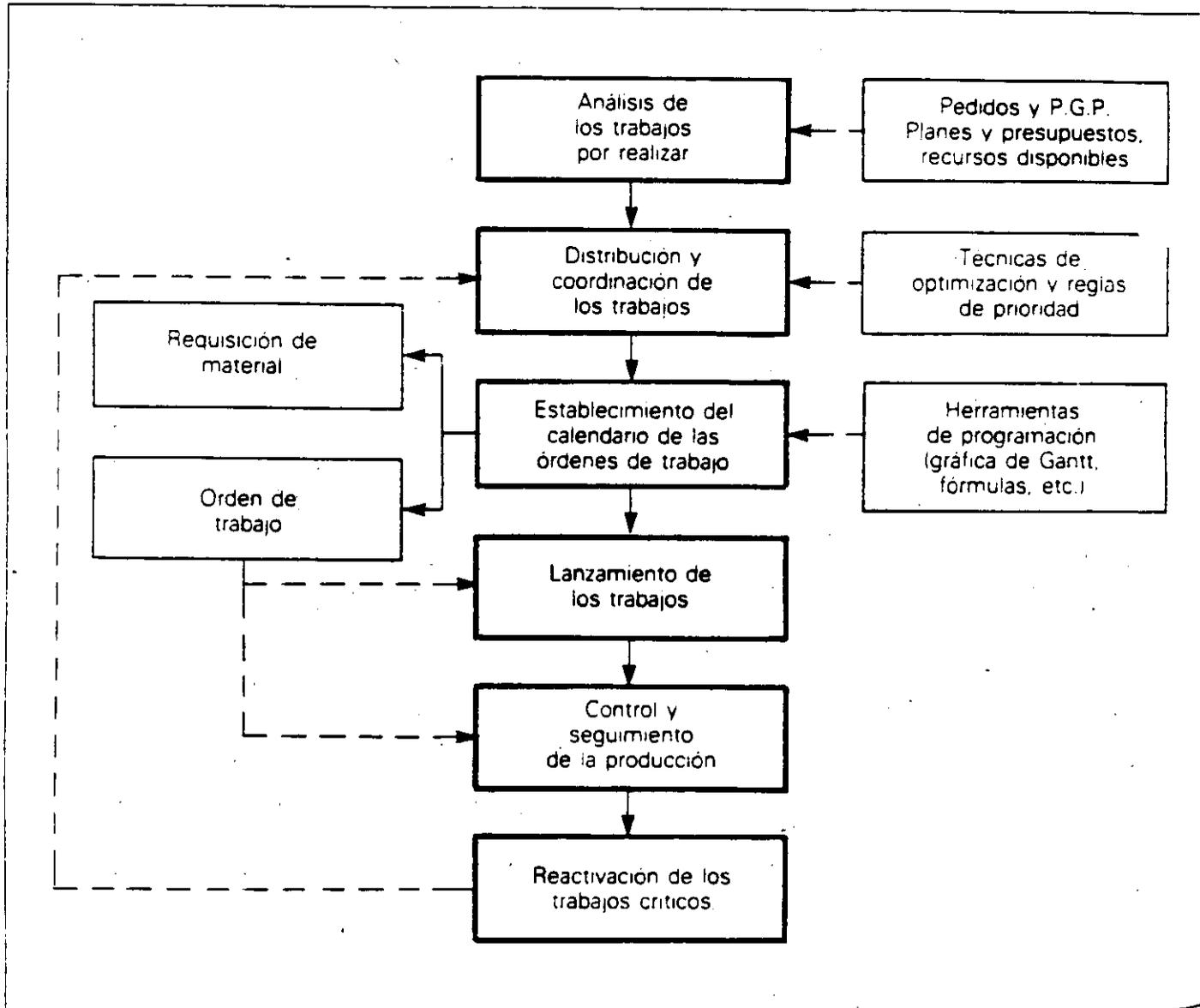


Fig 12-2
Etapas de la programación de un pedido

COORDINACION Y DISTRIBUCION DE LOS TRABAJOS

En la etapa anterior se respondió, para el caso de cada pedido, a la pregunta: ¿quién hace qué y dónde? Se trata ahora de establecer la secuencia de los trabajos de este pedido en función de los trabajos ya asignados a las máquinas y al personal. A primera vista ello parece una operación sencilla, pero se cambiará de idea si se trata de encontrar la secuencia que reducirá al mínimo el tiempo total de fabricación. Tomemos el ejemplo de tres productos (A, B, C) fabricados en tres máquinas diferentes. Cada uno de estos productos tiene su tiempo de fabricación. Para fabricar estos productos se tienen seis posibilidades (fig. 12-3):

A, B, C; A, C, B; B, A, C; B, C, A; C, A, B; C, B, A. ¿Cuál debe adoptarse? En la figura 12-3 se nota que la tercera posibilidad es la mejor (B, A, C), con un tiempo total de fabricación de 17 horas.

La mayoría de las empresas pequeñas y medianas establecen para resolver el problema reglas de prioridad tales como "primera llegada, primer servicio" o "primero los pedidos pequeños", etc. Sin embargo, esta forma de proceder no permite descubrir la secuencia que reduzca el tiempo total de fabricación. Para encontrar una respuesta satisfactoria a esta pregunta existen técnicas de optimización que se adaptan a ciertas situaciones, y las cuales analizaremos más tarde.

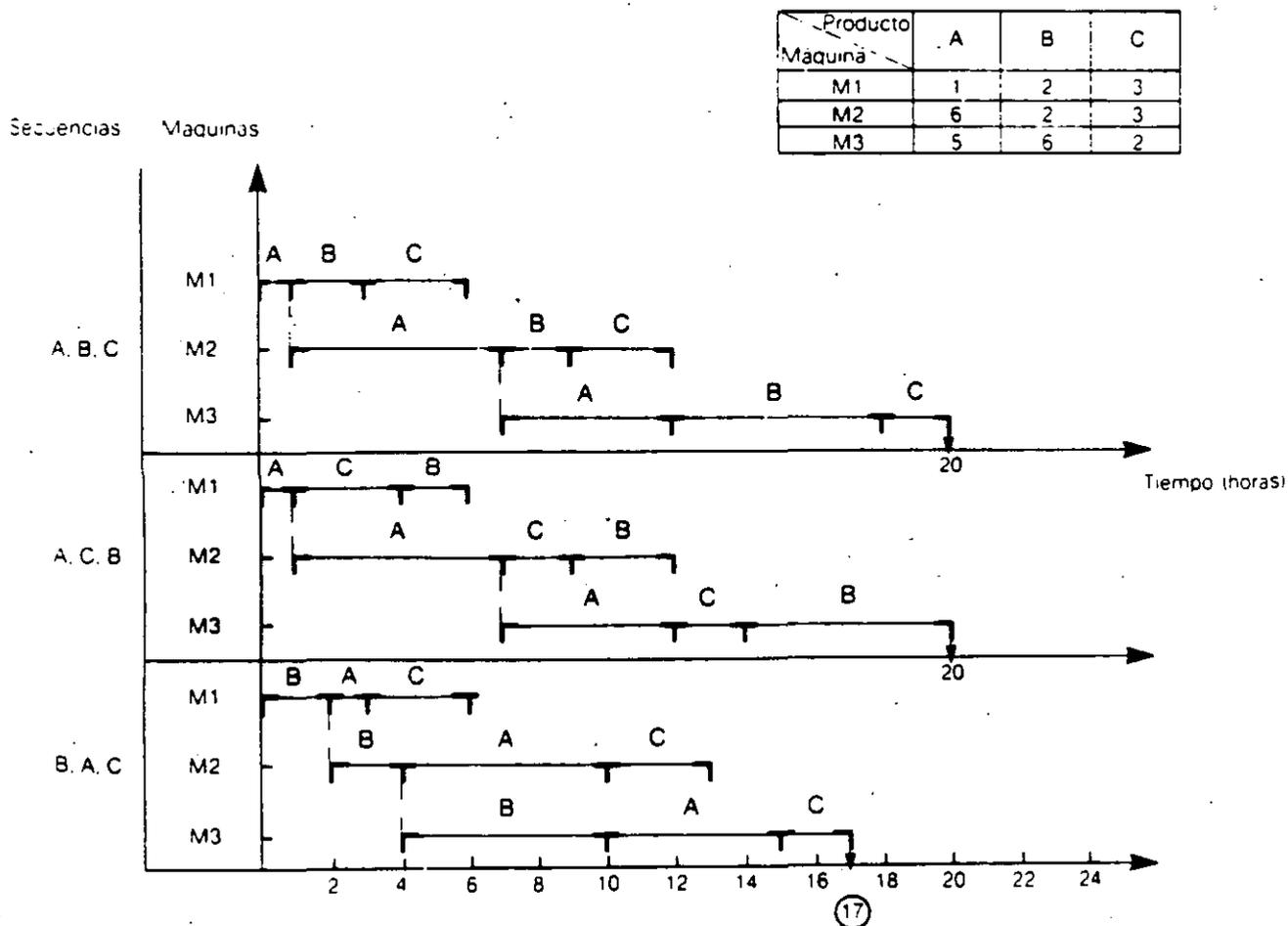


Fig. 12-3. Secuencias posibles para la fabricación de tres productos. A, B y C.

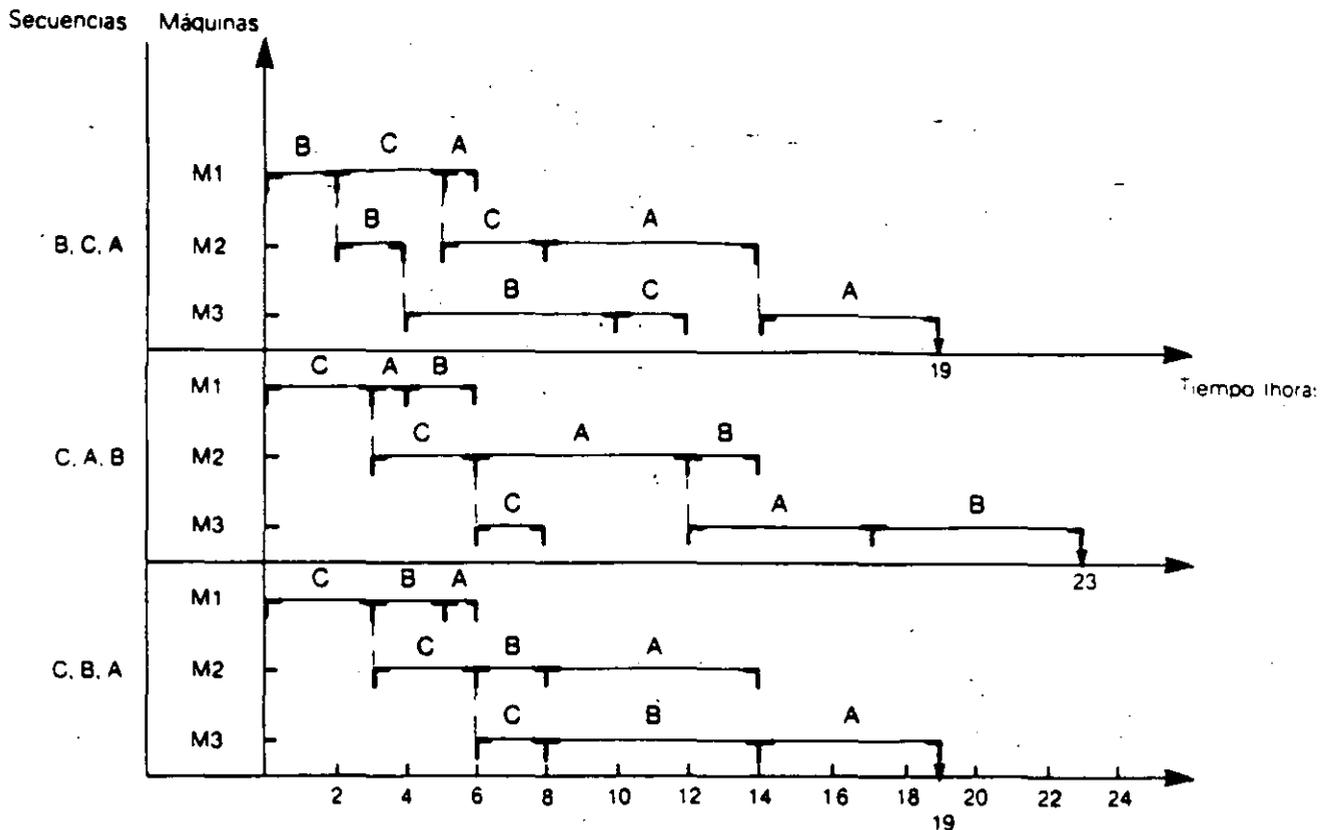


Fig. 12-3
(Cont.)

ESTABLECIMIENTO DEL CALENDARIO

Una vez que se ha establecido la secuencia de realización, debe elaborarse el calendario en función de los recursos disponibles. En esta etapa la gráfica de Gantt constituye la principal herramienta de trabajo. Esta es una gráfica de dos dimensiones o dos variables: el tiempo se coloca en la abscisa y en la ordenada se colocan los talleres, máquinas o empleados. En la figura 12-4 se ilustra una de las formas de esta gráfica así como los símbolos que generalmente se utilizan en ella. Note que con la ayuda de la gráfica de Gantt puede rastrearse el avance de las operaciones para cada máquina, empleado, división o pedido. Además de ser una herramienta de planificación, esta gráfica constituye una herramienta de control.

Existen dos formas de asignar las operaciones a las máquinas, y consecuentemente existen dos formas de representarlas en la gráfica de Gantt; se trata de la distribución sin cabalgadura y la distribución con cabalgadura. La primera se utiliza cuando las operaciones de la segunda máquina no pueden empezar hasta que las de la primera han sido completamente terminadas. Pero éste no es siempre el caso, puesto que para ciertos productos las operaciones pueden superponerse o "encabalgarse". Por ejemplo, para un pedido de 800 unidades de un producto fabricado en tres máquinas es posible, después de que la primera máquina ha terminado 100 unidades, comenzar la segunda etapa de las operaciones en la segunda máquina y al mismo tiempo para la tercera. Esta es una distribución con cabalgadura. En la cabalgadura se tienen dos situaciones posibles:

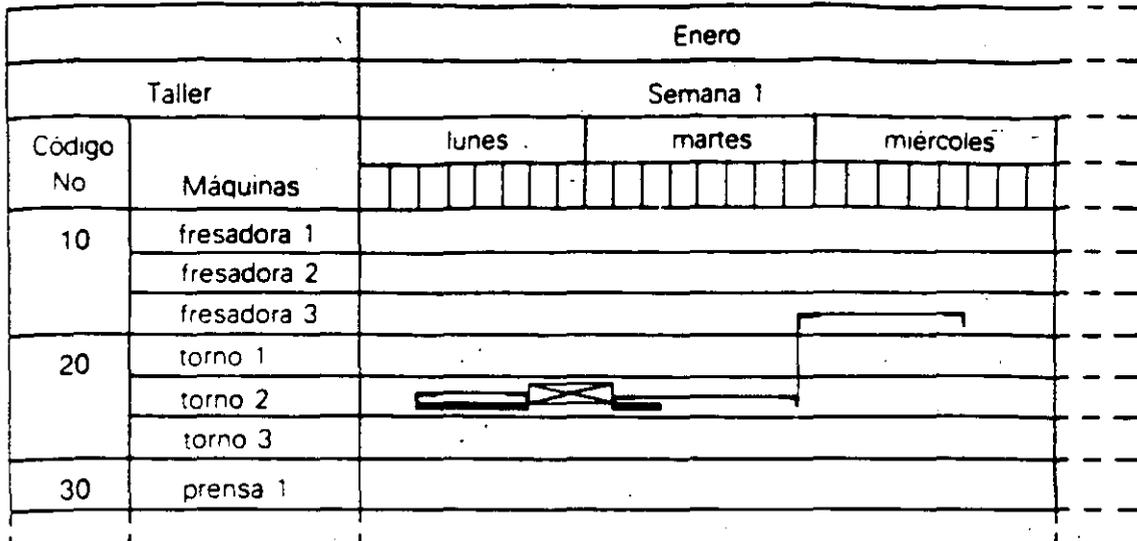


Fig. 12-4
Gráfica de Gantt
y su simbología.

1. La duración de la segunda etapa es más prolongada que la primera: se procede a una cabalgadura hacia adelante.
2. La duración de la segunda etapa es más corta que la primera: se procede a una cabalgadura hacia atrás.

En la figura 12-5 se ilustran los casos de distribución con y sin cabalgadura. Adicionalmente, en esta etapa deben hacerse las requisiciones de material y las órdenes de trabajo en función de las fechas establecidas en la gráfica de Gantt.

LANZAMIENTO DE LOS TRABAJOS

Esta sección se ocupa de la preparación de las materias primas y de las herramientas necesarias para la realización de los trabajos según el calendario establecido, las requisiciones de material y las órdenes de trabajo.

Esta preparación puede encomendarse a un departamento autónomo si el volumen de trabajo lo justifica. En la mayor parte de las empresas pequeñas y medianas, esto lo hace un comisionado del departamento de programación, el obrero mismo o el capataz del equipo.

CONTROL Y SUMA

Al final de cada periodo o jornada de trabajo se registra en la gráfica de Gantt el avance de los trabajos para cada máquina, empleado, taller o pedido. Estos trabajos se comparan con las previsiones. No será necesaria ninguna modificación al calendario si todas las operaciones se desarrollan tal y como se previó. Por el contrario, si han ocurrido detenciones (descompostura de máquinas, ausencia de empleados, etc.) el departamento de programación debe modificar el calendario en consecuencia.

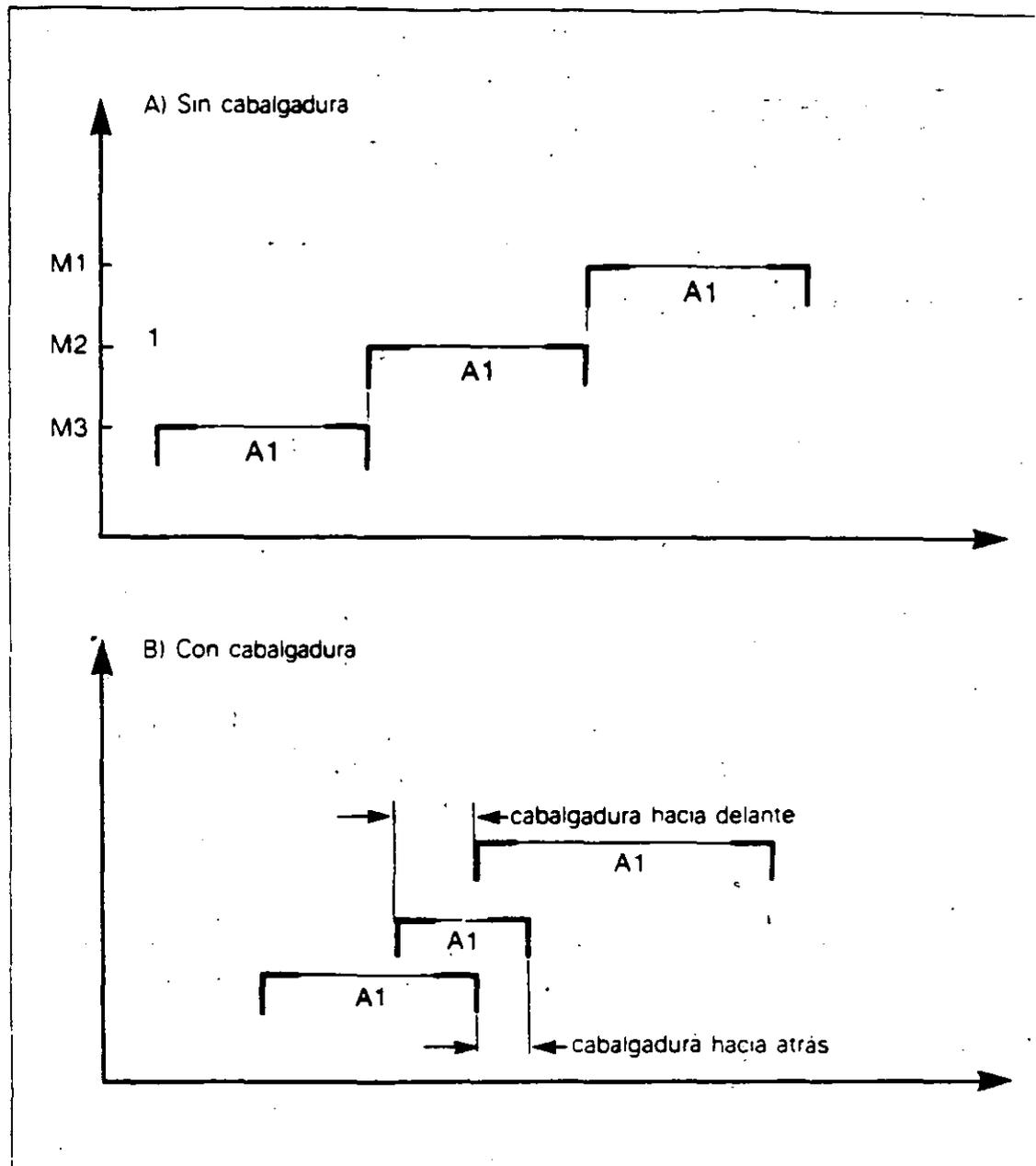


Fig. 12-5
Representación
gráfica de la
distribución con y
sin cabalgadura.

REACTIVACION DE LOS TRABAJOS

Esta etapa consiste en acelerar los trabajos que se encuentran atrasados respecto de la fecha de terminación establecida o debido a que el cliente desea obtener su pedido antes de la fecha convenida. En los dos casos del modificarse el calendario de los trabajos, o recurrirse a la contratación de tiempo suplementario. Es la segunda solución la que parece más sencilla.

TECNICAS DE DISTRIBUCION

En esta sección trataremos de responder a la pregunta que se formuló anteriormente: ¿cuál es la secuencia que reduce al mínimo el tiempo total de fabricación de cierto número de pedidos recibidos? El establecimiento de un

regla de prioridad constituye un método simple para responder una parte de la pregunta, pero no garantiza en forma alguna la secuencia óptima. Las técnicas de optimización constituyen un enfoque más completo para responder a la pregunta. En la mayoría de las empresas pequeñas y medianas se utilizan las reglas de prioridad, debido a que son sencillas y fáciles de aplicar.

REGLAS DE PRIORIDAD

La elección y aplicación de estas reglas dependen de la política y la organización interna de cada empresa. Algunas empresas utilizan una o varias reglas de prioridad cuya aplicación depende de diversos factores: complejidad del proceso de fabricación, amplitud del pedido, importancia del cliente, etc. En las reglas prácticas, la prioridad se concede:

- a) el primero que llega;
- b) al pedido que tenga el tiempo de ejecución más corto;
- c) al pedido que tenga el tiempo de ejecución más largo;
- d) al pedido que tenga la demora más pequeña (duración a la fecha de entrega menos duración de fabricación);
- e) al pedido que tenga la fecha de entrega más cercana;
- f) según la razón de la demora crítica (r_c):

$$r_c = \frac{\text{fecha estimada de entrega} - \text{fecha actual}}{\text{fecha estimada de entrega} - \text{fecha prometida o deseada}}$$

- g) según la importancia del cliente;
- h) según un proceso aleatorio;

Cada una de estas reglas presenta ventajas y desventajas. Sin embargo, algunas de ellas son más ventajosas que otras desde el punto de vista de la economía de tiempo. Por ejemplo, una experiencia [2] ha demostrado que la aplicación de la regla *b*) para cierto número de pedidos, tiene un tiempo total promedio de fabricación más corto que otras reglas.

TECNICAS DE OPTIMIZACION

Se han elaborado varias técnicas a fin de maximizar la utilización de los recursos materiales y humanos en un sistema de producción intermitente. Cada técnica se aplica a un contexto específico. De esta forma, las técnicas que se utilizan en el caso de pedidos que tienen dos etapas de producción serán diferentes de las que se utilizan para pedidos que tienen varias etapas. En seguida presentaremos dos técnicas sencillas: la regla de Johnson y la programación lineal (método de distribución).

REGLA DE JOHNSON

Este método [8] se aplica cuando dos pedidos deben ser ejecutados en dos máquinas consecutivas. Las condiciones de aplicación son que una máquina sea utilizada para un solo pedido o un solo producto a la vez, y que el orden de las operaciones no puede ser cambiado. El método comprende cuatro etapas:

1. Establecer la lista de los tiempos de producción (tiempo de fabricación preparación) de cada máquina para cada uno de los pedidos.
2. Elegir el tiempo de producción más corto.
3. Si el tiempo más corto pertenece a la primera máquina, se coloca al inicio de la secuencia. Si se trata de la segunda máquina, el pedido se coloca al final.
4. Eliminar el pedido asignado y repetir las etapas 2 y 3 para los pedidos restantes.

Para obtener el tiempo total de realización de los pedidos, se representa la secuencia en una gráfica de Gantt.

Ejemplo: Cuatro productos (A, B, C, D) son fabricados consecutivamente en dos máquinas. Los tiempos de producción en horas para cada una de las máquinas se indican en la tabla de la figura 12-6.

Solución: Aplicando las cuatro etapas mencionadas se obtiene la siguiente secuencia:

C — B — D — A

En la figura 12-6 se muestra la gráfica de Gantt para el cálculo del tiempo total de producción de los cuatro artículos.

Puede adaptarse la regla de Johnson para el caso de varios productos y pedidos fabricados en tres máquinas. Esta adaptación asegura una solución satisfactoria pero no óptima. Tiene la ventaja de ser simple. Es posible obtener una mejor secuencia cuando se satisfacen una o dos de las siguientes condiciones:

- 1) $\text{Min}(M1)_i \geq \text{Máx}(M2)_i$
- 2) $\text{Min}(M3)_i \geq \text{Máx}(M2)_i$

donde $(M1)_i$ es el tiempo de producción para el producto o el pedido fabricado en la máquina No. 1;
 $(M2)_i$ para la máquina No. 2;
 $(M3)_i$ para la máquina No. 3.

Se trata entonces de sumar el tiempo de producción de la máquina 1 y la máquina 2 y los tiempos de producción de la máquina 2 y la máquina 3. En este modo se reduce el número de hileras de máquinas a dos; posteriormente se repiten las cuatro etapas de la regla de Johnson.

Ejemplo: En la tabla de la figura 12-7 se muestra el tiempo de producción en horas para cinco productos fabricados en tres máquinas: M1, M2 y M3. Encontremos la secuencia que reduce al mínimo el tiempo total de fabricación para estos cinco productos.

Solución: Comparando las cifras de la tabla de la figura 12-7, se encuentra que se satisface la segunda condición:

$$\text{Min}(M3)_i \geq \text{Máx}(M2)_i$$

Producto \ Máquina	A	B	C	D
M1	3	6	5	7
M2	2	8	6	4

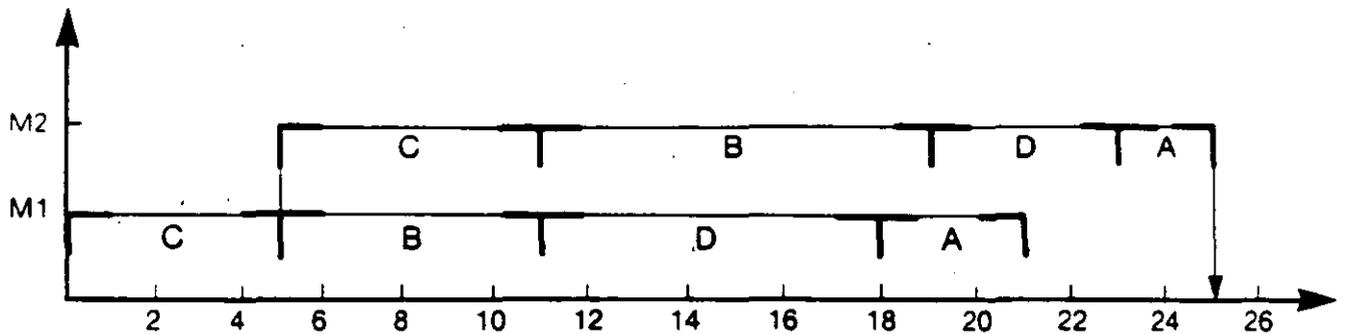


Fig. 12-6
Tiempo de producción de la secuencia óptima.

Se suman las cifras de las dos primeras hileras (M1 + M2), luego las de las dos últimas hileras (M2 + M3), y se obtienen los resultados de la tabla de la figura 12-8.

Se aplican las cuatro etapas de la regla de Johnson, y se obtiene la siguiente secuencia:

D — C — E — B — A

Método de distribución (programación lineal)

Este método es una técnica de la programación lineal y se relaciona con el método de transporte. Se utiliza para asignar los trabajos a las máquinas o a los empleados basándose en uno de los siguientes criterios: costos, tiempo, eficacia, etc. El número de trabajos debe corresponder al número de máquinas o de empleados. De este modo, los empleados o las máquinas efectúan el mismo trabajo, pero a un costo o en un momento diferente. Este método se resume en las siguientes cinco etapas:

Producto \ Máquina	A	B	C	D	E
M1	12	16	8	6	10
M2	10	6	4	4	10
M3	10	14	16	22	18

Fig. 12-7
Tiempo de producción de los cinco productos

1. Calcular el tiempo total de producción para cada pedido en cada máquina, multiplicando la cantidad ordenada por el tiempo unitario de producción.
2. Restar el número más pequeño de cada hilera a los números de la misma hilera.
3. Restar el número más pequeño de cada columna a los números de la misma columna.
4. Determinar el número *mínimo* de líneas para cubrir cada 0 de la matriz. Para hacer esto, se empieza con las hileras y las columnas que tienen mayor número de ceros, y así sucesivamente hasta que todos los 0 de la matriz hayan quedado cubiertos. Se obtiene una solución óptima si el número de líneas es igual al número de máquinas; si no, se pasa a la etapa 5.
5. Se diseña el número mínimo de líneas para cubrir los ceros de la matriz. Posteriormente se resta el número más pequeño de éstos a los que no hayan quedado cubiertos en la matriz, y se suma a los números que se encuentran en la intersección de las líneas. En este momento se regresa a la etapa 4.
6. Distribuir cada producto o pedido a partir de los 0 de la matriz.

Ejemplo: Pueden fabricarse cuatro pedidos (A, B, C, D) en una de cuatro máquinas M1, M2, M3 y M4. Cada una de las máquinas tiene un tiempo de producción para cada uno de los productos ordenados. En la tabla de la figura 12-9 se indica el tiempo de producción para cada producto y la cantidad ordenada. ¿Cómo deben asignarse los pedidos a cada una de las máquinas?

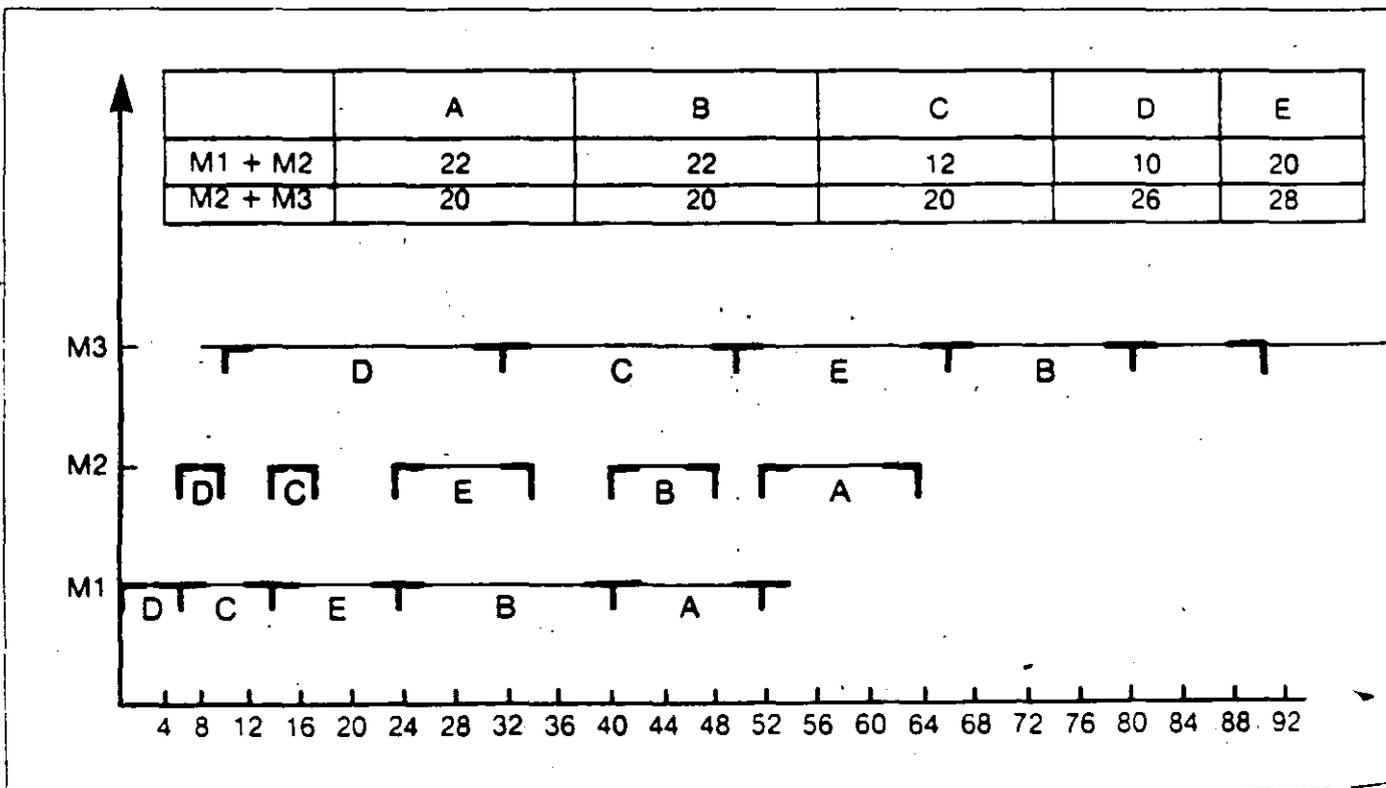


Fig. 12-8
Tiempo de producción de la secuencia óptima

Pedidos	Cantidades	Tiempo de producción por unidad			
		M1	M2	M3	M4
A	30	0.40	0.25	0.20	0.30
B	25	0.60	0.40	0.50	0.60
C	45	0.50	0.30	0.20	0.40
D	50	0.30	0.40	0.20	0.25

Fig. 12-9
Tiempo de
producción por
unidad y cantidad
ordenada

Solución: En la figura 12-10 se representan las etapas de cálculo.

RESUMEN

La programación constituye la etapa más importante en la planificación de un sistema de producción intermitente. Las principales etapas de la programación de un pedido son el análisis, la distribución y la coordinación de los trabajos, el establecimiento del calendario, el lanzamiento, el control y seguimiento de los trabajos y la reactivación de los trabajos críticos.

Ciertas reglas de prioridad y técnicas de optimización se emplean en la distribución de los trabajos. Estas técnicas permiten maximizar la utilización de los recursos humanos y materiales.

Preguntas

1. ¿Cuáles son las principales características de un sistema de producción intermitente?
2. ¿Cuál es la diferencia entre la programación y el lanzamiento de los trabajos?
3. ¿Cuáles son las principales etapas de la programación de un pedido?
4. ¿A quién se debe confiar, en la pequeña y mediana industria, la responsabilidad de la coordinación de los trabajos de fabricación?
5. ¿Cuál es el cometido del departamento de programación en un sistema de producción intermitente?
6. ¿Se justifica que las empresas pequeña y mediana no hagan uso de las técnicas de optimización?

Ejercicios prácticos

1. Un supermercado posee una panadería anexa a su división de pan y pasteles. Esta división ha recibido una veintena de pedidos de alguno de sus seis modelos de pasteles navideños. Estos pedidos han sido clasificados por modelo. El proceso de fabricación incluye las dos etapas principales de preparación —horneado y decoración. En la tabla siguiente se indica el tiempo de producción de cada etapa para cada modelo. Determine la secuencia de los trabajos que reducirá al mínimo el tiempo total de ejecución de los pedidos.

1a. etapa: calcular el tiempo de producción

	M1	M2	M3	M4
A	12	7.5	6	9
B	15	10	12.5	15
C	22.5	13.5	9	18
D	15	20	10	12.5

2a. etapa: restar una hilera

	M1	M2	M3	M4
A	6	1.5	0	3
B	5	0	2.5	5
C	13.5	4.5	0	9
D	5	10	0	2.5

3a. etapa: restar por columna

	M1	M2	M3	M4
A	1	1.5	0	0.5
B	0	0	2.5	2.5
C	8.5	4.5	0	6.5
D	0	10	0	0

4a. etapa: cubrir los ceros de la matriz

	M1	M2	M3	M4
A	1	1.5	0	0.5
B	0	0	2.5	2.5
C	8.5	4.5	0	6.5
D	0	10	0	0

5a. etapa: restar y sumar el número más pequeño no sombreado de la matriz.

	M1	M2	M3	M4
A	0.5	1	0	0
B	0	0	3	2.5
C	8	4	0	6
D	0	10	0.5	0

4a etapa: cubrir los ceros de la matriz

	M1	M2	M3	M4
A	0.5	1	0	0
B	0	0	3	2.5
C	8	4	0	6
D	0	10	0.5	0

Distribución óptima

M1: D

M2: B

M3: C

M4: A

Fig. 12-10
Etapas de cálculo
del método de
distribución

Modelos	A	B	C	D	E	F
Operaciones						
Preparación y horneado	8	10	16	6	7	9
Decoración	6	18	4	14	5	7

2. Una compañía ha recibido seis pedidos de mesas y estufas. En la tabla siguiente se indica el tiempo de producción en horas para cada pedido en cada taller. Un taller no puede ser ocupado más que por un pedido a la vez, y debe respetarse la secuencia corte-ensamble-acabado.

Se desea:

- determinar la secuencia que reducirá al mínimo el tiempo total de producción de los seis pedidos;
- determinar el tiempo de producción, si se emplea la regla de prioridad "primera llegada, primer servicio";
- si la fecha de inicio es cero, encuentre la fecha para la cual debe acordarse la entrega del pedido C-141, sabiendo que la compañía funciona 40 horas por semana.

Pedido	Corte	Ensamble	Acabado
C-125	15	9	24
C-134	12	6	9
C-140	27	12	21
C-141	21	9	15
C-142	18	3	6
C-145	14	10	16

3. Una compañía posee cinco modelos diferentes de tornos para fabricar piezas metálicas. El costo de utilización del torno varía según el modelo, debido a que el costo de compra y el salario de los empleados dependen del grado de perfeccionamiento de los modelos. De esta forma, los cinco modelos de tornos pueden ejecutar los mismos trabajos, pero a distintos niveles de eficacia y de costos. En la tabla siguiente se muestra el tiempo de producción en horas para cinco pedidos procesables en los cinco tornos disponibles así como el costo de cada uno de los modelos.

Se desea que usted:

- distribuya los pedidos según el criterio del tiempo total mínimo de producción;
- distribuya los pedidos según el criterio del costo mínimo;
- determine el tiempo total mínimo de producción;
- determine el costo total mínimo;
- recomiende un programa de distribución a la compañía.

4. Tres productos (A, B, y C) pueden fabricarse empleando una de tres máquinas, M1, M2 y M3. Como la demora de la entrega es pequeña, la compañía desea asignar los tres productos a las tres máquinas de tal modo que se reduzca así el tiempo total de fabricación. El tiempo de producción en minutos por productos y la cantidad por fabricar se indican en la tabla siguiente. Determine la distribución que responderá mejor al criterio de tiempo.

Modelos de tornos	Costo por hora	Pedidos (tiempo en horas)				
		A	B	C	D	E
M1	\$ 18	5	6	4	7	3
M2	\$ 25	6	4	3	2	6
M3	\$ 30	4	9	2	4	4
M4	\$ 20	8	8	5	5	5
M5	\$ 24	3	5	4	3	5

Código del pedido	Número de unidades por pedido	Tiempo en horas		
		M1	M2	M3
A	50	10	8	5
B	75	3	5	8
C	45	4	8	0

BIBLIOGRAFIA

1. Buffa, E.S. et W.H. Taubert. *Production-Inventory Systems: Planning and Control*, chap. 10, 1-12. Homewood, Irwin, 1972.
2. Buffa, E.S., *Operations Management, the Management of Productive Systems*. Hamilton, W. 1976
3. Lambert, P., *La fonction Ordonnancement*, Paris. Éditions d'organisation, 1975.
4. Mayer, R., *Production and Operations Management*, New York, McGraw-Hill, 3^e éd., 1975
5. Moore, F.G. et R. Jablonski, *Production Control*, New York, McGraw-Hill, 3^e éd., 1969
6. Ramboz, A. *L'ordonnancement*, Paris, Entreprise moderne d'édition, 2^e éd., 1965
7. Wild, R., *Production and Operations Management, Principles and Techniques*, Londres, H.F. 1979.

Artículos

8. Johnson, S.M., « Optimal two and three Stage Production Schedules with Set-up Times Included », *Naval Research Logistics Quarterly*, mars 1954.

13

Planificación de un sistema de producción por unidad

OBJETIVOS

Después del estudio de este capítulo, el lector deberá ser capaz de:

- describir las etapas de la planificación de una producción por unidad;
- distinguir las dos principales técnicas, PERT y CPM;
- construir una red PERT para un conjunto de trabajos interdependientes;
- calcular el tiempo de inicio y de término de actividades de una red PERT;
- determinar los márgenes de tiempo de realización para cada una de estas actividades;
- identificar las actividades que forman parte de la ruta crítica;
- calcular la cantidad y el costo de los recursos humanos y materiales necesarios para la realización de un proyecto simple;

TERMINOLOGIA

actividad previa	evento
actividad subsecuente	margen libre
ruta crítica	margen total
CPM	nudo
etapa	PERT

INTRODUCCION

Después de estudiar la planificación de la producción en serie e intermitente, nos queda por analizar la planificación de la producción por unidad.

El rearrreglo físico de una división de una fábrica, la instalación de nuevos equipos, el mantenimiento de un sistema complejo de producción y la construcción de barcos son algunos ejemplos de este caso. Cuando se habla de "unidades", se hace referencia a productos complejos que pueden producirse solamente a razón de uno a la vez y requieren operaciones y recursos variados.

Este sistema de producción se encuentra en las industrias naval, aeronáutica y de la construcción. Para realizar tales productos, es necesario establecer un programa especial que tenga como finalidad racionalizar la ejecución de los trabajos. Varios métodos de análisis, de planificación y de control han sido propuestos para este efecto. A continuación expondremos los dos principales: el CPM (Critical Path Method), o método de la ruta crítica, y el PERT (Progress Evaluation and Review Technique).

ETAPAS DE LA PLANIFICACION

Las actividades de esta planificación son las siguientes:

- análisis de cada operación,
- estudio de la interdependencia de las operaciones,
- confección de la red de operaciones,
- previsión de las fechas de inicio y término de cada operación y evaluación de las demoras tolerables,
- evaluación de los recursos materiales, humanos y financieros necesarios para cada operación,
- determinación de las operaciones cuyas fechas de realización son críticas, es decir, para las cuales no es posible retardo alguno si se quiere entregar el producto dentro de ciertas demoras.

En la figura 13-1 se indican los elementos constitutivos de un sistema de planificación de la producción por unidad.

LAS TECNICAS DE PLANIFICACION

El PERT y el CPM son técnicas que se utilizan en la planificación y el control de los trabajos de un programa. Se caracterizan por la construcción de una red y la evaluación del tiempo y los costos de ejecución. El PERT se distingue porque recurre a la teoría de la probabilidad para evaluar el tiempo de realización y, en consecuencia, las posibilidades de terminar en una fecha determinada.

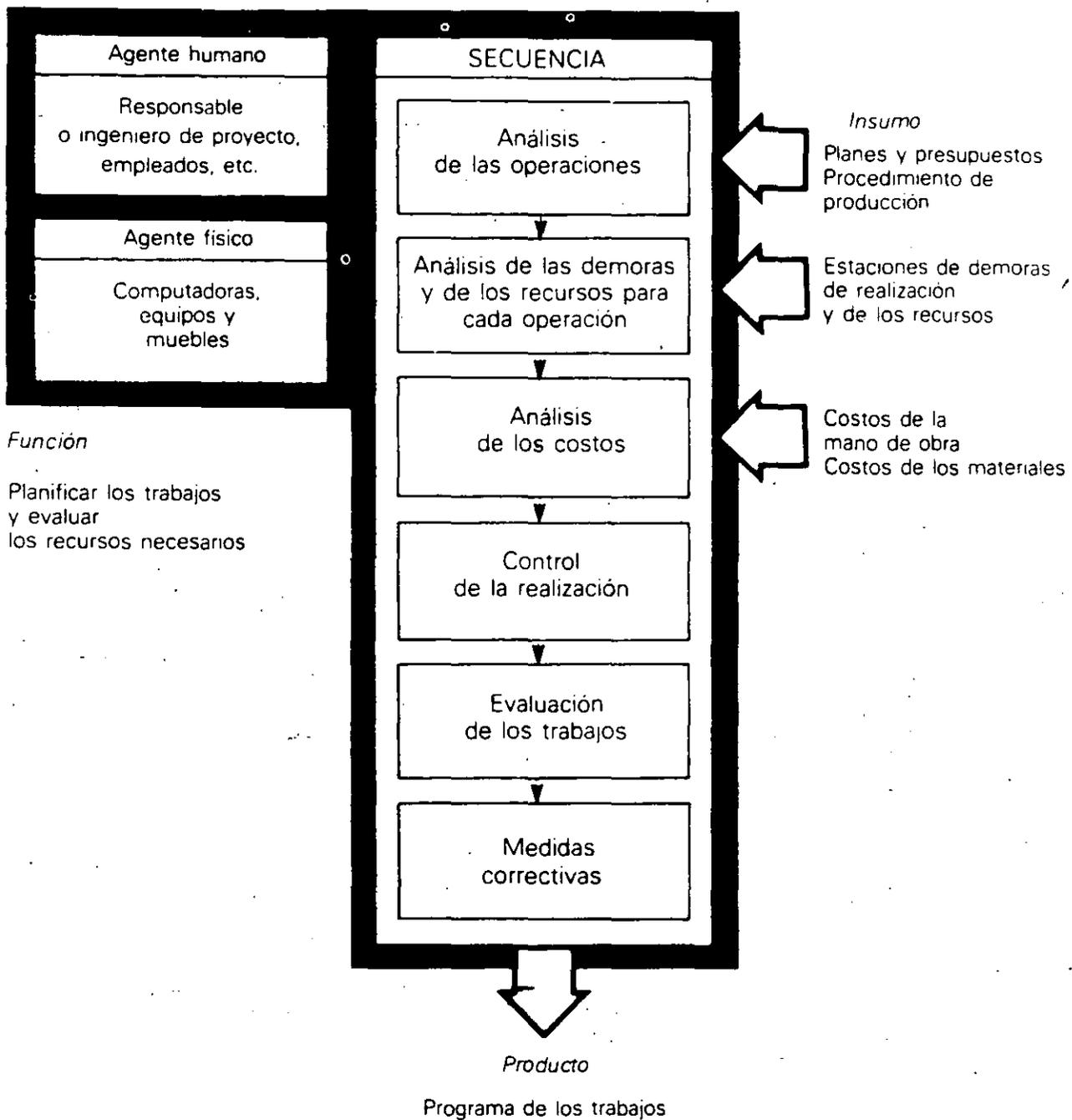


Fig. 13-1
 Sistema de planificación de la producción por unidad.

TERMINOS Y SIMBOLOS

Para la construcción de una red que muestre el orden de sucesión de actividades se requiere el uso de ciertos términos y símbolos, los cuales es conveniente definir:

Etapas, evento o nudo. Este es el momento del principio o del fin de una actividad. Se representa por un círculo dentro de la red PERT (fig. 13-2a). Se llama preferentemente *nudo* cuando existe un paso de una actividad a otra.

Actividad. La actividad es una operación que implica el empleo de recursos. En la red PERT, estas actividades se representan por una flecha orientada en el sentido del agotamiento del tiempo; en la red CPM se representan por un círculo, y las flechas indican la interdependencia de las actividades (fig. 13-2). Se distinguen tres categorías de actividades en una red PERT (fig. 13-2b):

- *previas*, las cuales deben ser terminadas antes del inicio de otra;
- *subsecuentes*, las cuales siguen inmediatamente a la precedente;
- *paralelas*, las cuales empiezan al mismo tiempo que otra.

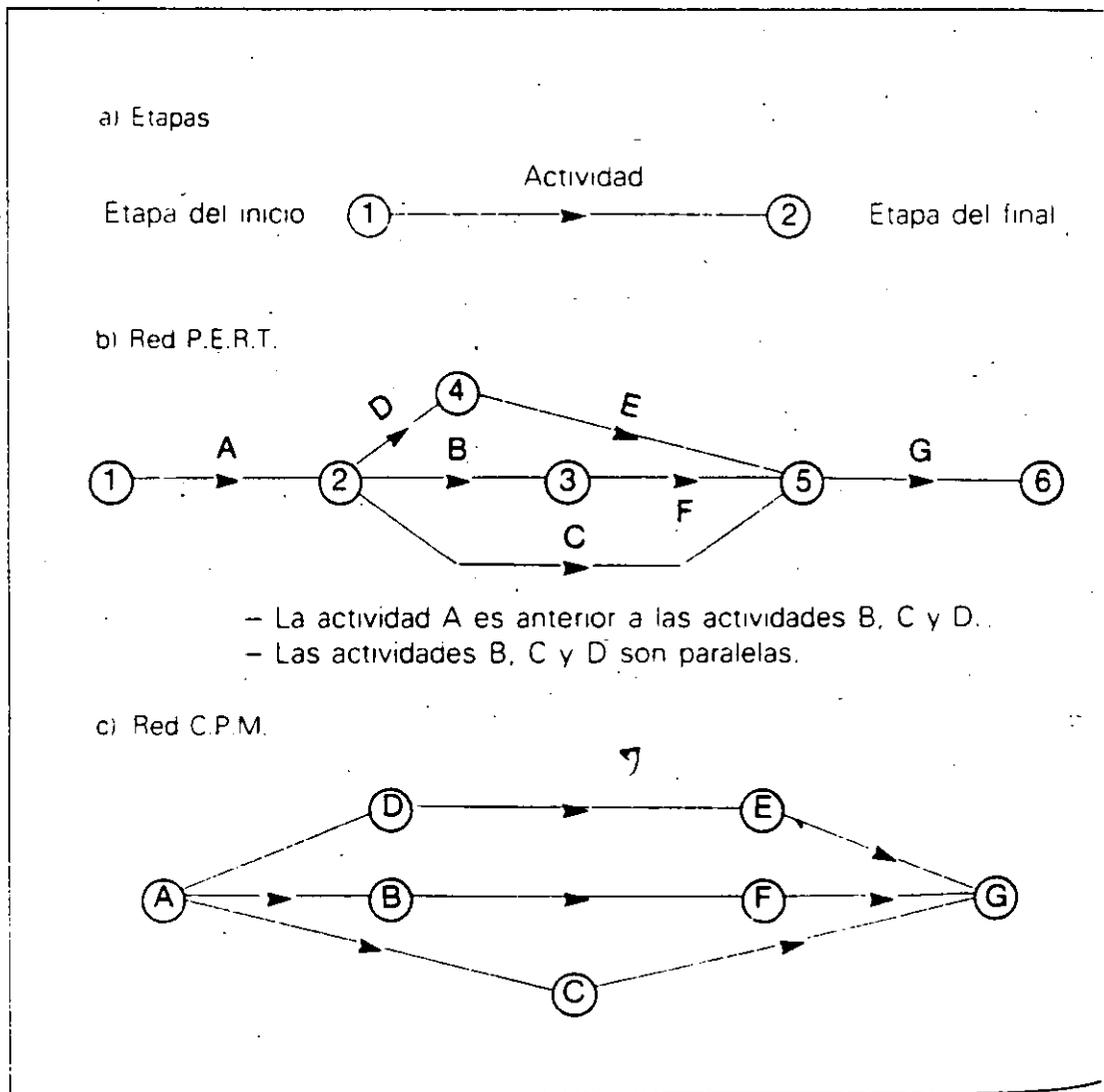


Fig. 13-2
Representación
gráfica de las
actividades y
etapas de la
producción
unitaria

Ligadura. Esta designa una dependencia entre dos etapas. Se la representa por una flecha puntiaguda y orientada en el sentido de la dependencia de las actividades. La figura 13-3a representa la actividad de un equipo que instala postes y cables telefónicos. El trabajo dura 45 días. Si se desea reducir la duración del trabajo del programa movilizando dos equipos, se podrá encomendar al primero la instalación de los postes durante 10 días; posteriormente, mientras el primer equipo instala los otros postes, el segundo instalará los cables telefónicos en los postes ya colocados, y así sucesivamente (fig. 13-3b). Observe que la actividad B2 no puede comenzar antes que la actividad A2 haya sido terminada. Es por ello que debe colocarse una ligadura entre las etapas ③ y ④, y otra entre las etapas ⑤ y ⑥. En las figuras 13-3c y d se muestran otros ejemplos de la utilización de ligaduras entre las etapas de actividades.

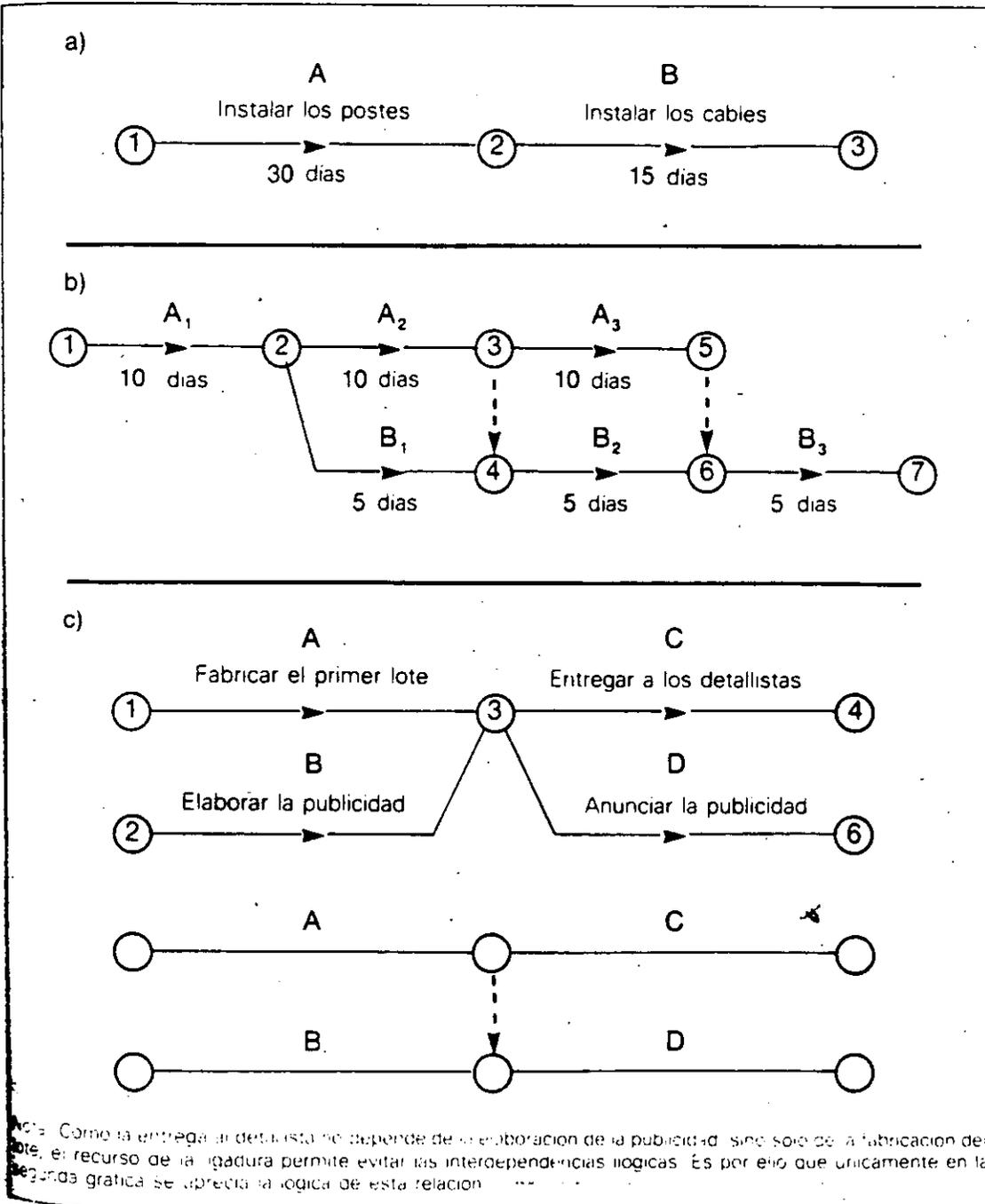


Fig. 13-3
Representación
de las
ligaduras

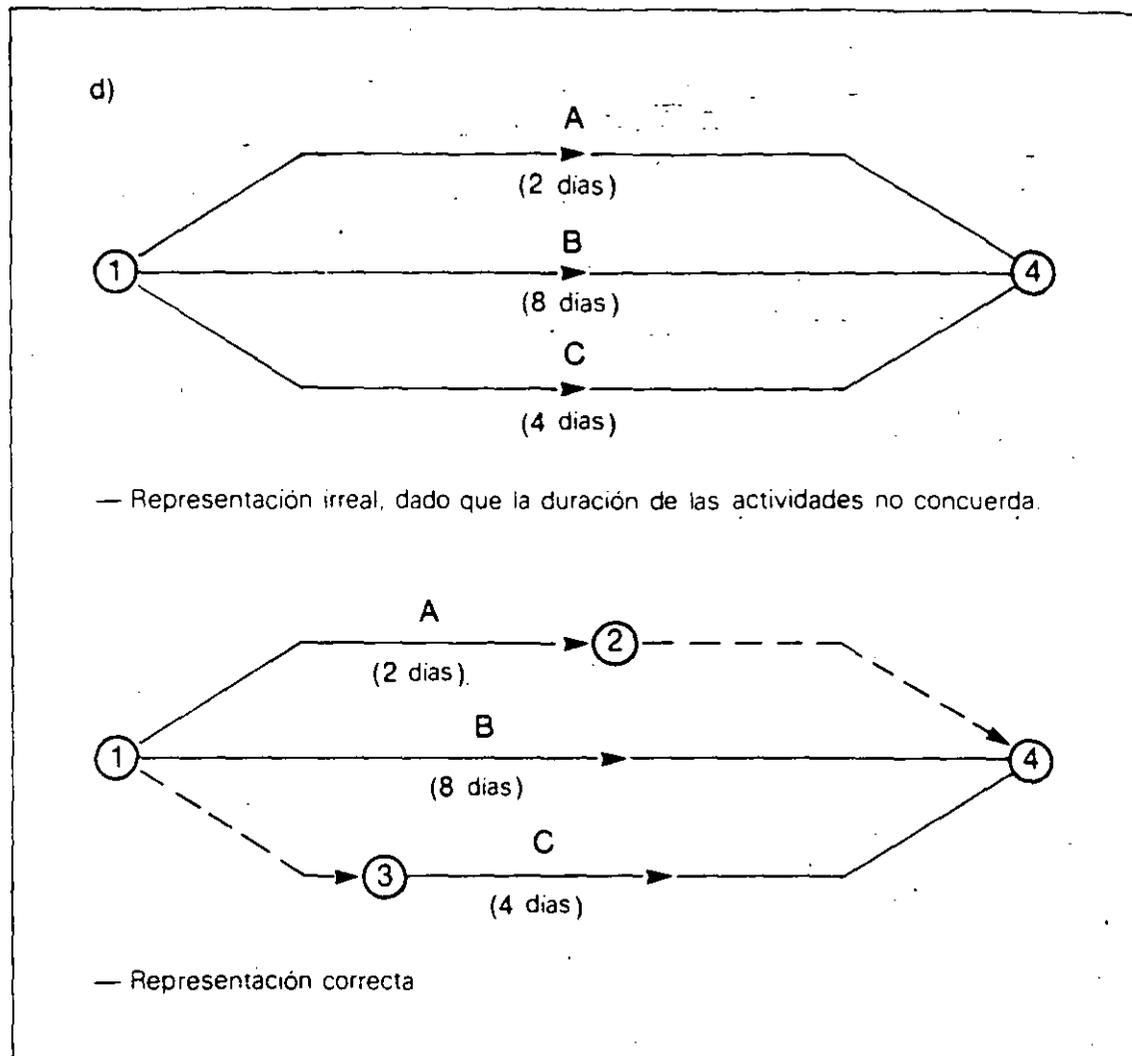


Fig. 13-3
(Cont.)

CONSTRUCCION DE UNA RED

En la figura 13-4 se muestran las seis etapas de la construcción de la red PERT:

- a) Se hace la lista y la codificación de las actividades cuyas relaciones se indican (fig. 13-4).
- b) Se expresa gráficamente la interdependencia de estas actividades. No debe repetirse ninguna letra en la columna de las actividades.
- c) Se numeran las actividades comenzando por la cifra 1 para la actividad A; posteriormente se hace un desplazamiento horizontal para numerar las actividades subsiguientes con la cifra 2. La numeración de las actividades subsiguientes corresponde por tanto a la cifra atribuida a la actividad anterior más 1. Si dos actividades anteriores pertenecientes a un mismo nudo tienen números diferentes, se elige el más elevado cuando se añade para numerar las actividades subsiguientes. Note que no existe una relación vertical entre los números.
- d) Posteriormente se numeran los nudos; el nudo lleva el número más elevado de las actividades anteriores.

- e) Se traza un número de líneas verticales equivalente al nivel de nudos. Posteriormente se coloca cada nudo sobre la línea correspondiente a su número. Debe notarse que, si una letra se repite en la columna de las actividades previas, existirá una ligadura entre sus nudos.
- f) Se construye finalmente la red, uniendo las líneas entre los nudos e inscribiendo las flechas apropiadas.

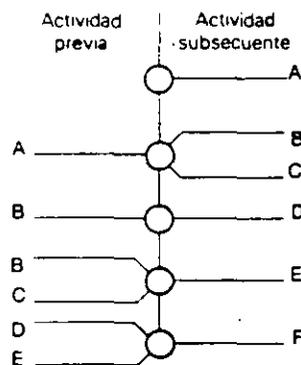
FIJACION DE LAS FECHAS DE TERMINACION

Una vez que el tiempo de realización de cada actividad se ha evaluado y que la red de actividades ha sido establecida, se decide el momento en el que empezará y terminará cada una de las actividades.

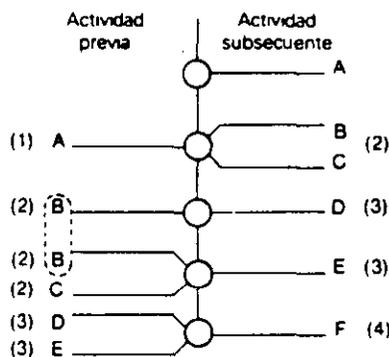
a) Lista de actividades

Actividades		Actividad inmediata anterior	Tiempo de realización (días)	Número de empleados
Cod.	Descripción			
A	Concepción de los planes	—	4	3
B	Elección del local	A	5	2
C	Selección del personal	A	3	2
D	Acond. del local	B	2	4
E	Obtención del permiso	B, C	1	1
F	Instalación de máquinas	D, E	10	5

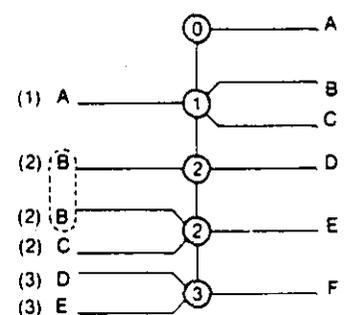
b) Interdependencia de las actividades:



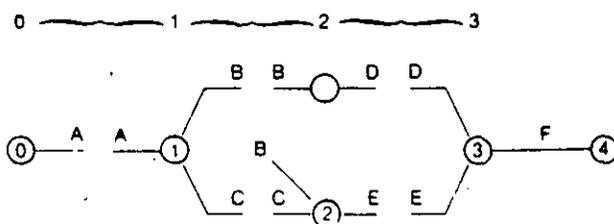
c) Numeración de las actividades:



d) Numeración de los nudos:



e) Elaboración de un esquema de la red:



f) Construcción de la red:

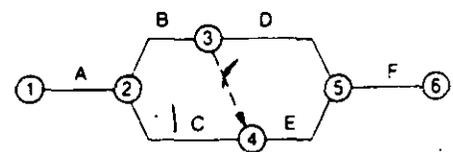


Fig. 13-4
Etapas de la construcción de una red PERT.

En la técnica CPM se evalúa el tiempo promedio de realización, y es con ayuda de este tiempo como se determina el momento del inicio y del fin de cada actividad. En la técnica PERT se considera que el tiempo de realización sigue una distribución aleatoria, con ayuda de la cual se evalúan el tiempo promedio y la desviación estándar de cada actividad. Esto permite conocer la probabilidad de terminar el programa dentro de las demoras previstas.

Terminología y símbolos

Inicio temprano (ITe). Esta es la fecha de iniciación de una actividad, cuando todas las actividades previas han sido terminadas en su fecha más temprana. El inicio temprano de una actividad corresponde por tanto a la fecha más alejada de los finales tempranos (FTe) de las actividades anteriores.

$$(ITe)_i = \text{Máx (FTe de las actividades a previas)}$$

donde i designa la actividad.

Final temprano (FTe). Esta es la fecha del final más temprano posible de una actividad, cuando ésta ha comenzado con un inicio temprano. El final más temprano corresponde por tanto al inicio más temprano de la actividad que se considera más el tiempo promedio de su realización (t):

$$(FTe)_i = (ITe)_i + t_i$$

Inicio tardío (ITa). Esta es la fecha más tardía para comenzar una actividad si se desea evitar retardos en las actividades subsecuentes. El inicio tardío de una actividad corresponde a su fin tardío menos el tiempo promedio de su realización:

$$(ITa)_i = (FTa)_i - t_i$$

Final tardío (FTa). Esta es la fecha más tardía del final de una actividad si se desea evitar informar la fecha final más allá del final previsto en el programa. El fin tardío de una actividad corresponde a la fecha más cercana de los inicios tardíos de las actividades subsecuentes:

$$(FTa)_i = \text{Min (ITa de las actividades subsecuentes)}$$

Ruta crítica (RC). Este método está constituido por una serie de actividades cuya suma de tiempos promedios de realización corresponde a la duración total del programa. Esta ruta se denomina "crítica" porque sus actividades no incluyen margen alguno. Por tanto deben controlarse estrechamente, puesto que toda demora retardaría el final previsto dentro del programa.

Margen total (MT). Esta es la demora que puede concederse a una actividad sin retardar el final previsto en el programa. Si el margen total de una actividad se agota, las actividades subsecuentes formarán parte de una nueva ruta crítica.

$$(MT)_i = (ITa)_i - (ITe)_i = (FTa)_i - (FTe)_i$$

Margen libre (ML). Esta es la demora que puede concederse a una actividad sin retardar el inicio temprano de las actividades subsecuentes. Si el margen libre de una actividad se agota, la ruta crítica no se ve afectada. El margen libre debe ser inferior o igual al margen total.

$$(ML) = \text{Mín (ITe de las actividades subsecuentes)} - (FTe)$$

En la figura 13-5 se muestra la representación de estos valores para una actividad de la red PERT.

Ejemplo de cálculo

En la figura 13-6 se indican los resultados de un cálculo de tiempo para una red PERT. Debe notarse que la ruta crítica está constituida por actividades cuyos márgenes totales y libres son nulos (A, B, D y F). Si el margen libre de la actividad C se agota, el inicio temprano de la actividad E no resulta afectado. Por tanto, es inútil acelerar las actividades C y E para reducir la duración del programa. Aun sería preferible aumentar su duración si ello puede contribuir a reducir los costos del conjunto.

También es posible representar las actividades con ayuda de la gráfica de Gantt, precisando las fechas del calendario anual (fig. 13-6).

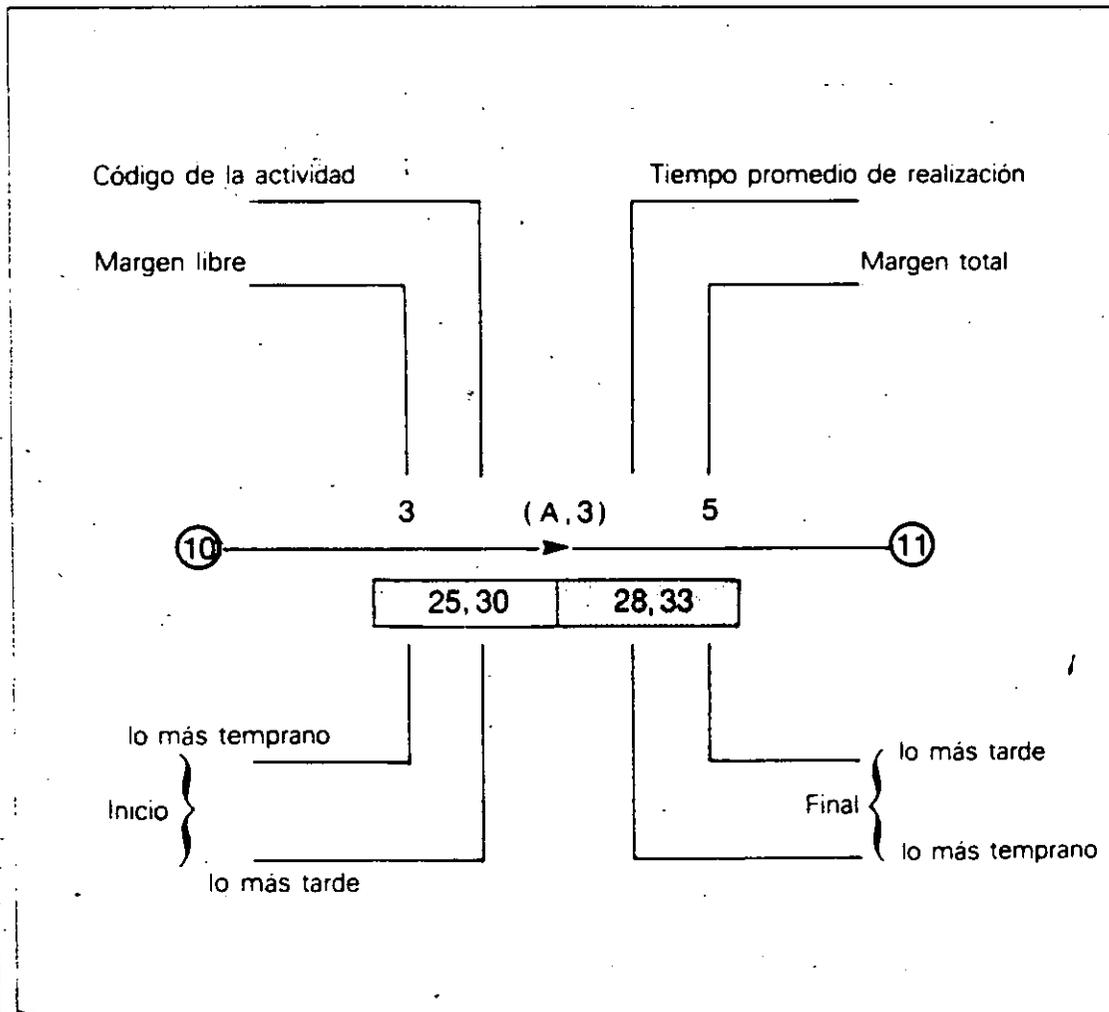


Fig. 13-5
Representación de los valores del tiempo para cada actividad de la red PERT.

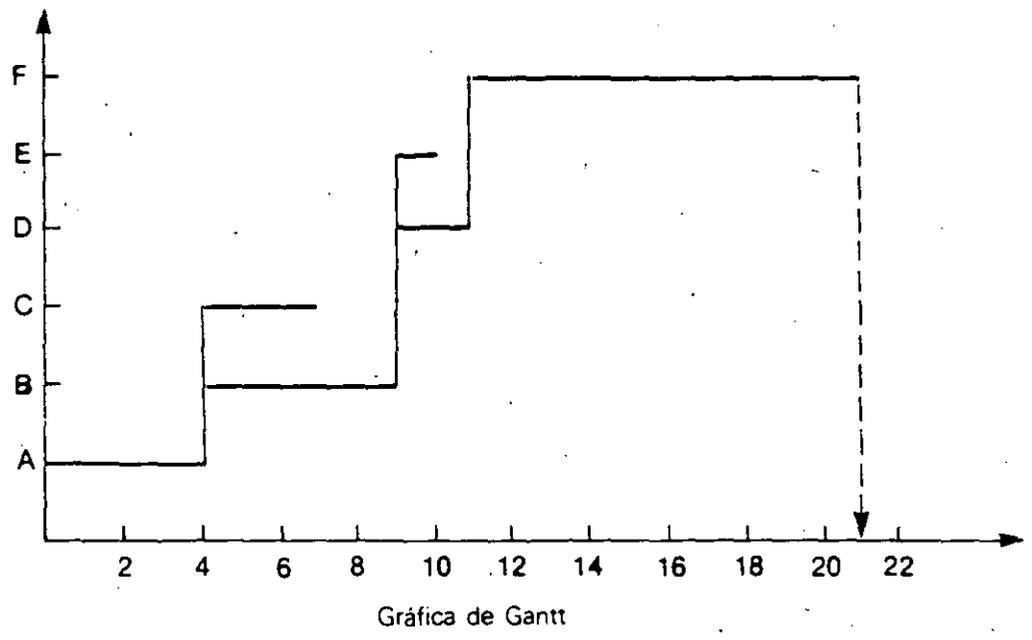
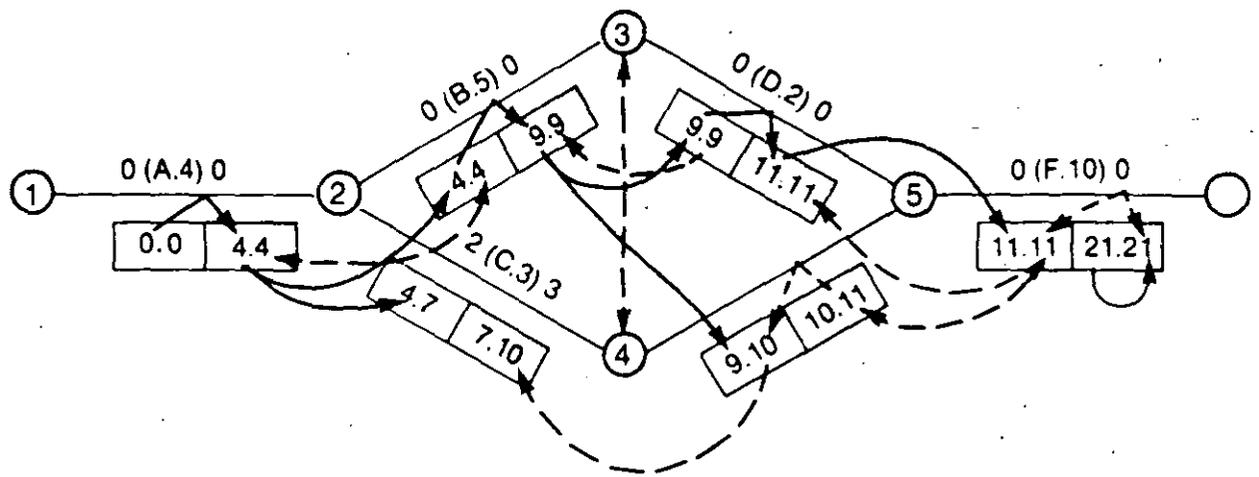


Fig. 13-6
Cálculo del tiempo de cada actividad.

PLANIFICACION DE LOS RECURSOS

Para cada actividad se requiere el empleo de uno o varios recursos humanos, materiales o financieros. Después de la elaboración del calendario de actividades se determinan estos recursos. Esta etapa es esencial a fin de equilibrar los recursos necesarios con los recursos disponibles de la empresa. Frecuentemente, es necesario revisar el calendario de las actividades a causa de restricciones de recursos.

a) **Recursos humanos.** Debe evaluarse el número de personas implicadas en cada actividad, y posteriormente debe establecerse el número total de personas necesarias por día o por periodo para el conjunto de actividades. E

figura 13-7 se ilustra la representación del número de personas por periodo para el ejemplo de la figura 13-4.

En ciertos casos, las variaciones del número de personas por periodo son muy importantes. El responsable de los trabajos se verá obligado, como consecuencia de políticas administrativas, a controlar la utilización del personal. Para lograrlo, tiene la alternativa entre desplazar las actividades que tienen

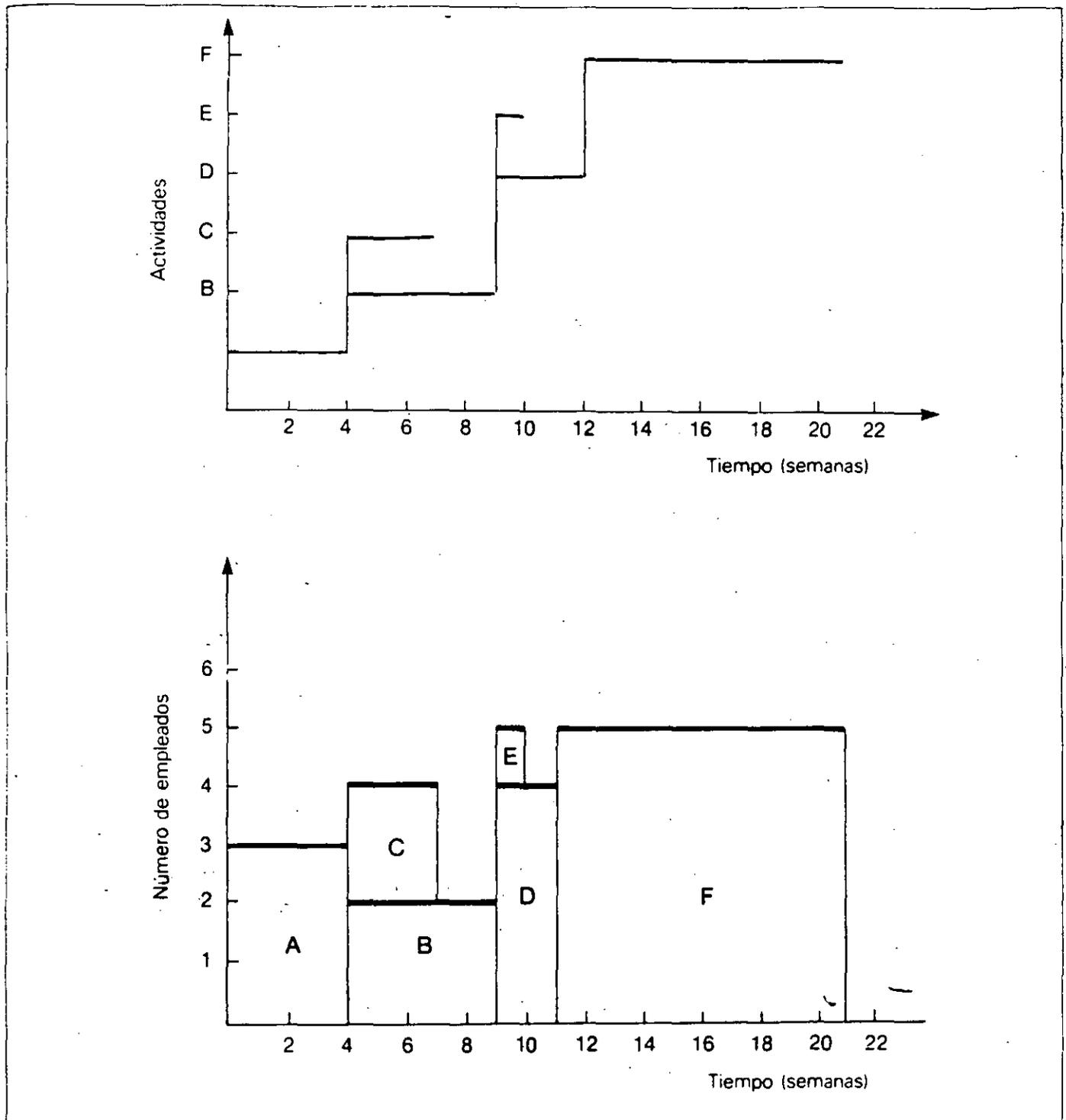


Fig. 13-7
Cálculo del número de empleados por periodo.

un margen total o reducir el número de personas por actividad, aumentando así el número de periodos de trabajo y alargando la duración del programa.

b) **Recursos materiales.** Es necesario prever para cada actividad, las materias primas, las herramientas y los equipos, y evaluar su costo. Los planes y los presupuestos proporcionarán la información necesaria para estos cálculos. A partir de la lista de este material por actividad y según la fecha de terminación de los trabajos, se procede a las compras.

c) **Recursos financieros.** El análisis de los costos del programa se hace casi paralelamente a la elaboración del calendario. Se estudia la forma en que la mano de obra, el plazo de terminación, el aumento o la disminución de personal y el recurso al tiempo suplementario repercuten en los costos.

La etapa subsecuente es la elaboración del presupuesto. Este presupuesto puede dividirse en presupuestos por actividad, por fase de realización, de mano de obra, de materia prima, de equipo, etc. De este modo, el presupuesto podrá servir de herramienta de control y planificación.

RESUMEN

La producción unitaria incluye numerosas actividades interdependientes y orientadas hacia la realización de un objetivo o de un producto específico. Las dos principales técnicas de planificación y de control para tal sistema de producción son el CPM y el PERT. Ambas utilizan la red de actividades y permiten evaluar el tiempo y los costos de realización.

Preguntas

1. ¿Cuáles son las características de la producción por unidad?
2. ¿Cuáles son las etapas de la planificación de los trabajos de producción por unidad?
3. Haga una comparación entre las técnicas de CPM y las del PERT.
4. ¿Qué es lo que caracteriza al método de la ruta crítica?
5. ¿En qué consiste la planificación de los recursos?

Ejercicios prácticos

1. Una compañía cierra sus puertas dos semanas al año para el mantenimiento general de su fábrica. El departamento de mantenimiento ha elaborado la lista que se presenta a continuación de las actividades y los números de días y de empleados necesarios para esta operación anual. Se desea:
 - a) diseñar la red PERT;
 - b) determinar la duración y las actividades de la ruta crítica;

c) repartir el personal de este departamento respetando los plazos de terminación establecidos, sabiendo que el departamento cuenta con 13 empleados y puede llegar a tener hasta 16 en caso necesario.

Actividad	Actividad inmediata anterior	Número de días	Número de empleados
A	—	1	9
B	—	3	3
C	—	4	8
D	A	1	2
E	D	3	5
F	B	2	7
G	E	2	6
H	C, F, G	5	12

2. Los alumnos de los últimos semestres de la carrera de Finanzas de una universidad organizan cada año, durante la última semana de marzo, un departamento que ayuda a la población local a redactar las declaraciones de impuestos. A fin de planificar la organización de esta semana, los estudiantes han elaborado la lista de las actividades inmediatamente previas y consecutivas a la semana de declaración de impuestos. Basándose en esta lista, se pide que usted:

- diseñe la red PERT;
- determine las actividades de la ruta crítica;
- determine en qué fecha deben formar su comité los estudiantes, sabiendo que la semana de declaración de impuestos empieza el último lunes de marzo.

Código	Descripción	Actividad inmediata anterior	Duración (días)
A	Formación de un comité	—	5
B	Primera reunión del comité	A	5
C	Reservación de un número de teléfono	B	1
D	Impresión de cartas publicitarias	C	5
E	Expedición de cartas	D	5
F	Elaboración de anuncios para los medios de comunicación	C	5
G	Contacto con los medios de comunicación	F, E	5
H	Elaboración de la lista de los equipos	B	1
I	Elaboración de los horarios de los estudiantes para la semana	D	5
J	Elaboración de los horarios de los profesores	I	5
K	Recolección de una cuota de \$ 1	B	5
L	Reservación de los equipos	H	1
M	Apertura de una cuenta bancaria	K	1
N	Elaboración de anuncios publicitarios	G	2

O	Compra de café, azúcar, buñuelos, etc.	M	1
P	Reservación de dos cafeterías	L, M	1
Q	Instalación de los equipos, anuncios, etc.	O, N, P	1
R	La semana de impuestos	J, Q, G	
S	Remesa de la cuota	R	3
T	Elaboración de estados financieros	S	5
U	Reunión del comité	T	1
V	Publicación de un informe	U	5

3. Una compañía desea reorganizar físicamente su taller de ensamble en función de un nuevo producto. El responsable del programa ha evaluado la duración y el costo directo en situación normal y en caso de aceleración de los trabajos (vea la tabla siguiente.) Si la compañía evita costos indirectos de \$ 150 por día, ¿tendría alguna ventaja acelerar los trabajos al máximo? ¿Cuáles son las actividades que deberán ser aceleradas a fin de maximizar las economías?

Actividad	Actividad inmediata anterior	Duración (días)		Costos directos (\$)	
		normal	acelerada	normal	acelerada
A	—	2	1	450	600
B	A	8	4	300	500
C	A	7	5	400	500
D	C	6	3	300	400
E	C	5	3	500	900
F	B	2	2	200	200
G	D, F	5	4	450	600
H	E, G	3	2	300	600

BIBLIOGRAFIA

1. Bouliet, A., *Le P.E.R.T. à la portée de tous*, Paris, Dunod, 1970.
2. Chase, R. et N. Aquilano, *Production and Operations Management*, Homewood (Ill.), Irwin, 1976.
3. Kaufman, A. et G. Desbazeille, *La méthode du chemin critique*, Paris, Dunod, 2^e éd., 1966.
4. Perreault, Y.G., *Recherche opérationnelle: techniques décisionnelles*, Montréal, Presses de l'Université du Québec, 1973.
5. Poggioli, P., *Pratique de la méthode P.E.R.T.*, Paris, Éditions d'organisation, 1970.

Administración del abastecimiento

OBJETIVOS

Después de haber estudiado este capítulo, el lector deberá ser capaz de:

- definir el cometido del abastecimiento dentro del sistema de producción;
- describir las principales etapas del ciclo de compra;
- identificar los elementos de un código de procedimientos,
- describir las actividades de un sistema de administración del abastecimiento;
- analizar las componentes del sistema logístico.

TERMINOLOGIA

abastecimiento
código de procedimientos
acondicionamiento
ciclo de compra
empaquetamiento
logística industrial
política de compra
requisición de compra

INTRODUCCION

Toda empresa, cualesquiera que sean sus actividades, tiene necesidad de obtener ciertos bienes o servicios para sus operaciones. La empresa industrial se abastece de materias primas, muebles, maquinaria y servicios necesarios para sus procedimientos de producción. La empresa comercial compra productos que se revenderán con una utilidad. La empresa de servicios obtiene los muebles y equipos que serán necesarios para sus procedimientos administrativos.

La administración del *abastecimiento* consiste por tanto en procurar a un sistema de producción los bienes y servicios en la cantidad y calidad requeridas, al mejor precio, del mejor proveedor en el lugar y el momento oportunos, a fin de satisfacer las exigencias de sus operaciones. Estos son los principales aspectos de una administración eficaz del abastecimiento. En síntesis, se trata de responder a las siguientes preguntas: ¿Qué comprar?, ¿En qué cantidad?, ¿Cómo comprarlo?, ¿Cuándo y de quién comprarlo? (fig. 14-1.)

El abastecimiento de materias primas o equipos y la distribución de los productos terminados están asegurados por el *sistema logístico*. Este sis-

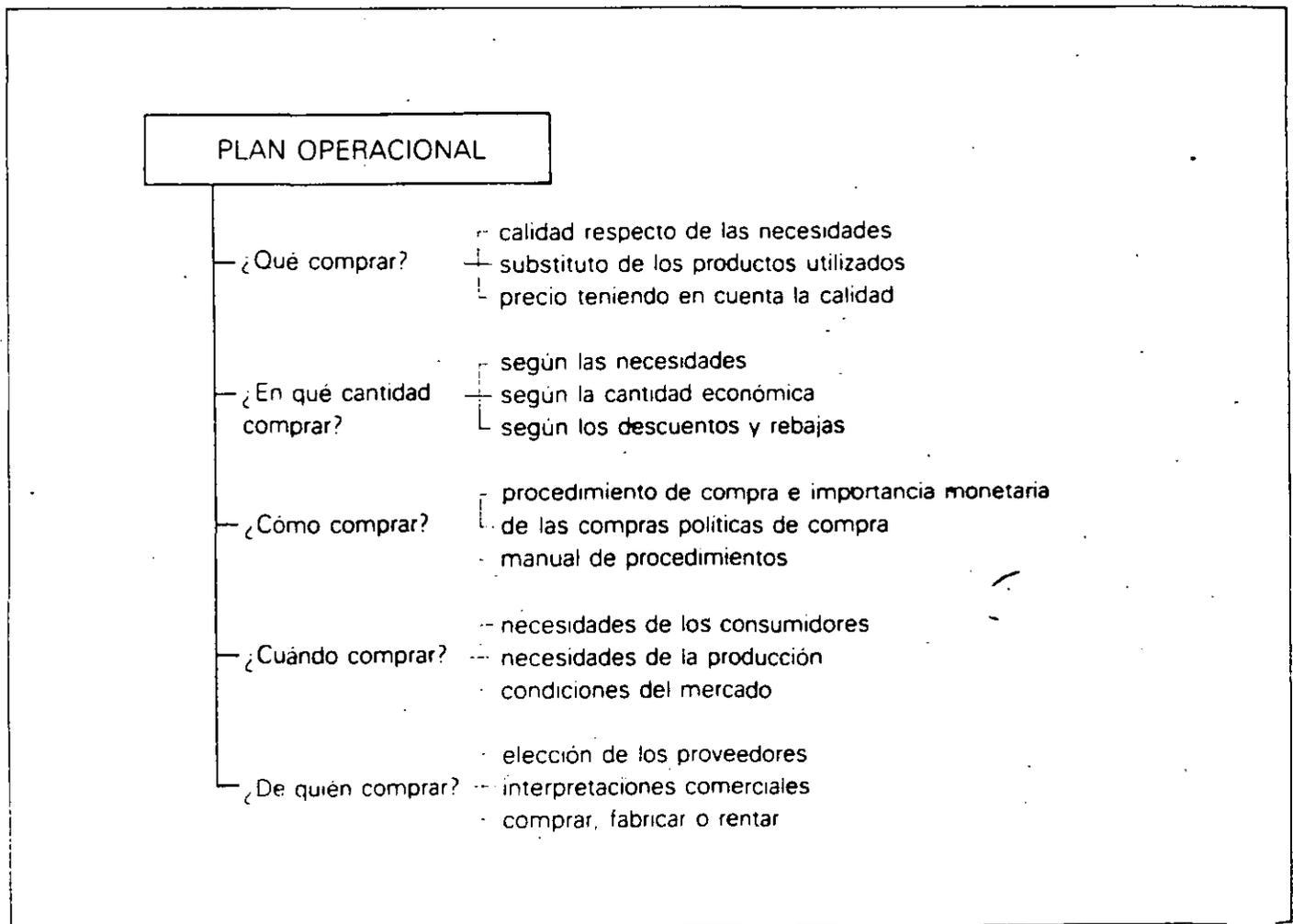


Fig. 14-1
Problemática de las compras en el plan operacional

tema se compone de varios subsistemas productivos como los de compras, administración de los inventarios, planificación y control de la producción, transporte y tratamiento de los pedidos.

En este capítulo se describen las principales etapas del ciclo de compra, la política de compra, el código de procedimientos y el sistema logístico.

CICLO DE COMPRA

Este consiste en una serie de actividades o etapas que se encadenan e inician con una demanda interna, denominada "*requisición*" de compra. En la figura 14-2 se muestran las etapas del ciclo de compra y los servicios que normalmente implican este ciclo.

a) **Emisión de una requisición de compra.** Esta es la etapa en la que se comunica la necesidad al departamento de abastecimiento. Esto puede hacerlo cualquier departamento de la empresa o exclusivamente el departamento de control de los inventarios. Esta última práctica es la más común en la mayoría de las empresas.

b) **Análisis de la requisición.** El secretario del departamento de abastecimiento dirige la requisición al comprador responsable de esta categoría de bienes y servicios, el cual debe a su vez revisar ciertos puntos antes de proceder a la investigación y elección de un proveedor, o simplemente a la emisión de un pedido. Los puntos que deben revisarse se mencionan en la figura 14-2.

c) **Investigación y elección de un proveedor.** Esta etapa existe en las siguientes situaciones:

- compras nuevas,
- compras importantes desde el punto de vista económico o técnico,
- insuficiencia del proveedor actual,
- evolución del mercado (disminución de los precios, aparición de un nuevo producto, de un nuevo proveedor, etc.).

La investigación y elección de un proveedor comprenden las tres siguientes actividades:

- elaboración de una lista de proveedores aceptables,
- elaboración de cotizaciones o concurso de ofertas,
- evaluación de las ofertas y elección de un proveedor.

d) **Emisión de una solicitud de pedido.** Una vez que se ha hecho la elección, se expide al proveedor una solicitud de pedido, la cual constituye el contrato escrito entre la empresa compradora y el proveedor. En la figura 14-3 se muestran las principales etapas de la emisión de una solicitud de pedido.

e) **Seguimiento del pedido.** La responsabilidad del abastecimiento no termina con la expedición de una solicitud de pedido, sino se extiende hasta la

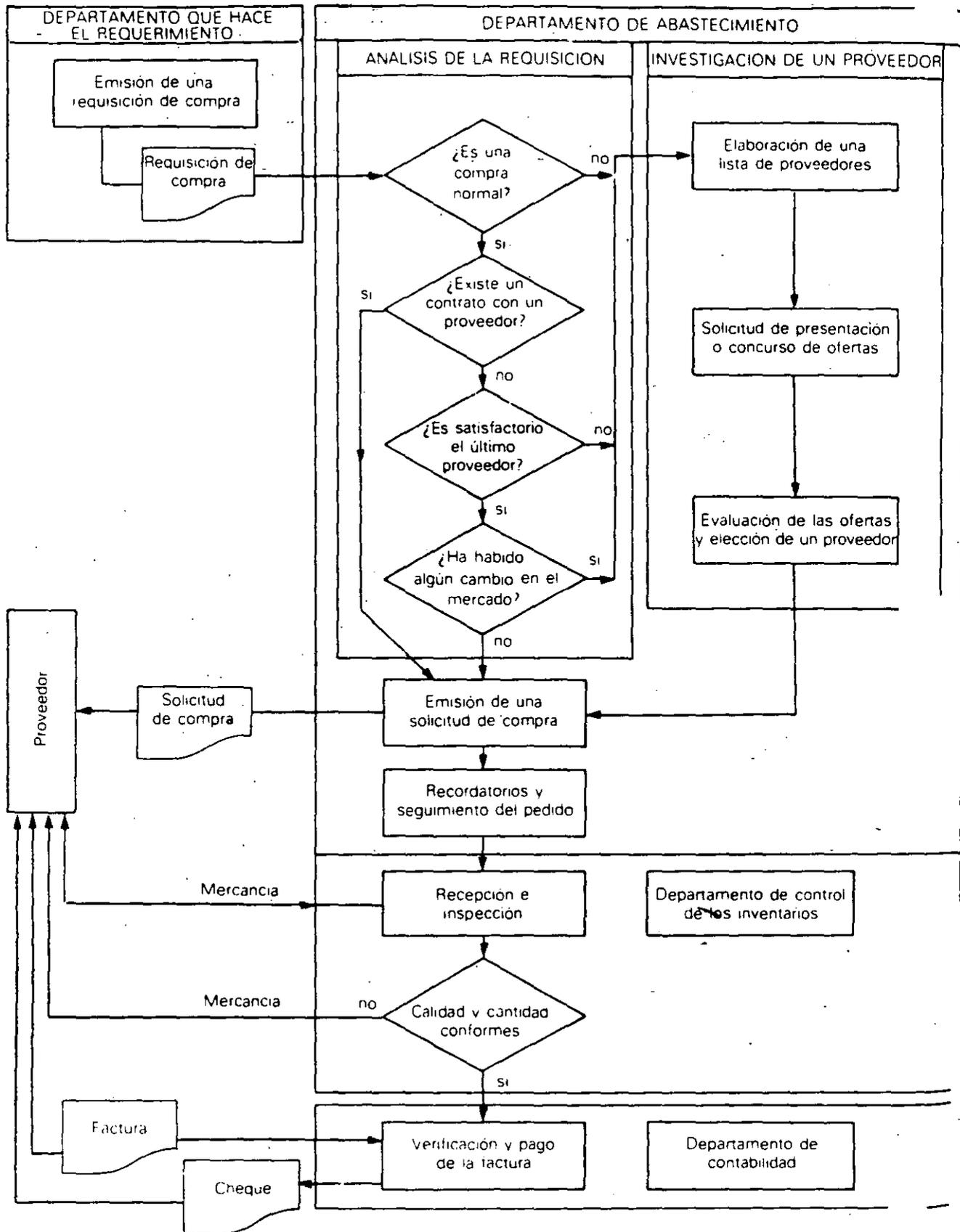


Fig. 14-2
Principales etapas de un ciclo de compra

utilización del material en las líneas de producción. Entre estas dos etapas, es necesario que el responsable de la compra siga el pedido de cerca y proceda a hacer recordatorios y solicitudes de información al proveedor, a fin de asegurarse de que el contenido del pedido sea entregado en la fecha prevista.

f) **Recepción e inspección de la mercancía.** En el momento de la recepción, la inspección se hace generalmente en dos etapas, que pueden denominarse *inspección general e inspección técnica*. La inspección general es realizada por un comisionado del departamento de recepción, el cual verifica el estado general de la mercancía. Posteriormente dicha mercancía se guarda en la zona de control, en espera de la inspección técnica por parte de los especialistas de la empresa.

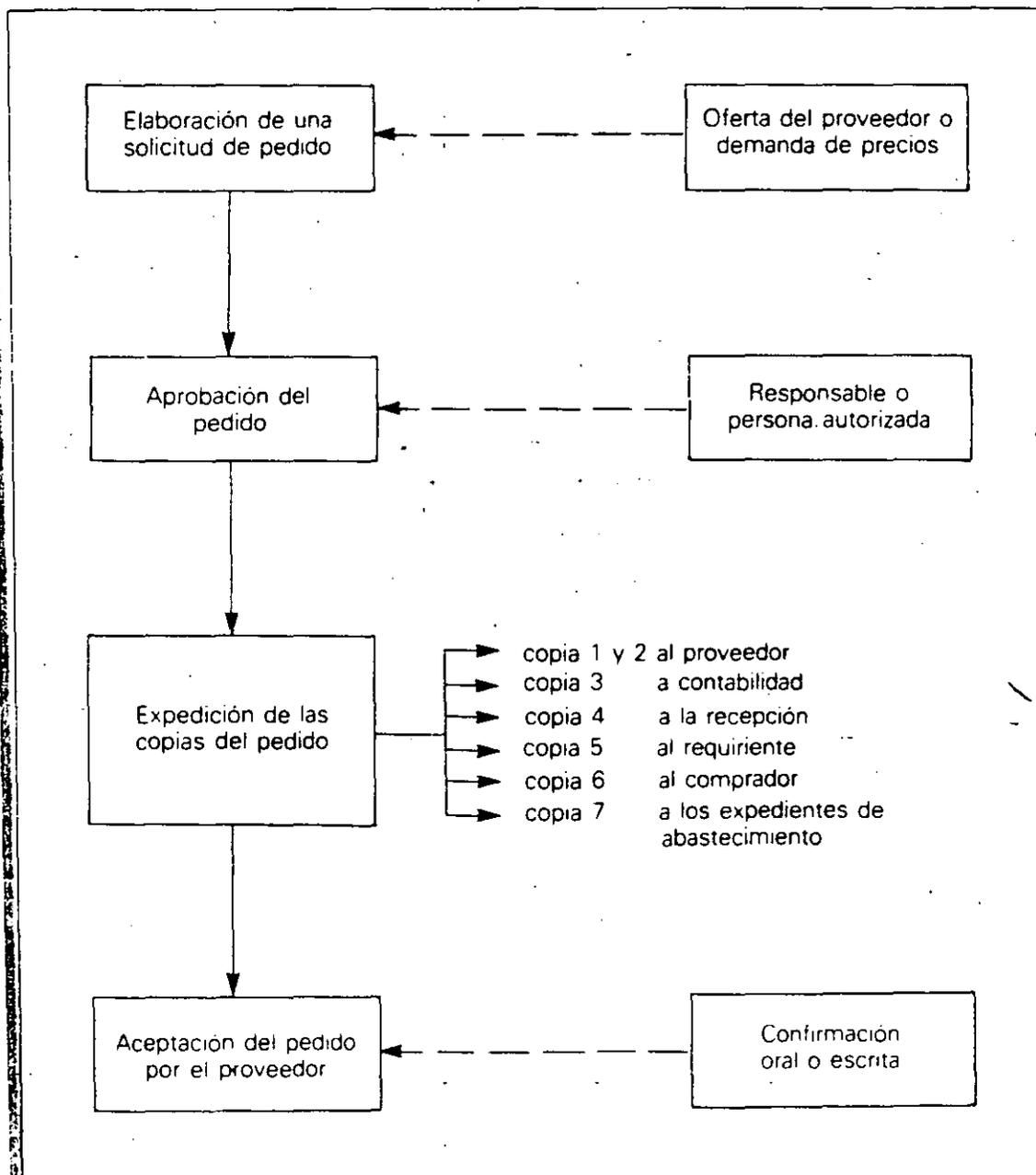


Fig. 14-3
Etapas de la elaboración y la emisión de un pedido

g) **Verificación y pago de la factura.** Si el informe de inspección es favorable para la aceptación de la mercancía, éste se envía al departamento de contabilidad para la autorización del pago.

Después de la verificación simultánea de la solicitud de compra, el informe de inspección y la factura, el departamento de contabilidad emite un cheque.

POLITICA DE COMPRA Y CODIGO DE PROCEDIMIENTOS

La política de compra y el código de procedimientos son herramientas de trabajo indispensables para la administración eficaz de las compras. Dichas políticas definen la responsabilidad y las actividades del departamento de abastecimiento. Para ser verdaderamente útiles, es necesario que estos documentos se difundan por los departamentos de la empresa. Desafortu-

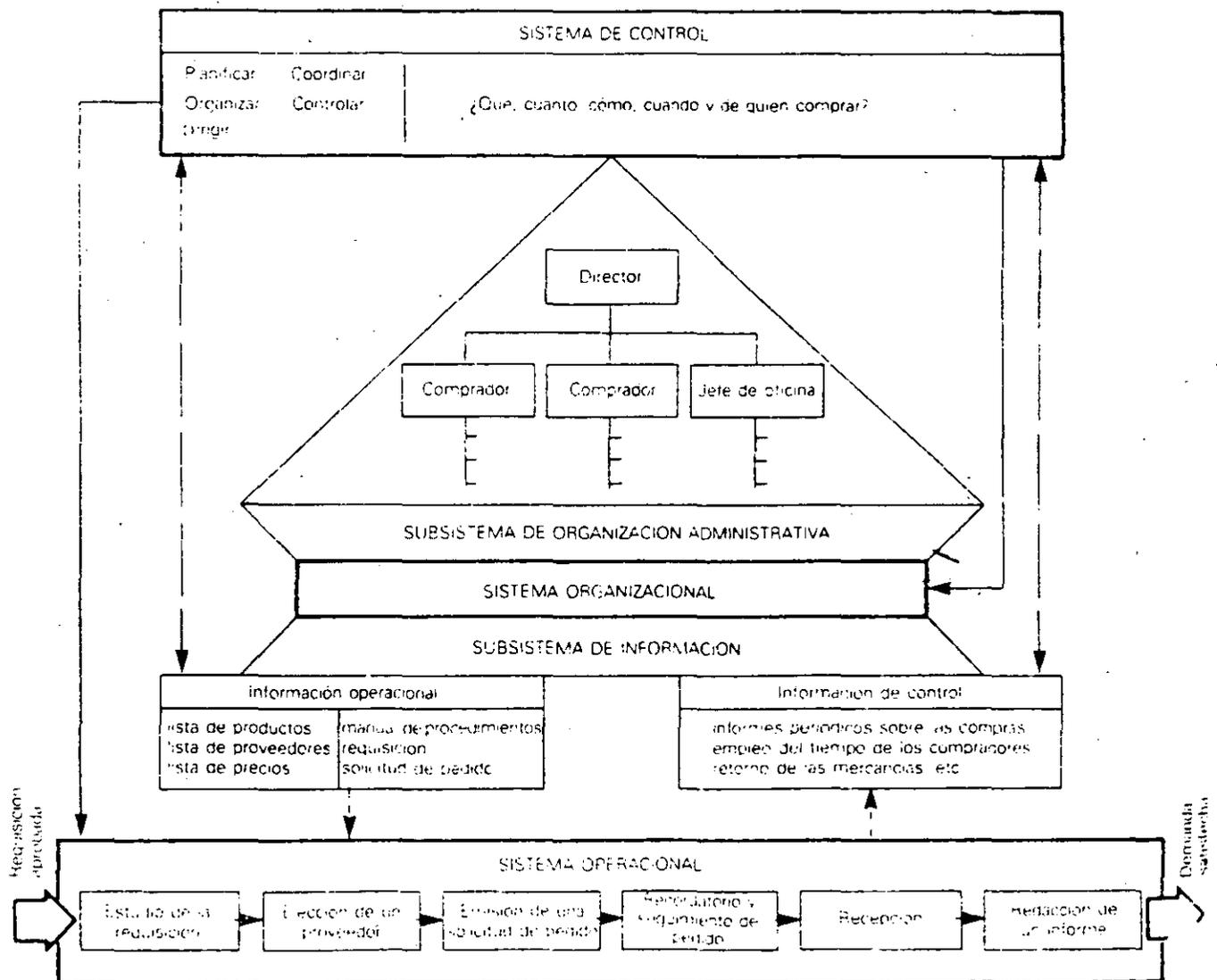


Fig. 14-4
Sistema de administración de un departamento de abastecimiento

nadamente, en muchas empresas éstas son cosas a las cuales se hace referencia "de memoria", sin que haya nada escrito.

LA POLITICA DE COMPRA

Este es un enunciado de los principios y reglas que definen la actitud de la empresa en materia de abastecimiento. Dicha política podría formularse de la siguiente manera:

- La responsabilidad de las compras se confía al departamento de abastecimiento, único autorizado para comprometer a la compañía con un proveedor.
- Dicho departamento tiene en cuenta todas las recomendaciones que le son hechas por quien formula la requisición.
- Este departamento debe recurrir sistemáticamente a la competencia entre los proveedores.
- Limita las compras a los proveedores que juzgue responsables, es decir, aquellos cuya reputación, situación financiera y estructura de precios sean lo suficientemente sólidas para considerarse una fuente adecuada de abastecimiento.
- Asegura que los proveedores respeten íntegramente las condiciones en las cuales se han comprometido.

EL CODIGO DE PROCEDIMIENTOS

Este es una guía que define las responsabilidades del departamento de abastecimiento y fija los métodos a los cuales debe recurrirse para las actividades de compra. El contenido del código de procedimientos se basa en los siguientes puntos:

- responsabilidad de las compras;
- autoridad y delegación de autoridad;
- procedimientos de compra: negociación oral, negociación escrita (demanda de precio o de sumisión), invitación a concurso de ofertas, convocatoria de ofertas públicas;
- elección de los proveedores;
- elección de las ofertas;
- estándares de calidad;
- comunicación de los proveedores.

SISTEMA DE ADMINISTRACION DEL ABASTECIMIENTO

En la figura 14-4 se muestran las componentes de este sistema de administración. En el capítulo 4 se definió el cometido de cada uno de los subsistemas (de control, de organización y de operaciones). Aplicaremos estas definiciones al sistema de administración del abastecimiento.

SISTEMA DE CONTROL

Este asegura la administración del sistema operacional de abastecimiento. Para hacerlo responde a las preguntas: ¿Qué?, ¿En qué cantidad?, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿De quién comprar? Los elementos de respuesta a estas preguntas se definen en la política de compras y en el manual de procedimientos. La figura 14-5 proporciona ciertos elementos de respuesta.

La acción del sistema de control no se limita a estos aspectos, sino que se extiende a toda la administración; es decir, a la resolución de los problemas, la planificación y el control de las actividades del abastecimiento, y a la dirección del personal de abastecimiento.

SISTEMA ORGANIZACIONAL

Este sistema comprende la organización administrativa y la información. Estos dos subsistemas, si están bien definidos y son respetados por todo el personal, permiten el funcionamiento armónico del departamento de abastecimiento.

a) Subsistema de organización administrativa. Este es el conjunto de estructuras administrativas que definen la finalidad, responsabilidad, autoridad, funciones y relaciones de los diferentes puestos administrativos dentro del departamento de abastecimiento. La descripción de tareas (fig. 14-6) y el organigrama administrativo (fig. 14-7) son herramientas que permiten establecer la organización administrativa.

¿Qué comprar?	¿Qué cantidad comprar?	¿Cómo comprar?	¿De quién comprar?	¿Cuándo comprar?
A partir de las necesidades se determina la lista de bienes y servicios necesarios para la producción, y se prevén sus especificaciones.	A partir del análisis de las necesidades se evalúa la cantidad económica por comprar, teniendo en cuenta las ofertas de descuento o de rebaja.	Según la importancia del valor monetario de las compras, se procede a: <ul style="list-style-type: none"> — investigación verbal, — investigación escrita — convocatoria de ofertas por invitación, — convocatoria pública de ofertas 	Además de las interpretaciones comerciales, otros criterios para la elección de los proveedores son: <ul style="list-style-type: none"> — precio/calidad, — capacidad técnica del proveedor, — garantía, — situación financiera, etc 	<ul style="list-style-type: none"> — Según un calendario de compras relacionado con las necesidades de la producción — Después de cada revisión de los inventarios disponibles.

Fig. 14-5
Elementos de respuesta a las preguntas relativas a las compras

Descripción de la tarea

Identificación

Título: Comprador de materiales Grupo: Administrativo y técnico
Departamento: Abastecimiento División: Compras
Fecha de publicación: Agosto 1977, Publicación precedente: Abril 1973
Nivel de responsabilidad: Exento
Director inmediato: Gerente de compras de materiales
Subordinados inmediatos: Ninguno

Responsabilidades

Dependiente del gerente de compras de materiales, es responsable de la compra de los materiales que le son asignados. Participa con el gerente en la formulación de los objetivos, políticas y programas que regulan las actividades de compra.

Vaio anual de las compras: más de \$ 3 000 000.

Detalles de las funciones:

1. Favorece las políticas y las prioridades de abastecimiento de materiales y de servicios, lo cual permite a la compañía obtener el máximo beneficio por cada dólar gastado.
2. Vigila que los proveedores entreguen las cantidades al precio, con la calidad y en el momento requeridos.
3. Negocia, supervisa y sigue los pedidos de mercancía.
4. Es responsable de la investigación de las fuentes de abastecimiento, de los ahorros posibles y de los nuevos productos.
5. Fomenta la cooperación entre los diferentes departamentos de la compañía y provee la participación necesaria para la reducción de los costos y el mejoramiento de los productos.
6. Coordina y asegura los vínculos entre los proveedores y los departamentos (aseguramiento de la calidad, investigación, fabricación, mercadotecnia) implicados en la modificación de las especificaciones.
7. Fomenta la creación de nuevas fuentes de abastecimiento.
8. Desarrolla informes favorables con los proveedores actuales y eventuales.
9. Negocia con los proveedores.
10. Vigila, sobre petición, el manejo y la eliminación de los materiales dañados, rechazados u obsoletos.
11. Se informa de las leyes y reglamentos que rigen la compra y la expedición de los materiales utilizados por la compañía.
12. Proporciona periódicamente a los diferentes responsables informes sobre las condiciones de mercado, las tendencias económicas y sus efectos sobre el abastecimiento de los materiales utilizados en la producción.
13. Sigue la evolución de la función de compras.
14. Asume toda tarea especial que su director le confie.
15. Toma la iniciativa en el mejoramiento del departamento de abastecimiento.
16. Participa en el establecimiento de los procedimientos de inventario.
17. Concentra a los diferentes comités cuyo objeto tiene alguna relación con el abastecimiento y sus dependientes.
18. Elabora informes para la alta administración.

Fig. 14-6

Descripción de tareas para un comprador.

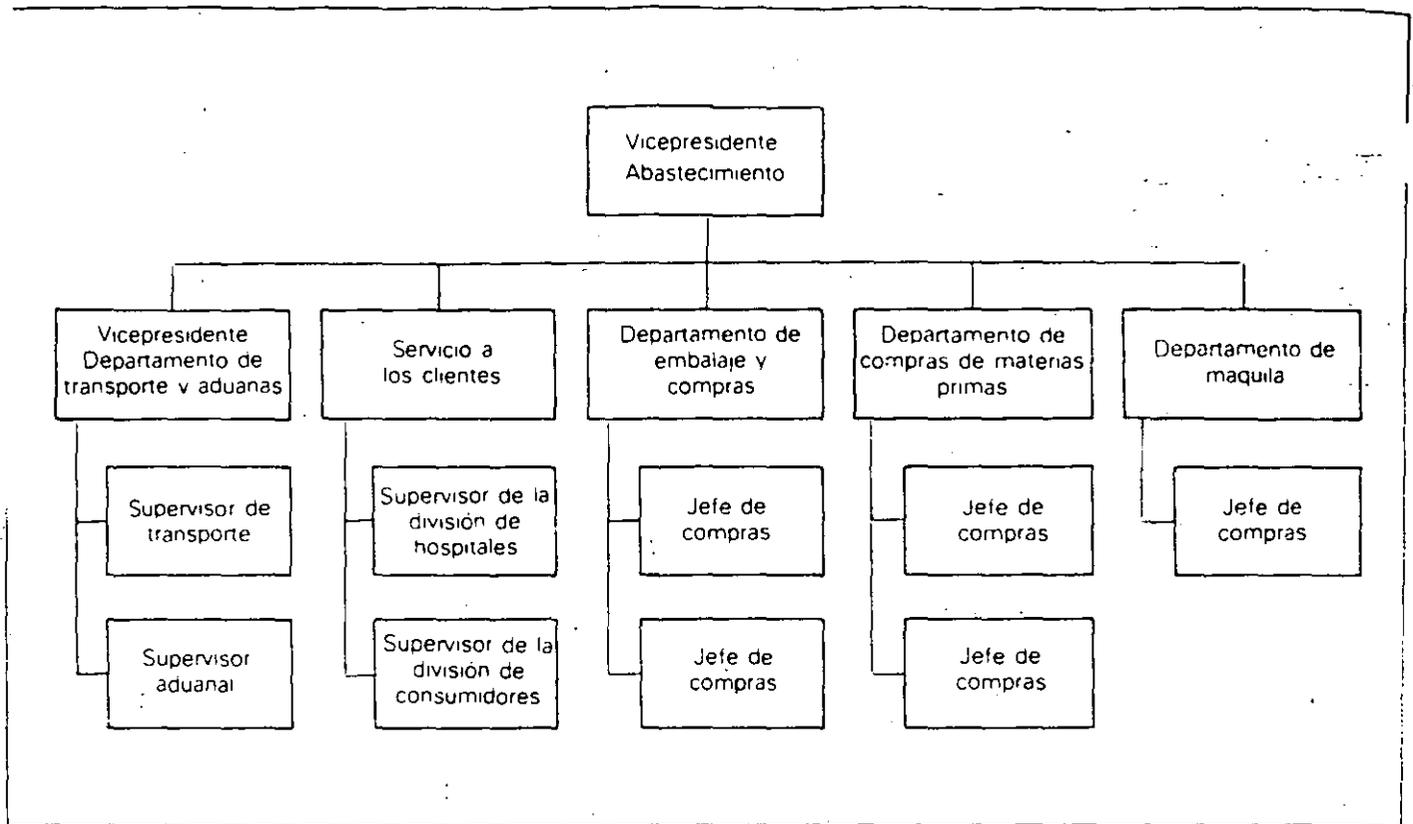


FIG. 14-7
Organigrama de un departamento de aprovisionamiento.

b) **Subsistema de información.** Este es el conjunto de informes y documentos necesarios para la administración del departamento de abastecimiento. En la figura 14-8 se muestra la información recibida y emitida por este departamento.

SISTEMA OPERACIONAL

Su función consiste en responder a las demandas de compra respetando siempre las condiciones establecidas por el sistema de control. El ciclo de compra que se expuso anteriormente resume las operaciones.

SISTEMA DE LOGISTICA

El término *logística* designa normalmente el conjunto de actividades relacionadas con el transporte, abastecimiento y alojamiento de tropas. Después de la última guerra mundial, varios términos y técnicas pertenecientes a las operaciones militares fueron adaptados a la administración de empresas, y la logística se identificó con las actividades de abastecimiento y distribución de productos. Es así que se habla de *logística industrial*, que es una parte importante de la administración de operaciones de una empresa.

Puede decirse que el rendimiento de una empresa va de la mano con la eficacia de su sistema logístico. Su integración a una empresa implica que identifiquen las diferentes actividades logísticas dentro de la empresa y se las reagrupen en una misma función. A menudo es muy difícil confiar todas

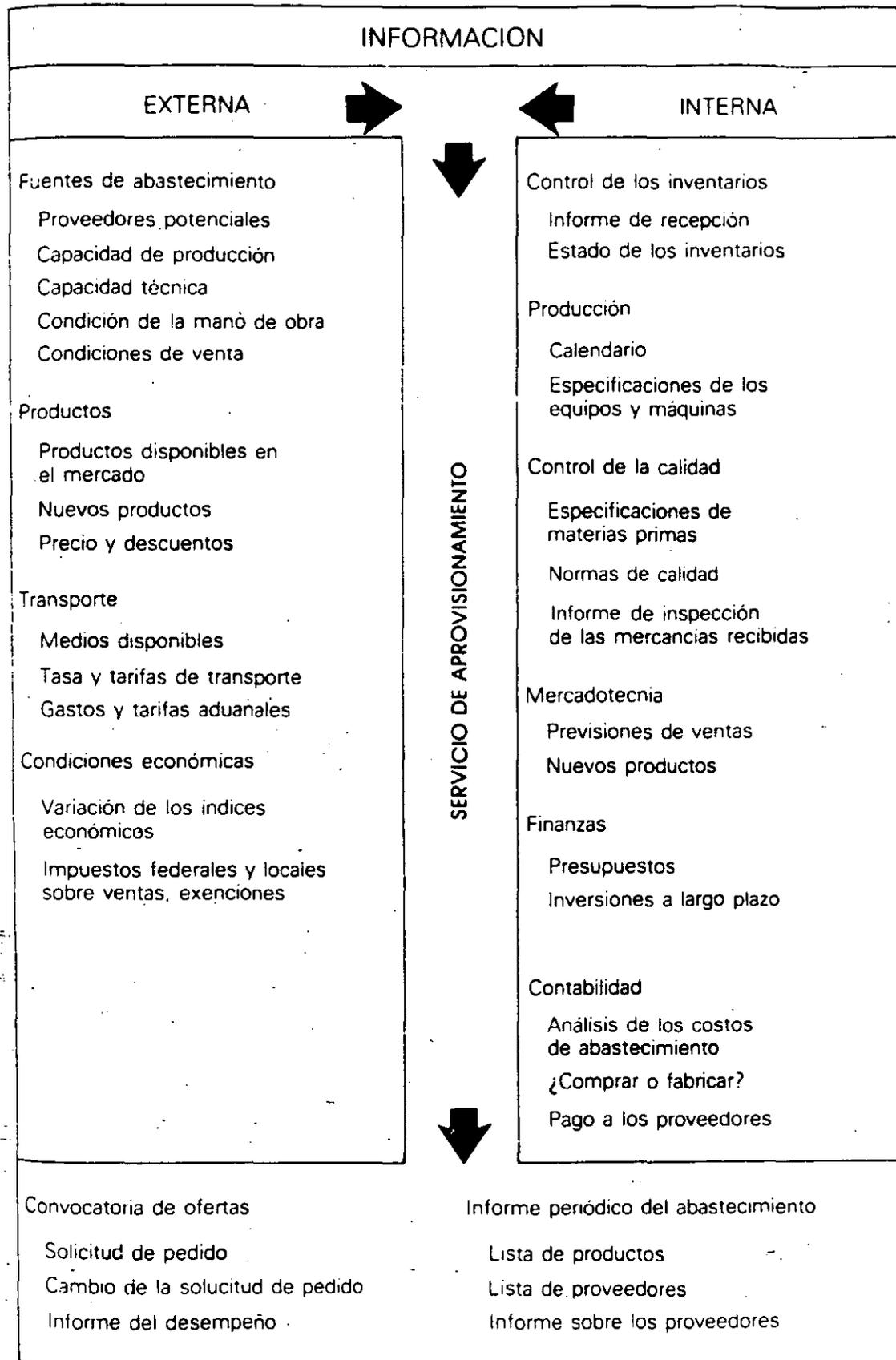


Fig. 14-8

Información recibida y emitida por el departamento de abastecimiento.

estas actividades a un solo responsable. Por este motivo generalmente es necesario implantar mecanismos de comunicación y de coordinación entre los responsables de estas actividades. Sin embargo, en las empresas de transporte, estas actividades se centralizan en un departamento de coordinación de operaciones a título de función principal. En las empresas industriales y comerciales, la logística se identifica con la distribución física, cuya responsabilidad se confía a uno de los tres siguientes departamentos: abastecimiento, producción o mercadotecnia.

DEFINICION Y COMPONENTES DE LA LOGISTICA INDUSTRIAL

La organización del desplazamiento y de la manutención de los materiales (materias primas y productos), ya sea en el interior o en el exterior de la empresa, es el objeto de estudio de la logística industrial. La función de esta última consiste en vigilar la eficacia de las redes de distribución y de abastecimiento, de los modos de manutención y transporte, de la localización de los departamentos y de la distribución física de los locales.

Los costos de manutención y de desplazamiento constituyen, en ciertos casos, más del 50% del precio de costo del producto. Estos costos varían de una empresa a otra según varios factores tales como tipo de producto, volumen, peso, cantidad, forma de transporte, distancia, coordinación de las operaciones, etc. Una empresa que desee tener ahorros debe por tanto organizar eficazmente las actividades de su sistema logístico.

Las actividades de un sistema logístico pueden dividirse en tres categorías:

- localización, distribución física, manutención, acondicionamiento y empaquetamiento;
- planificación de la producción y administración de los inventarios;
- distribución física (recepción, transporte y aduana, tratamiento de los pedidos).

Estas actividades son interdependientes. Un retardo al nivel de la entrega de las materias primas afectará el nivel de los inventarios, lo cual provocará tarde o temprano modificaciones en los planes de producción. A fin de comprender mejor el funcionamiento del sistema logístico, veamos la interdependencia de sus actividades.

Localización, distribución física, manutención, acondicionamiento y empaquetado

Los tres factores que afectan en forma fundamental el sistema logístico de una empresa son las fuentes de abastecimiento, la red de distribución, el costo y el modo de transporte.

El estudio de la *localización* en un sistema logístico tiene por objeto reducir el costo de transporte de las materias primas y de los productos terminados. La localización de la fábrica y de los almacenes debe analizarse teniendo en cuenta las redes de abastecimiento y de distribución, puesto que estos son

los vínculos de una empresa con sus fuentes de vida. También deben considerarse otros factores: alejamiento de la mano de obra, servicios públicos, ventajas fiscales, etc.

La *distribución física* de los locales, cuando ha sido mal concebida, puede repercutir en la eficacia del sistema de producción. El emplazamiento de las máquinas y los equipos respecto a los trabajadores y los materiales debe ser analizado de tal forma que se reduzcan los desplazamientos tanto dentro de la fábrica como dentro del almacén.

El estudio de la *mantención* de los materiales tiene como finalidad integrar los equipos de mantención para que dicha actividad se desempeñe en forma eficaz y económica. El estudio de la distribución física y el de la mantención deben hacerse en forma simultánea.

El *acondicionamiento* de los productos debe concebirse en forma tal que se facilite el empaque. Ambas cosas están en función de los aparatos de mantención y de los modos de transporte: el paquete o la caja deben tener forma, dimensiones y peso que no rebasen la capacidad de los aparatos y vehículos.

Por otra parte, el espacio ocupado por el producto depende del acondicionamiento: por ejemplo, el volumen de ocupación será más grande cuando el embalaje tenga forma cilíndrica en vez de cúbica. Ello tendrá como efecto un aumento en el costo del transporte.

Planificación de la producción y administración de los inventarios

Hemos reagrupado estas dos actividades debido a que, como se ha visto, es esencial conocer las previsiones, el nivel de servicio y el nivel de los inventarios para planificar la producción. El nivel del inventario de productos terminados está en función del nivel de servicio a los clientes: un nivel de servicio elevado exigirá un inventario elevado y, en consecuencia, un aumento en los costos de almacenamiento. Disminuir el nivel de servicio provoca la insatisfacción de la clientela y la pérdida eventual de los clientes. Se trata de encontrar el nivel de servicio que, teniendo en cuenta otros elementos, asegurará a la empresa el mejor rendimiento.

Por este motivo la planificación y el control de la producción deben asegurar, en la cantidad requerida y en el momento oportuno, la alimentación de la red de distribución, e informar al departamento de abastecimiento las necesidades de materiales con demoras mínimas. El almacenamiento también forma parte de la administración de los inventarios, y por ello debe tenerse en cuenta la magnitud y distribución física del almacén, la mantención y las condiciones de almacenamiento. Estos son los factores que influyen en la eficacia del sistema logístico.

Distribución física

Este es el punto medular de la logística. Se compone de las siguientes actividades:

a) **Recepción.** Antes de su almacenamiento, la mercancía se guarda a menudo en una zona de control en espera de la inspección y verificación. El procedimiento de inspección varía de una empresa a otra, según la cantidad de la mercancía y la importancia de la calidad. Si la eficacia de este procedimiento deja que desear, ello ocasionará retardos en la fabricación y en consecuencia una baja en el nivel de servicio.

b) **Transporte y aduana.** El transporte añade al producto los valores de tiempo y de lugar. La elección de las formas de transporte y el control de los costos de este último se cuentan entre las actividades de la logística.

Las decisiones concernientes a este dominio exigen el conocimiento de los modos de transporte, de su capacidad y de sus costos respectivos. Los ahorros que se obtendrán son importantes y justifican el tiempo consagrado al análisis de estas decisiones.

Por otra parte, el departamento de aduanas, en el caso de las exportaciones e importaciones, vigila los procedimientos aduanales para la recepción y expedición de las mercancías.

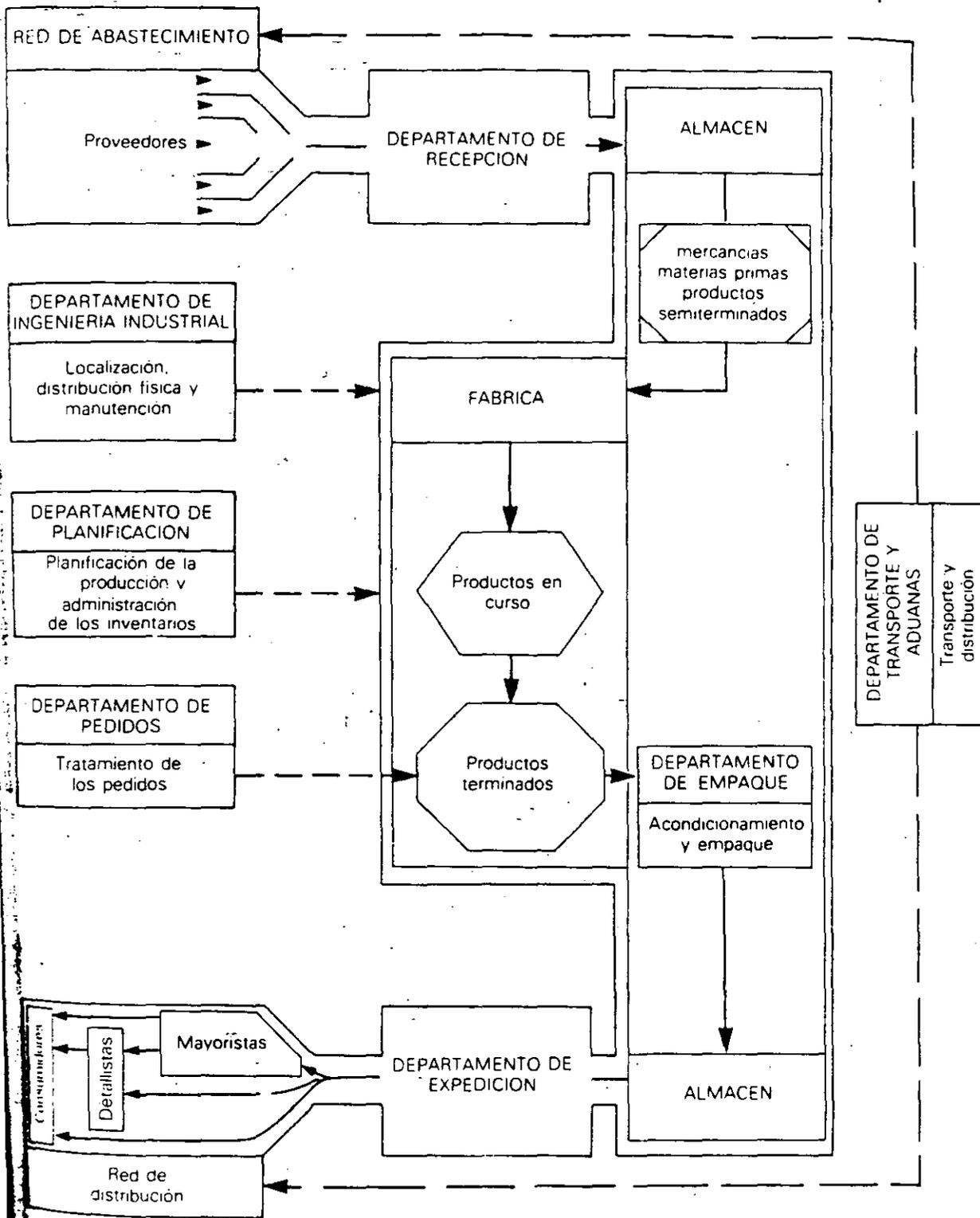
c) **Tratamiento de los pedidos.** La recepción del pedido del cliente, la verificación y aprobación del crédito, la preparación y expedición de la mercancía, la facturación, la transmisión de los acuses de recepción a la contabilidad y el registro de las quejas componen el ciclo del tratamiento de los pedidos. Es el departamento de pedidos el que asegura la coordinación de estas actividades y permite reducir las demoras de entrega. Por tanto, desempeña una importante función en el sistema de logística.

Las demoras de entrega dependen en parte de la eficacia de este departamento. Si se mejora el tratamiento de los pedidos se mejora también el servicio a los clientes.

INTERDEPENDENCIA DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL SISTEMA LOGISTICO

Se ha notado que estas actividades son interdependientes: si se efectúa un cambio en una actividad, deberán evaluarse sus consecuencias en las demás actividades. A menudo es difícil prever todas las consecuencias de un cambio y medir su importancia, debido a que el análisis de un sistema logístico es complejo. La figura 14-9 da una idea de esta interdependencia. En ella se ponen de relieve las relaciones entre las actividades, los departamentos y los productos.

En la figura 14-10 se muestran los efectos de ciertas decisiones en el costo de las diferentes actividades del sistema logístico. Cada casilla sombreada, sobre la diagonal, representa una decisión tomada al nivel de una actividad. Las casillas sobre la misma línea horizontal indican las consecuencias de esta decisión. Por ejemplo, el aumento de volumen de carga tendrá como consecuencias: la disminución del costo del transporte, la posibilidad de aumentar el espacio de almacenamiento (lo cual aumentará los costos de almacenamiento), una reducción del número de pedidos (lo cual ocasionará una disminu-



14-9

dependencia de las componentes de un sistema de logística industrial.

COSTOS DE ADMINISTRACION DE OPERACIONES

Fig. 14-10
Efectos de las acciones de los factores de producción

		ALMACENAMIENTO	TRATAMIENTO DE LOS PEDIDOS	ADMINISTRACION DE LOS INVENTARIOS	PLANIFICACION DE LA PRODUCCION	LOCALIZACION Y DISTRIBUCION FISICA DE LOS EQUIPOS Y LOS SERVICIOS. MANUTENCION	ACONDICIONAMIENTO Y EMPAQUE
	Aumentar el tamaño de las cargas	Aumentar el espacio de almacenamiento	Reducir el número de pedidos	Aumentar el nivel promedio de los inventarios	Aumentar los lotes por fabricar		
COSTO	-	+	-	+	-		
		Sistematizar el procedimiento de almacenamiento				Inflexibilidad de la localización de los servicios	Inflexibilidad del empaque
COSTO		-				+	+
		Aumentar las instalaciones de almacenamiento	Reducir el tiempo de tratamiento de los pedidos	Aumentar el nivel promedio de los inventarios		Colocar el almacén cerca del mercado	
COSTO		+	-	+		+	
	Disminuir la magnitud de las cargas	Reducir el espacio de almacenamiento	Aumentar el número de pedidos con demora	Reducir el nivel promedio de los inventarios	Disminuir las demoras de fabricación		
COSTO	+	-	+	-	+		
		Aumentar las instalaciones de almacenamiento		Aumentar el nivel promedio del inventario	Mantener una tasa constante de producción		
COSTO		+		+	-		
	Aumentar la distancia de transporte			Reducir el nivel promedio de los inventarios		Reducir el número de equipos inmóviles	
COSTO	+			-		-	
	Aumentar el costo de la carga					Aumentar los equipos de manutención	Embalaje concebido para aumentar la

nución del costo del tratamiento de los pedidos), un aumento del nivel promedio de los inventarios (lo cual generará gastos suplementarios de almacenamiento), un aumento de los lotes por fabricar (lo cual reducirá el costo de la planificación y del control de la producción).

RESUMEN

La administración del abastecimiento tiene como finalidad procurar a un sistema de producción los bienes y servicios necesarios para sus operaciones, en la cantidad y la calidad requeridas, al mejor precio, del mejor proveedor, y en el lugar y el momento oportunos. Por tanto, dicha administración debe conocer las necesidades de la empresa y organizar las actividades que permitan satisfacer estas necesidades. El ciclo de compra incluye las siguientes actividades: emisión y análisis de la requisición de compra, investigación y elección de un proveedor, emisión de una solicitud de pedido, recordatorios y seguimiento de los pedidos, recepción e inspección de la mercancía, verificación y pago de la factura.

La política de compras y el manual de procedimientos son herramientas que permiten la organización de las actividades de compra y la ejecución acorde con las normas.

La logística tiene como finalidad resolver los problemas de abastecimiento y de distribución. Sus actividades se dividen en tres categorías: localización, distribución física de las instalaciones, manutención, acondicionamiento y empaquetamiento; planificación de la producción y administración de los inventarios; tratamiento de los pedidos y distribución. La interdependencia de estas actividades invita a tener prudencia en el momento de tomar decisiones relacionadas con ellas.

Preguntas

1. ¿Cuál es la definición de una administración eficaz del abastecimiento?
2. ¿Cuáles son las principales etapas del ciclo de compra?
3. ¿Cuáles son el proceso y los criterios de la elección de un proveedor?
4. ¿Cuáles son la definición y el contenido del manual de procedimientos?
5. Describa el sistema de administración de un departamento de abastecimiento.
6. ¿Cuáles son las actividades de la logística industrial?
7. ¿En qué consiste la interdependencia de las actividades logísticas?

Ejercicios prácticos

1. Proponga un ciclo de compra (procedimiento interno) a una compañía de tamaño mediano que fabrique productos muy técnicos. Los diferentes departamentos de su estructura organizacional son los siguientes:

— Departamento de abastecimiento, comprador y secretario.

- Departamento de ingeniería: ingeniero en jefe, ingeniero y secretario.
- Departamento de producción: director de producción, superintendente de fábrica, comisionado del almacén, capataces y obreros.
- Departamento de contabilidad: contador, dos auxiliares contables, secretaria.

2. Cuatro tiendas de neumáticos (A, B, C, D) presentan cada cual una propuesta a una compañía de transportes que desea comprar 400 neumáticos para su flota de camiones ligeros. He aquí sus ofertas:

A) Garantía de duración	50 000 km
Precio	\$ 35.50 menos 10 %
B) Garantía de duración	40 000 km
Precio	\$ 32.00 menos 5 %
C) Garantía de duración	45 000 km
Precio	\$ 32.50 menos 8 %
C) Garantía de duración	40 000 km
Precio	\$ 34.00 (sin descuento)

- 1) Basándose en el criterio económico, ¿qué elección haría usted?
- 2) Calcule el ahorro total que se realizará como consecuencia de la elección que usted haga.
- 3) ¿Cuáles son, según usted, los demás criterios de selección que deben tenerse en cuenta?

Estudio de un caso práctico

La empresa "Filteck Ltée" transforma fibras sintéticas que se usan en la fabricación de productos de mercería y de decoración comercial.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL (parcial)

Los departamentos de investigación y desarrollo, de abastecimiento y de fabricación informan directamente al director de la fábrica. El departamento de control de calidad informa al director de fabricación (fig. 14-11).

- El departamento de investigación y desarrollo está compuesto por tres técnicos que trabajan bajo la dirección de un químico. Este departamento tiene la responsabilidad de desarrollar nuevos productos y de modificar los productos existentes en función de las nuevas tecnologías. También debe emitir las especificaciones para las materias primas, para el procedimiento de fabricación y para el producto terminado.
- El departamento de abastecimiento está formado por un director, asistido por un comprador. Este departamento tiene la responsabilidad de comprar las materias primas necesarias para la fabricación del producto y la cantidad prescrita en las especificaciones. Debe, en la medida de lo posible, diversificar sus fuentes de abastecimiento y comprar al mejor precio.

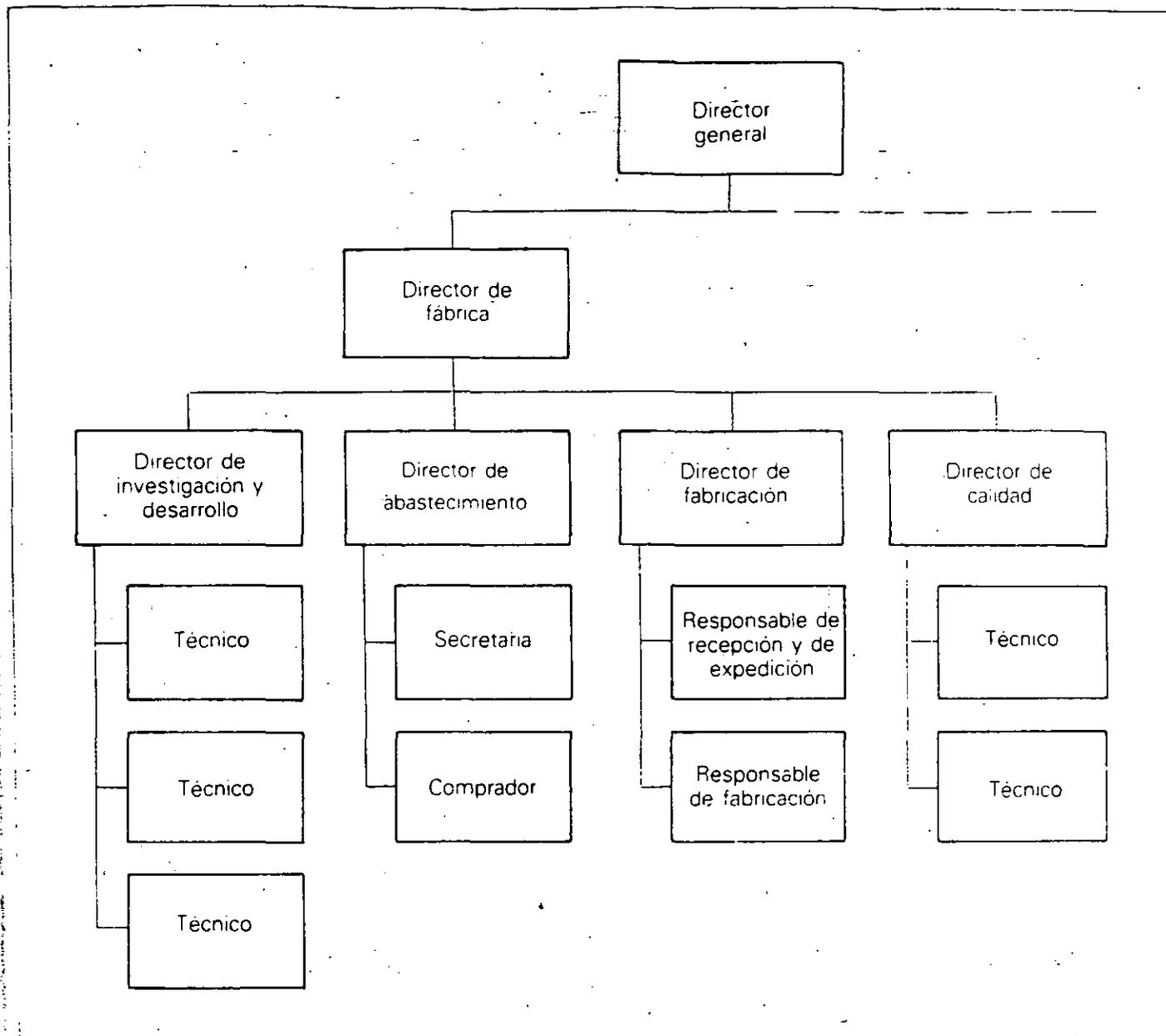


Fig. 14-11
Organigrama administrativo parcial de la compañía "Filteck Ltée".

- El departamento de fabricación está compuesto por un director, al cual informan dos responsables, el primero de la fabricación del producto, el segundo de su recepción y expedición. El departamento de fabricación tiene la responsabilidad de manufacturar un producto conforme las normas de calidad definidas por el departamento de investigación y desarrollo. Debe planear la fabricación en forma tal que el producto esté disponible sin que se acumulen inventarios de materias primas y de productos terminados demasiado cuantiosos. En este departamento trabajan aproximadamente 50 empleados.
- El departamento de control de la calidad está constituido por un ingeniero y dos técnicos que se encargan del control de las materias primas y del producto terminado. Este departamento tiene como responsabilidad garantizar que el producto terminado satisfaga las especificaciones.

CURSO DE LAS ESPECIFICACIONES

Las especificaciones que describen las normas y tolerancias para las materias primas y para los productos terminados, así como las características de los procedimientos, son emitidas por el departamento de investigación y desarrollo, después de ser aprobadas por el químico.

Las especificaciones se distribuyen como sigue:

materias primas:	departamento de abastecimiento, departamento de control de calidad;
productos terminados y procedimientos:	departamento de fabricación, departamento de control de calidad.

CURSO DE LAS REQUISICIONES DE COMPRA

La requisición es emitida por el departamento de fabricación, y posteriormente se gira al departamento de abastecimiento. La solicitud de pedido es entonces emitida por el comprador, con referencia al número de especificación de materia prima. Se envía una copia al responsable de la recepción de las materias primas.

LA SITUACION

Un técnico de control de calidad retiene casi todo el hilo producido en una jornada, debido a que la tensión mínima del hilo no cumple con la especificación del producto terminado.

El ingeniero de control de calidad informa de ello inmediatamente al jefe del departamento de fabricación, quien pregunta: "¿Cómo es posible? ¿No verificaron la fibra cuando llegó?" El ingeniero responde: "La fibra fue verificada, y en todos sus aspectos satisfizo la especificación, pero no es nuestro proveedor habitual."

El jefe del departamento y el ingeniero deciden informar el problema al director de fabricación, quien hace venir al jefe del departamento de abastecimiento y le dice: "Tenemos un serio problema de calidad; nuestras operaciones se encuentran paralizadas, toda la producción del día de hoy ha sido rechazada a causa de la baja resistencia del hilo, y me han informado que las fibras utilizadas provenían de un nuevo proveedor."

El jefe del departamento de abastecimiento replica: "Yo compré las fibras siguiendo la especificación de la materia prima; el proveedor me aseguró que podía fabricar esta fibra para nosotros a un mejor precio que nuestro proveedor habitual. ¿Cumplen las fibras con nuestra especificación?" El director de fabricación responde: "Sí, pero el producto terminado no es aceptable por parte de nuestro cliente."

El ingeniero del departamento de calidad propone hacer una reevaluación de todas las fibras no utilizadas y solicitar la asistencia del departamento de investigación y desarrollo. La reevaluación confirmó que las fibras satisfacen la especificación de la materia prima. Se convoca entonces al químico del departamento de investigación y desarrollo.

El director de fabricación no ha terminado de exponer el problema cuando el químico se pone de pie y dice: "Las fibras de este proveedor ya han sido evaluadas por mi departamento y han sido juzgadas inaceptables para este tipo

de hilo; vea usted mismo este informe (fig. 14-12) que data de hace ya un año." El informe gráfico indica claramente que, para una calidad aparentemente idéntica, las fibras de los dos proveedores no permitían obtener la misma calidad de hilo.

El jefe del departamento de abastecimiento añade: "Debido a todos los secretos con que usted rodea sus procedimientos de fabricación, no estamos ni siquiera al corriente de la utilización específica de las fibras que usted nos pide comprar. Si hubiera sabido que era para ese producto, nunca hubiera comprado el material a este proveedor."

El director de la fábrica, informado de la situación y de las pérdidas que deberá sufrir la empresa en vista de que no es posible reclamación alguna al

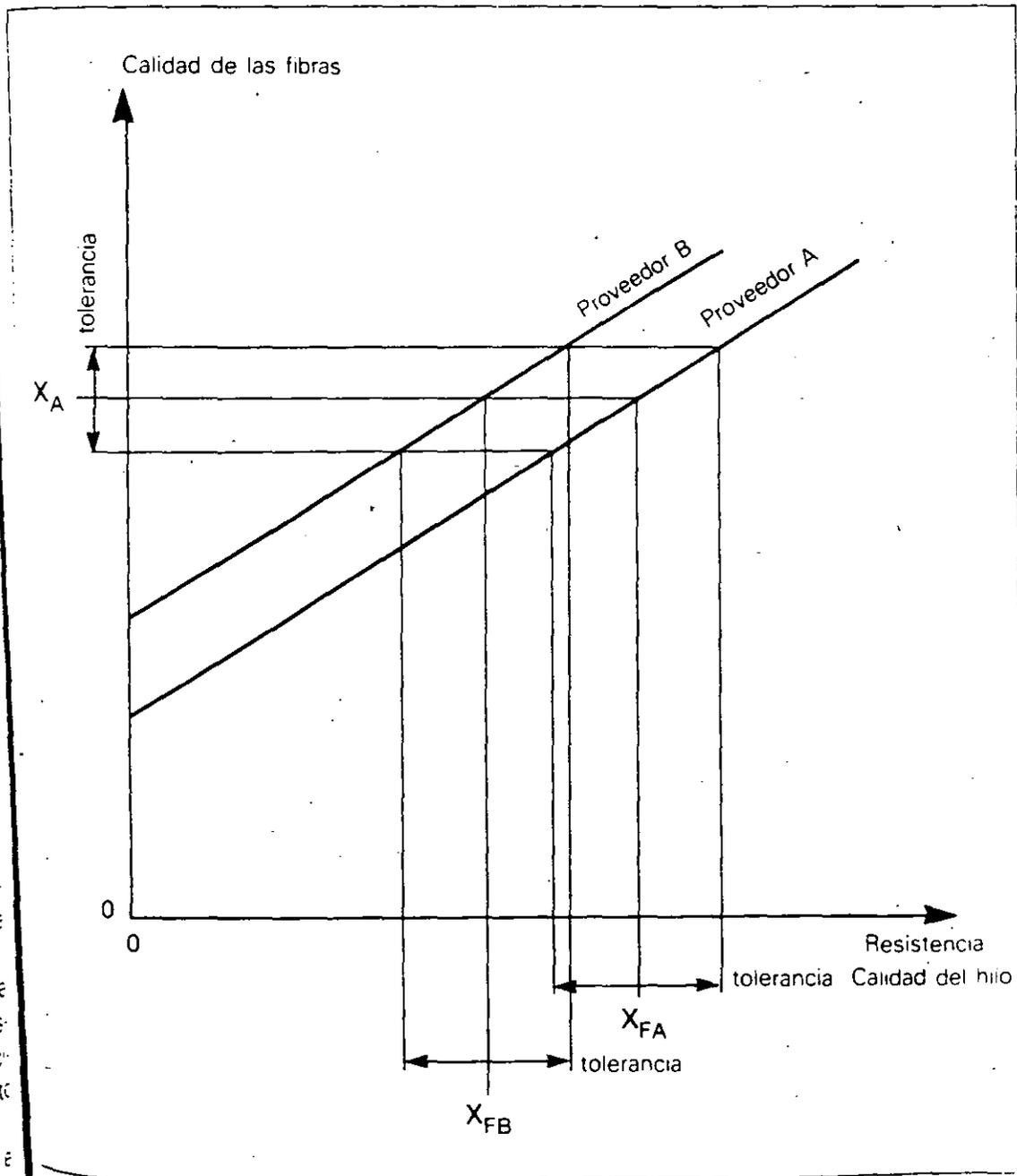


Fig. 14-12 Componentes de un sistema de logística industrial

proveedor, solicita al jefe del departamento de abastecimiento que establezca un sistema que elimine este tipo de errores.

Suponga que usted es el jefe del departamento de abastecimiento. Con ayuda del enfoque sistemático, elabore un sistema de verificación del abastecimiento para todo nuevo proveedor.

BIBLIOGRAFIA

1. Ammer, D.S. *Materials Management*, Homewood, Irwin, 3^o é., 1974.
2. England, W.B., *Modern Procurement Management*, Homewood, Irwin, 1970.
3. England, W.B. et M.R. Lenders. *Purchasing and Materials Management*, Homewood, Irwin, 6^o éd., 1975.
4. Hewitz, S., *L'approvisionnement dans l'entreprise*, Paris, Éditions de l'entreprise moderne, 1959.
5. Jardin, J., *Techniques de l'achat industriel*, Paris, Éditions Hommes et Techniques, 1974.
6. Lamar, L. et W.D. Dobler, *Purchasing and Materials Management Text and Cases*, New York, McGraw-Hill, 2^o éd., 1971.
7. Muller, P.M., *Organisation des approvisionnements dans l'industrie*, Paris, Éditions d'organisation, 1971.

Artículos

8. Ammer, D.S., « La direction des matières et produits organisée en centre de profits », Montréal, *Acheteurs*, décembre 1970.
9. Chriqui, Claude, « La distribution physique: nouveau champ d'expertise en management », Montréal, *Gestion*, novembre 1977.
10. Gros, P., « L'organisation de l'approvisionnement », Montréal, *Acheteurs*, octobre 1966.
11. Laporte, G. et Y. Nohet, « Distribution à partir d'un entrepôt central: le logiciel CIRCUITS », Montréal, *Gestion*, novembre 1978.

Administración del mantenimiento y la seguridad en el trabajo

OBJETIVOS

Después de haber estudiado este capítulo, el lector deberá ser capaz de:

- definir la función y las actividades de un departamento de mantenimiento;
- describir las etapas de la programación de los trabajos de mantenimiento;
- reconocer los elementos del costo del mantenimiento;
- interpretar las razones de eficacia;
- definir la función y las actividades de un departamento de seguridad;
- enumerar las medidas preventivas y correctivas de un departamento de seguridad;

TERMINOLOGIA

costo de reemplazo	medida preventiva
depreciación	razón de costos
mantenimiento correctivo	razón de eficacia
mantenimiento preventivo	razón de ejecución
mantenimiento	seguridad en el trabajo *
medida correctiva	

* Sinónimo de este término es el de seguridad industrial. (N. del T.)

INTRODUCCION

Toda empresa posee recursos humanos y materiales los cuales debe proteger y mantener en estado funcional. Es por ello que el mantenimiento seguridad en el trabajo son actividades importantes para la producción.

La mayoría de las empresas de gran tamaño establecen diferencias entre el mantenimiento de los recursos materiales y la seguridad del personal en el trabajo, y confían la responsabilidad de tales actividades a dos departamentos distintos. Las empresas pequeñas y medianas descuidan en diversos grados la seguridad en el trabajo. Sin embargo, una nueva ley permite a los trabajadores rehusar, en ciertas condiciones, un trabajo que se juzgue perjudicial para la salud. La importancia y la seguridad del elemento humano en el medio de trabajo conciernen por tanto al legislador, y la empresa debe apegarse a la nueva reglamentación. Ciertos establecimientos industriales tienen una responsabilidad directa en la seguridad en el trabajo.

No obstante, en lo que concierne a los recursos materiales, el empresario no necesita de leyes para mantenerlos, a menos que no tenga conciencia de su valor económico y técnico. Cuando se considera el costo de la detención de la producción, los montos invertidos en maquinaria y equipo y el costo de su reemplazo, se aprecia la importancia de un departamento de mantenimiento.

El funcionamiento de este departamento afecta las actividades de producción, la seguridad y la productividad de los empleados. Estudiaremos primeramente la administración del mantenimiento, y después analizaremos las actividades de un departamento de seguridad laboral.

EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

La función del departamento de mantenimiento es asegurar la regularidad de la ejecución de los recursos materiales y que su mantenimiento origine un estado propicio para la producción. De ello puede concluirse que la eficacia del sistema de producción está ligada con la del departamento de mantenimiento.

Las actividades de este departamento pueden dividirse en cuatro categorías: trabajos de mantenimiento; estimación y programación de estos trabajos; evaluación de los costos; control y medición de la eficacia del departamento.

TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

El análisis de los trabajos de mantenimiento nos lleva a distinguir dos grupos: los trabajos de rutina y los trabajos intermitentes. Los primeros se ejecutan antes de que sobrevenga una descompostura, a fin de evitar así los costos de reparación y la detención de la producción. Los segundos comprenden:

- las reparaciones consecutivas a una descompostura o una producción defectuosa,
- las modificaciones e instalaciones necesarias para los mejoramientos en los costos o la renovación del equipo.

Trabajos de rutina

El mantenimiento (engrasado, lubricación, conserjería, limpieza) y la inspección constituyen el *mantenimiento preventivo*. Este tipo de mantenimiento se ejecuta a intervalos regulares, o después de que se ha alcanzado cierta tasa de utilización o uso.

Para planificar los trabajos de mantenimiento preventivo, es necesario conocer la importancia y la naturaleza de estos trabajos, y determinar la periodicidad de las intervenciones.

Trabajos intermitentes

Estos son principalmente los trabajos de reparación y los trabajos de instalación y modificación.

a) La reparación consiste en devolver a su estado normal un equipo o una máquina que ya no tienen el funcionamiento deseado o que se han vuelto inutilizables por el uso o por una avería. Cuando las reparaciones tienen como finalidad restablecer el funcionamiento por un tiempo limitado, se las califica como actividades de reparación. Estos trabajos pertenecen al *mantenimiento correctivo*. En este tipo de mantenimiento se ignoran el estado anterior del objeto por reparar y el detalle de la reparación por ejecutar, lo cual hace difícil la planeación.

b) Los trabajos de instalación y de modificación son de un carácter particular en cuanto a la realización, pero son previsibles y se ejecutan conforme un calendario.

PROGRAMACION DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

La programación de los trabajos de rutina presenta menos dificultades que la de los trabajos intermitentes. Los problemas de la programación son:

- diversidad de los trabajos de mantenimiento;
- dificultades de prever la naturaleza y el momento de los trabajos;
- dispersión del personal que ha de intervenir en estos trabajos;
- dificultad de distribuir el personal de mantenimiento.

Para superar estas dificultades, es esencial un estudio a fondo de los trabajos de mantenimiento y la elaboración de un programa apropiado. En seguida se presentan las etapas de la programación de los trabajos de mantenimiento (fig. 17-1):

a) **Análisis de los trabajos.** Esta etapa es anterior a la elaboración del calendario de mantenimiento. El análisis de la historia de los trabajos, de las especificaciones técnicas y de los consejos del fabricante permitirá:

- establecer las normas de mantenimiento (inspección, naturaleza y frecuencia de los trabajos);
- hacer el inventario de los trabajos de mantenimiento preventivo para cada equipo

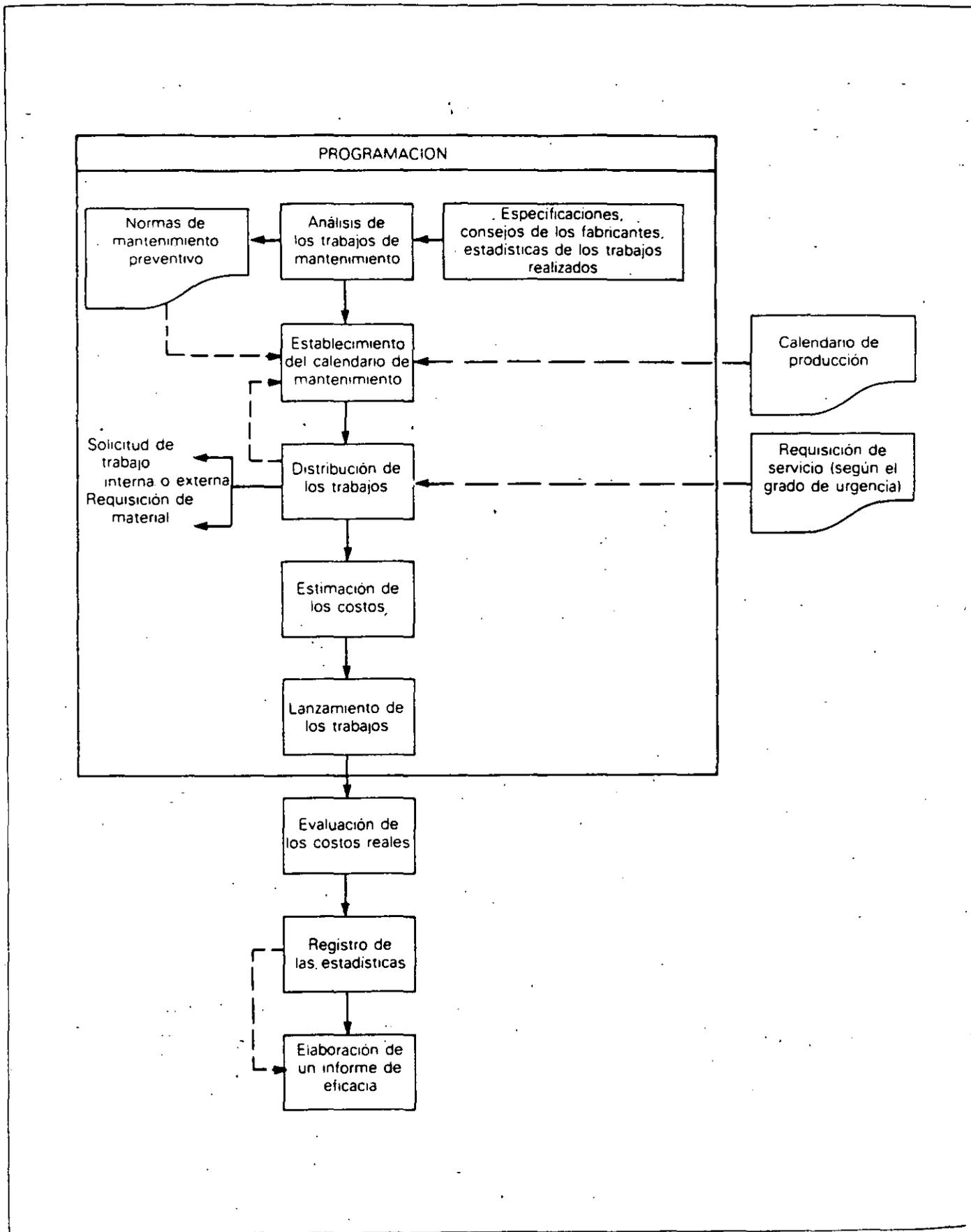


Fig. 17-1
Actividades del departamento de mantenimiento.

b) **Establecimiento de un calendario.** A partir de las normas de mantenimiento preventivo, se elabora un programa de acción en el que se precisen la calidad y la frecuencia de las intervenciones del departamento de mantenimiento. Este programa contiene un calendario que toma a menudo la forma de una gráfica de Gantt. Para los trabajos de gran envergadura se utilizan las técnicas CPM ó PERT.

c) **Distribución de los trabajos.** No puede suponerse que los trabajos correctivos no serán nunca necesarios después del mantenimiento preventivo. Las causas de los trabajos correctivos son diversas, y debe elaborarse un proce-

77072										SOLICITUD DE TRABAJO																							
SEC		CC		No. ENT		No DE CUENTA				EQUIPO				RECIBIDO		REQUERIDO		HORA															
																		A M P M															
DEMANDANTE					PLANIFICADO					PRIORIDAD					HRAS EST					CODIGO DE OFICIOS													
					SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>															1 <input type="checkbox"/> MEC		2 <input type="checkbox"/> PLOM.		3 <input type="checkbox"/> ELEC.		4 <input type="checkbox"/> MAQ.		5 <input type="checkbox"/> PINTURA		6 <input type="checkbox"/> MEN.		7 <input type="checkbox"/> OTROS	
CODIGO DE TRABAJO										DESCRIPCION DE TRABAJO																							
1 <input type="checkbox"/> DES	2 <input type="checkbox"/> E.P.	3 <input type="checkbox"/> REGL.	4 <input type="checkbox"/> SERV.	5 <input type="checkbox"/> PROY.	6 <input type="checkbox"/> GEN.	7 <input type="checkbox"/> C.O.	8 <input type="checkbox"/> PIEZAS	9 <input type="checkbox"/> IND.	0 <input type="checkbox"/> No CL.																								
DIAS		LUN	MAR	MIER	JUE	VIER	SAB	DOM	TOTAL																								
HORAS NOMALES																																	
HORAS SUPLEMEN																																	
EMPLEADO No		TRABAJO TERMINADO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																															
TASA		EQUIPO: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>																															

EMPL. No	EQUIPO	TASA	DEP.	CODIGO	FECHA	NOMBRE DEL EMPLEADO														
SOLICITUD DE TRABAJO	DEP.	No. DE MANTENIMIENTO	No. DE CUENTA	COD DE TRAB	HORAS REG	HORAS SUPL	DESCRIPCION DEL TRABAJO													
APROBADA POR					TOTAL					CODIGO DE OFICIO <input type="checkbox"/>										

Fig. 17-2

dimiento que permita su ejecución con las demoras más pequeñas. Ciertas empresas utilizan requisiciones de servicios de diferentes colores para indicar el grado de urgencia de los trabajos correctivos (fig. 17-2).

Así, en esta etapa debe distribuirse el personal del departamento de mantenimiento y efectuarse los trabajos requeridos. Es obvio que este departamento debe algunas veces recurrir a expertos externos, lo cual le impondrá detalles particulares. En seguida se elaboran simultáneamente la solicitud de trabajo, las requisiciones de material y la estimación de los costos.

d) Estimación de los costos. En ocasiones es difícil hacer esta estimación, sobre todo para el mantenimiento correctivo. El estimador evalúa el tiempo y el material necesarios para los trabajos, y esta estimación debe comprender los costos de mano de obra y material y los costos indirectos. Más tarde estudiaremos los elementos de cada costo.

e) Lanzamiento de los trabajos. Después de la solicitud de trabajo y la requisición de material y herramienta, se procede a los preparativos a fin de que todo esté listo para el inicio de los trabajos.

EVALUACION DE LOS COSTOS

El análisis de los costos realizado en el departamento de mantenimiento no se limita a la evaluación de los trabajos ejecutados, sino que se extiende a los costos de reemplazo de los equipos usados u obsoletos.

Los costos del mantenimiento pueden dividirse en dos grandes categorías: costos directos y costos indirectos (fig. 17-3). La compilación de los costos reales se efectúa después de la ejecución de los trabajos. De esta forma, se conoce con precisión el número de horas de trabajo y la cantidad de material utilizado. Esta evaluación es necesaria para el control presupuestal, para el cálculo del precio de costo y para la medición de la eficacia del departamento de mantenimiento.

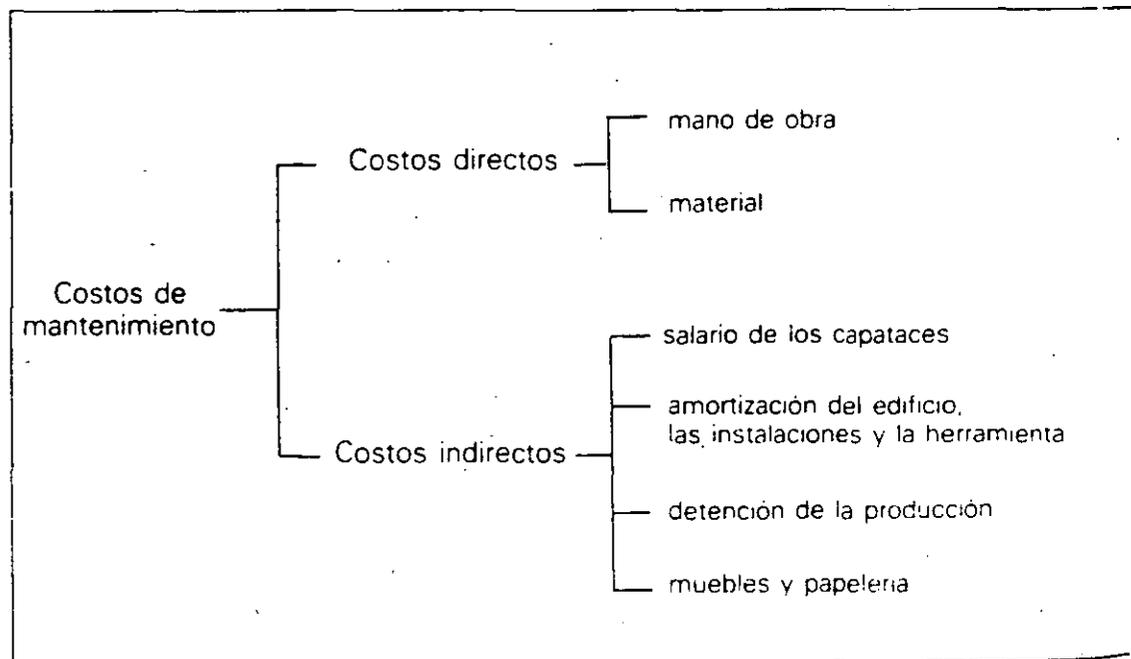


Fig. 17-3
Costos de los trabajos de mantenimiento.

El costo de reemplazo debe corresponder al ahorro obtenido después del reemplazo de un activo inmobiliario. La decisión de reemplazar una máquina por otra debe estar precedida de una comparación de su costo de funcionamiento respectivo, y debe considerarse si habrá un aumento del ingreso.

Tomemos un ejemplo. Una compañía posee desde hace cinco años la máquina A, por la cual ha pagado \$25 000. El tiempo de vida de dicha máquina es de 10 años y la depreciación anual de \$ 2 000. Se ha pensado en reemplazarla por la máquina B, cuyo precio es de \$ 30 000. El tiempo de vida de esta otra máquina es de 10 años y la depreciación anual de \$ 2 700. La máquina B tiene ciertas ventajas por su tasa de producción y la calidad de sus productos. En la tabla de la figura 17-4 se muestra la estimación de los ingresos y de los costos de funcionamiento para estas dos máquinas. ¿Deberá la compañía reemplazar la máquina A?

Solución: A partir de los datos de la figura 17-4 es posible comparar los aumentos del ingreso y de los costos de funcionamiento. En la tabla de la figura 17-5 se da el resultado de estos cálculos. La suma de la columna de los resultados es positiva; por tanto es preferible reemplazar la máquina A por la máquina B.¹

Normalmente, los costos de funcionamiento de una máquina aumentan en función de la tasa de utilización. Este aumento es a menudo consecuencia de los costos de mantenimiento y la obsolescencia de la máquina. El problema consiste en encontrar el momento de reemplazo más económico. Con base solamente en el criterio económico, puede decirse que el reemplazo debe hacerse cuando el costo total anual (costo medio de mantenimiento y de depreciación) se hace igual o inferior al costo anual de mantenimiento. Tomemos otro ejemplo. La estimación de los costos anuales de mantenimiento de una máquina aparece en la tabla de la figura 17-6. El precio de esta máquina es de \$ 2 500, y su valor de rescate es nulo. ¿Cuál será el periodo económico de reemplazo?

1. Para estos cálculos no se considera el cambio en el valor del dinero a través del tiempo, puesto que \$ 100 gastados dentro de 10 años no son equivalentes a \$ 100 gastados el día de hoy. Por tanto, debe tenerse en cuenta el efecto de la tasa de interés. Este aspecto rebasa el alcance de nuestro texto.

DESCRIPCION	MAQUINAS	
	A	B
Ingreso anual	\$ 20 000	\$ 25 000
Costos de funcionamiento		
— mano de obra directa	\$ 12 000	\$ 13 000
— mano de obra indirecta	\$ 500	\$ 200
— mantenimiento	\$ 1 200	\$ 800
— unidades defectuosas	\$ 250	\$ 100
— depreciación	\$ 2 000	\$ 2 700

Fig. 17-4
Ingresos y costos de funcionamiento de las máquinas A y B.

DESCRIPCION	AUMENTO	DISMINUCION	RESULTADO
Efecto del reemplazo sobre el ingreso	\$ 5 000		\$ + 5 00
Efecto del reemplazo sobre los costos de funcionamiento			
— mano de obra directa	\$ 1 000		- 1 000
— mano de obra indirecta		\$ 300	+ 300
— mantenimiento		\$ 400	+ 400
— herramienta		\$ 150	+ 150
— unidades defectuosas			
— depreciación	\$ 700		- 700
— energía			0
— impuestos y seguros			0
— otros gastos			0
			\$ + 4 150

Fig. 17-5

Comparación de los aumentos en ingresos y costos.

Solución: En la tabla de la figura 17-7 se muestran las etapas del cálculo. El periodo económico de reemplazo se sitúa al final del sexto año, debido a que para el séptimo año el costo anual total será de \$ 620 y el costo anual de mantenimiento será de \$ 700. (No hemos tomado en consideración el cambio del valor del dinero al paso del tiempo.)

REGISTRO DE LOS DATOS ESTADISTICOS

Es importante que el departamento de mantenimiento registre los trabajos ejecutados por cada equipo y su costo, a fin de permitir:

- la planificación de las intervenciones futuras,
- la estimación de los costos de mantenimiento,
- la evaluación de la ejecución del equipo,
- la decisión de reemplazo.

Año	Costo anual de mantenimiento
1	\$ 100
2	150
3	170
4	200
5	240
6	280
7	700
8	752

Fig. 17-6

Estimación de los costos anuales de mantenimiento.

Año	Costo anual de mantenimiento	Costo acumulativo de mantenimiento	Costo promedio de mantenimiento	Depreciación	Costo anual total
A	B	C = (B) ₋₁ + B	D = C ÷ A	E = 2500 ÷ A	F = D + E
1	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 2 500.00	\$ 2 600.00
2	150	250	125	1 250.00	1 375.00
3	170	420	140	834.00	974.00
4	200	620	155	625.00	780.00
5	240	860	172	500.00	672.00
6	280	1 140	190	417.00	607.00
7	700	1 840	263	357.00	620.00
8	752	2 592	324	312.50	636.50

FIG. 17-7
Evaluación del
costo anual total.

* La letra designa la columna y (-1) designa el periodo precedente.

La figura 17-8 proporciona un modelo de fórmula de registro cuya información se extrae de las solicitudes de trabajo.

EVALUACION DE LA EFICACIA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

En el caso de muchas empresas, es importante que cada departamento justifique sus gastos. Por tanto es necesario determinar los medios con los cuales se evaluará la eficacia del departamento. Estas empresas utilizan las *razones de eficacia* como índices de evaluación. Estas razones, para un departamento de mantenimiento, pueden dividirse en tres categorías [3]:

a) Razones de costos:

— razón de *crecimiento de los costos*:

$$\frac{\text{costo total de mantenimiento del año en curso}}{\text{costo total de mantenimiento del año anterior}}$$

— razón de *costo por hora-hombre*:

$$\frac{\text{costo total de mantenimiento}}{\text{número de horas-hombre pagadas}}$$

— razón de *costo total*:

$$\frac{\text{costo total de mantenimiento}}{\text{costo total de producción}}$$

b) Razones de nivel de mantenimiento:

— razón de *mano de obra/material*:

$$\frac{\text{costo de la mano de obra}}{\text{costo del material de mantenimiento}}$$

— razón de efecto de las descomposturas:

$$\frac{\text{número de horas de detención debido a descomposturas}}{\text{número de descomposturas}}$$

c) Razones de funcionamiento del departamento:

— razón de productividad:

$$\frac{\text{horas estimadas de los trabajos}}{\text{horas trabajadas}}$$

— razón de incidencia de las descomposturas:

$$\frac{\text{horas dedicadas a los trabajos urgentes}}{\text{horas totales trabajadas}}$$

— razón de trabajos en espera:

$$\frac{\text{horas estimadas de los trabajos en espera}}{\text{horas disponibles por semana}}$$

SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Es bien sabido que sólo el trabajo puede asegurar a la persona la satisfacción de sus necesidades. Sin embargo, el trabajo puede constituir una fuente de prosperidad solamente cuando la persona conserva su salud y su vida. La salud constituye para el individuo su capacidad de trabajo y de producción. Todo lo que atenta contra la salud del individuo afecta su capacidad de trabajo, su productividad, su satisfacción y su motivación.

La seguridad en el trabajo no consiste sólo en instalar aparatos protectores o en aplicar medidas destinadas a prevenir enfermedades industriales. La seguridad en el trabajo no reside únicamente en la colocación de anuncios, de reglamentos o de consignas, ni en la instalación de un puesto de socorro sin medios de acción en cuanto a personal y material.

La seguridad en el trabajo es consecuencia de un conjunto de actividades organizadas por un responsable competente y entusiasta dedicado a la causa de la seguridad de la persona.

PRINCIPIOS BASICOS

Los siguientes cuatro principios básicos [5] pueden guiar al responsable en la elaboración de una política de seguridad en el trabajo:

1er. principio: Las circunstancias propicias para los accidentes deben ser identificadas.

Ficha de los trabajos de mantenimiento

Equipo o máquina		
Nombre	Fecha de compra	
Código	Costo de compra	
Taller	Duración probable	

Trabajos de mantenimiento									
Solicitud de trabajo No.		/ / / / / / / / / /							
Fecha		/ / / / / / / / / /							
Problema o defecto		/ / / / / / / / / /							
Tipo de intervención (reparación, reemplazo, etc.)		/ / / / / / / / / /							
Principales piezas del equipo	A								
	B								
	C								
	D								
Costos	mano de obra								
	material								
	costo total								
	costo acumulativo								

Fig. 17-8 Forma de registro de los trabajos de mantenimiento para un equipo.

2o principio: La seguridad en el trabajo debe ser administrada con la misma seriedad que las demás actividades del sistema de producción. El responsable debe velar por la seguridad estableciendo objetivos y planificando, organizando, coordinando y controlando su puesta en marcha.

3er. principio: La clave de la eficacia de este departamento consiste en contabilizar la ejecución de la seguridad.

4o. principio: El departamento de seguridad debe localizar y definir los riesgos operacionales que causen accidentes. Esta función puede realizarse:

- a) buscando el origen del accidente;
- b) investigando si se han aplicado ciertas medidas de control para evitarlo

ACTIVIDADES DE UN DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD

Estas actividades pueden agruparse en dos categorías (fig. 17-9). La primera se refiere a las *medidas preventivas*, que tienen como finalidad eliminar o reducir las causas de accidentes; la segunda, que se refiere a las *medidas correctivas*, tiene como finalidad restablecer, por medio de la medicina, la salud de la persona accidentada.

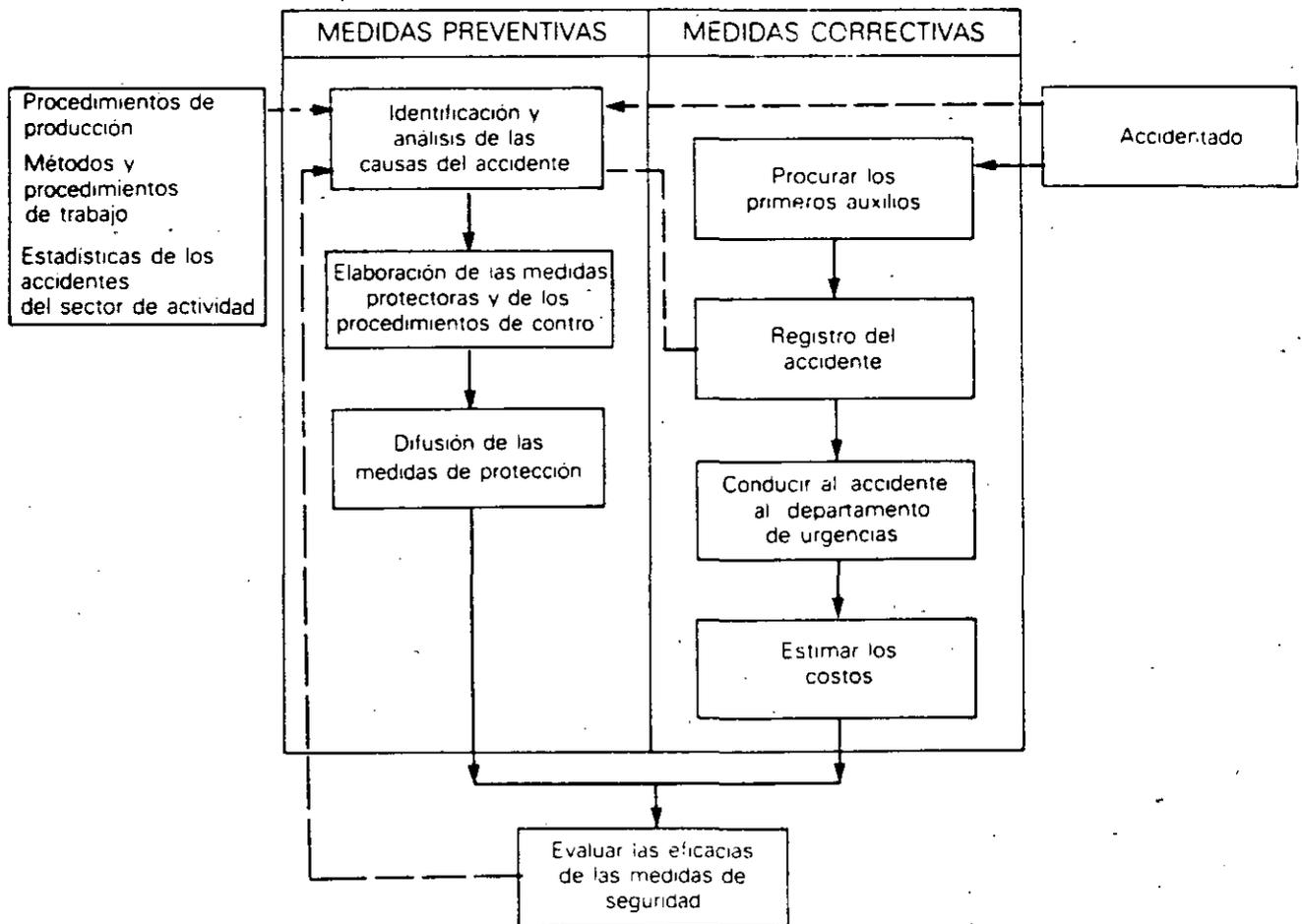


Fig. 17-9
Ciclo de actividades de un departamento de seguridad industrial.

Identificación y análisis de las causas

Para la seguridad en el trabajo, la encuesta y la estadística son fuentes de diagnóstico necesarias para la determinación de las causas exactas de accidentes o enfermedades, cuyo conocimiento permitirá investigar un remedio eficaz. Analizar las fuentes de peligro consiste en definir las y descubrir sus mecanismos a fin de conocer los eventos que provocan accidentes o enfermedades industriales (fig. 17-10).

Medidas de protección

Puede estimarse, sin temor a equivocación, que más del 80% de los accidentes de trabajo son atribuibles a una causa humana. Aproximadamente al 60% de dichos accidentes surgen en los trabajos manuales. Es la falta de atención o la imprudencia de la persona lo que provoca la mayoría de los accidentes.

Por tanto es necesario atraer mediante medidas adecuadas la atención de las personas hacia las fuentes de peligro, o invitarlas a la prudencia en el momento de la ejecución de los trabajos peligrosos.

Comunicación

Esta puede efectuarse por diversos medios:

- enseñanza con la ayuda de proyecciones, conferencias, manuales, revistas, etc.;
- publicidad mediante carteles, campañas de seguridad, etc.;
- emulación suscitada por sugerencias o concursos.

EVALUACION DE LA EFICACIA DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD

Esta evaluación es necesaria debido al progreso y el mejoramiento. En este sentido debe responderse a la siguiente pregunta: ¿Qué ha de evaluarse y cómo se debe evaluar? La respuesta a la primera parte de la pregunta puede ser: el número de accidentes por periodo por taller, el número de horas-hombre improductivas por periodo, el costo de los accidentes, el costo de la prevención, etc. Para responder a la segunda parte de la pregunta, es necesario comparar la situación actual con:

- la situación anterior,
- la situación proyectada,
- las demás empresas del mismo sector,
- una norma.

A fin de establecer tales comparaciones, deben registrarse la frecuencia, la naturaleza y la gravedad de los accidentes de trabajo por centro de actividades. En la figura 17-11 se muestra una fórmula de registro, para un periodo dado, de los accidentes de trabajo y sus consecuencias. También es posible

INFORME DEL ACCIDENTE

Nombre del empleado: _____

Fecha: _____

Departamento: _____

Capataz: _____

Fecha y hora del accidente: _____

Accidente con pérdida de tiempo: si

no

A) Herida: _____

B) Descripción del accidente: _____

C) Causas, movimientos imprudentes

Condiciones peligrosas

- 1. Actuar sin autorización
- 2. No utilizar protectores
- 3. Asumir una posición peligrosa
- 4. Falta de atención
- 5. No llevar el equipo de protección.
- 6. Infracción al código de prevención.
- 7. Otras:

- 1. Falta de protección en las maquinas
- 2. Equipo defectuoso
- 3. Arreglo peligroso.
- 4. Espacio de trabajo inadecuado.

- 5. Otras

Precise: _____

Precise _____

Medidas correctivas: _____

D) El empleado: _____

Ocupación: _____

Trabajo en el momento del accidente _____

Edad _____

Duración del empleo: En la fábrica _____

En la ocupación: _____

Limitaciones: _____

Accidente analizado por: _____

Aprobado por _____

Fecha _____

Fig. 17-10

INFORME DE FRECUENCIA Y GRAVEDAD DE LOS ACCIDENTES

Para el mes de _____

SECTOR	MES TRANSCURRIDO			AÑO EN CURSO				
	Horas de trabajo	Número de accidentes	Jornadas perdidas	Horas de trabajo	Número de accidentes	Tasa de frecuencia	Jornadas perdidas	Tasa de gravedad
Centro de distribución								
Mantenimiento: fábrica y edificios								
Fábrica No. 1								
Fábrica No. 2								
Total de la fábrica:								
Personal remunerado (mes: sitio 1)								
Personal remunerado (mes: sitio 2)								
Personal remunerado (mes: investigación)								
Total para la empresa								
() Estadísticas del año anterior								
* Caso anterior								

Fig. 17-11

elaborar una tabla de informe acerca de estos accidentes y de la frecuencia de las prácticas peligrosas que los han causado.

La tasa de frecuencia y la tasa de gravedad de los accidentes pueden ser medidas con ayuda de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Tasa de frecuencia} = \frac{\text{número de accidentes} \times 1\,000\,000}{\text{horas de trabajo}}$$

$$\text{Tasa de gravedad} = \frac{\text{número de jornadas perdidas} \times 1\,000\,000}{\text{horas de trabajo}}$$

RESUMEN

La administración del mantenimiento y de la seguridad en el trabajo tiene como finalidad proteger y conservar en estado funcional los recursos humanos y materiales de la empresa. El desempeño del departamento de mante

miento y de seguridad industrial tiene algunos efectos en las actividades de la producción, y en la satisfacción y la seguridad de los empleados.

El cometido del departamento de mantenimiento consiste en asegurar la regularidad del funcionamiento de los recursos materiales y mantenerlos en el mejor estado posible para la producción. Las actividades de este departamento pueden resumirse en cuatro aspectos: mantenimiento, estimación y programación de los trabajos, evaluación de los costos, control y medición de la eficacia del departamento.

La seguridad en el trabajo consiste en un conjunto de actividades que tienen como finalidad eliminar los accidentes y garantizar la seguridad de las personas. Para hacer esto, el departamento responsable pone en práctica dos tipos de medidas: preventivas y correctivas. Las primeras combaten las causas de los accidentes, y las segundas, que son complementarias, tienen como finalidad restablecer la salud de los accidentados.

Preguntas

1. ¿Cuál es la función del departamento de mantenimiento?
2. Haga una distinción entre mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.
3. ¿Cuáles son las etapas de la programación de los trabajos de mantenimiento?
4. ¿Cuáles son los costos que deben considerarse en el momento de hacer la evaluación de los trabajos de mantenimiento, y en el momento de tomar la decisión de reemplazo de las máquinas?
5. Formule las razones de eficacia del departamento de mantenimiento.
6. Defina la función del departamento de seguridad.
7. ¿Es recomendable nombrar dos responsables para el mantenimiento y la seguridad? Exponga las ventajas y las desventajas.
8. ¿Cuáles son las actividades del departamento de seguridad?
9. Describa las principales etapas del trabajo de este departamento.
10. ¿Cómo puede medirse la eficacia del departamento de seguridad?

Ejercicios prácticos

1. Con el objeto de racionalizar los trabajos de mantenimiento, el responsable del departamento ha emprendido el estudio de los trabajos de inspección y de reparación ejecutados en las cien máquinas de la empresa. Esta persona ha hecho notar que, si el número de inspecciones aumenta, pueden descubrirse ciertas necesidades menores de reparación (preventiva), lo cual como consecuencia reducirá el número de reparaciones correctivas. El resultado del estudio aparece en la tabla de la figura 17-12a.

El costo de una reparación preventiva es de \$ 20, y el de una reparación correctiva es de \$ 60. El costo de inspección es de \$ 2 para cada máquina. ¿Cuántas inspecciones debe efectuar el departamento de mantenimiento a fin de reducir el costo total de mantenimiento? (Utilice la tabla de la figura 17-12b para sus cálculos.)

a) Estimación del número de reparaciones correctivas y preventivas en función del número de inspecciones por semana.

Inspecciones por semana	Reparaciones correctivas	Reparaciones preventivas
0	40	0
1	25	42
2	16	48
3	8	54
6	2	60

b) Tabla de evaluación del costo total

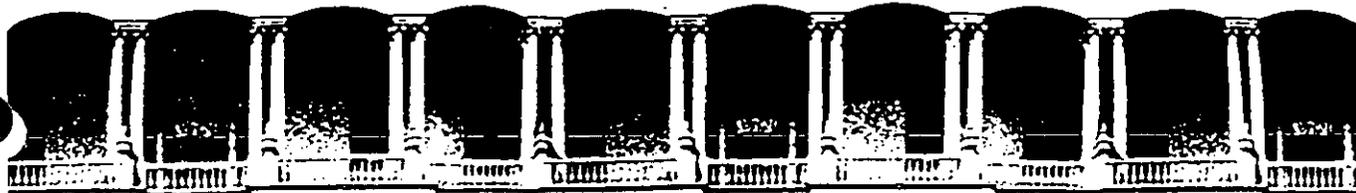
INSPECCION		REPARACIONES CORRECTIVAS		REPARACIONES PREVENTIVAS		COSTO TOTAL
Número	Costo	Número	Costo	Número	Costo	
0						

Fig. 17-12

2. Una compañía posee una máquina cuyo precio es de \$ 30 000. El costo anual de mantenimiento es una progresión aritmética, con valor inicial de \$ 5 000 y aumento anual de \$ 3 000 (el segundo año este costo es de \$ 8 000, el tercero es de \$ 11 000 y así sucesivamente). ¿Después de cuánto tiempo deberá reemplazarse la máquina?

BIBLIOGRAFIA

1. Clements, R. et D. Parkes, *Entretien et travaux neufs*, Paris, Entreprise moderne, d'édition, 1966.
2. Enrick, N.L., *Contrôle de qualité et fiabilité dans l'entreprise industrielle*, Paris, Eyrolles/Éditions d'Organisation, 1963.
3. H.E.C., *Production I*, Montréal, 1976.
4. Institut national de la productivité et du développement industriel, *Organisation de l'entretien*, Québec.
5. Petersen, D., *Techniques of Safety Management*, New York, McGraw-Hill, 2^e éd., 1978.
6. Sward, K., *L'entretien de l'équipement d'une entreprise*, Paris, Editions d'organisation, 1967.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

C U R S O S A B I E R T O S

INGENIERIA FINANCIERA

PROPUESTA FINANCIERA

PALACIO DE MINERIA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

PRESENTACION

Construcción Redituable (C.R.), esta cada vez más interesado en solucionar los problemas ecológicos de nuestro país, la participación activa de C.R. en diversos proyectos de infraestructura y de mejoramiento ambiental son hechos que sustentan esta política de C.R.

Anexo se presenta el volumen que contiene la propuesta financiera de C.R. para el proyecto "Tratamiento de Aguas Residuales del Area Metropolitana de la Ciudad de Toluca" en el cual con base a la estructura diseñada, tenemos la seguridad de su consolidación financiera. A su vez se prevee la participación de C.R. con capital de riesgo con objeto de dar una mayor solidez al proyecto sujeto a las aprobaciones correspondientes de nuestro consejo.

La participación del IFC con financiamiento y capital, dan a nuestra propuesta un valor agregado adicional. Con la experiencia de Construcción Redituable en otros proyectos, se logrará cumplir con los requerimientos técnicos y financieros que solicita el Gobierno del Estado de México.

PROPUESTA FINANCIERA

INDICE

INTRODUCCION	2
PARTICIPACION DE LA INICIATIVA PRIVADA	6
ESTRUCTURA FINANCIERA	9
FINANCIAMIENTO	12
GARANTIAS	15
RESULTADOS	17
ANEXOS	
A. CORRIDA FINANCIERA	
B. CARTAS DE INTENCION	

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

INTRODUCCION

Las aguas provenientes del río Lerma y de los dos cauces principales del río Verdiguél son utilizadas principalmente para el riego agrícola de la zona. Sin embargo, las aguas residuales de origen municipal de la ciudad de Toluca y sus áreas conurbadas, son descargadas sin ningún tratamiento a estos ríos contaminando de manera importante estas aguas.

Con el fin de sanear los cauces receptores de las descargas municipales, el gobierno del Estado de México junto con la Comisión Nacional del Agua y las respectivas autoridades municipales, han decidido iniciar las acciones necesarias, para que estas aguas reciban el tratamiento adecuado.

Para alcanzar este objetivo, C.R. presenta una oferta de participación para la Prestación del Servicio de Tratamiento de Aguas Residuales. La propuesta considera el diseño e implantación de las herramientas técnicas, económicas, financiera y administrativas necesarias para estructurar el Proyecto. La recuperación de las inversiones realizadas se hará mediante los pagos que realice el gobierno del Estado de México (GEM), por el volumen de agua tratada, siendo este el encargado de repercutir entre los usuarios los costos del servicio.

La propuesta financiera de C.R. contenida en el documento, presenta los siguientes objetivos:

- Presentar una estructura financiera y un esquema de participación
- Estudio de factores económicos y financieros del proyecto así como las características de los financiamientos para establecer las tarifas o pagos que permitan cubrir la inversión y los costos de operación del proyecto.
- Análisis de las fuentes y aplicaciones de los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, para lo cual, se ha buscado el apoyo de diversas instituciones financieras nacionales e internacionales dispuestas a participar con Construcción Redituable aportando los recursos que permitan la consolidación del proyecto anexándose sus cartas de intención.

DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto contempla la construcción de dos plantas de tratamiento que cubran las dos zonas en las que se descarga el drenaje:

- Los cauces del río Verdiguél (Sistema Toluca Norte).
- El río Lerma (Sistema Toluca Oriente).

Sistema Toluca Norte

Para el tratamiento de estas aguas, el GEM dispone de un terreno de 17.11 Ha. Para la conducción del agua al sitio de tratamiento será necesario un emisor con una longitud de 10.6 Kms. El gasto para 1993 se estima en 1,150 lps, y para el año 2005 un gasto de 1,500 lps que podría llegar a ser en un futuro de 2,000 lps.

Sistema Toluca Oriente

Para el tratamiento de estas aguas, será necesaria la construcción de una extensa red de colectores con una longitud de 65 Kms. El GEM dispone de un terreno de 38 Ha, en la margen izquierdo del río Lerma. Se estima un gasto de 840 lps para el año 1993, de 1,180 lps para el año 2000 y de 1,750 lps en el año 2007.

CARACTERISTICAS TECNICAS

- El GEM entregará el agua cruda al nivel de los colectores, siendo responsabilidad del contratista el bombeo para llevar el agua hasta las unidades de tratamiento.
- Se deberán dejar reservas de terreno para futuras expansiones del sistema de tratamiento.
- Los lodos producidos en el tratamiento deberán ser estabilizados por medios químicos o biológicos y desaguados, para que posteriormente sean puestos en la propia planta a disposición del GEM.
- Será responsabilidad del contratista la construcción de drenaje pluvial y sanitario internos.
- El nivel mínimo requerido de tratamiento es el equivalente al que se obtiene por utilizar un método biológico secundario convencional.

PARTICIPACION DE LA INICIATIVA PRIVADA

El GEM invita a la iniciativa privada a participar en el proyecto bajo un esquema de financiamiento considerando las siguientes premisas:

- La duración del contrato será de diez años, contados a partir de la fecha de inicio de operación.
- La autoridad podrá disminuir el pago por el servicio en caso de incumplimiento, por causas imputables al contratista, con las normas de calidad.
- Al término del plazo de contratación, las plantas de tratamiento y las instalaciones de conducción serán transferidas al GEM sin costo alguno y en condiciones de servicio para lo cual se llevará a cabo un programa de mantenimiento a lo largo del período de operación.
- Para la instalación de las plantas el GEM aportará, sin costo alguno, los terrenos ya mencionados. Para la construcción de los colectores el GEM gestionará los permisos necesarios.

La recuperación de la inversión y sus costos así como los gastos operativos, se hará mediante pagos que realizará el Gobierno del Estado de México al contratista mensualmente, considerando lo siguiente:

El pago de dicho monto tendrá dos componentes:

1. Fijo: Los recursos de dicho pago cubrirán los créditos contratados para fondar el proyecto, las inversiones realizadas por el contratista así como su costo.
2. Variable: Esta componente será proporcional al volumen de agua tratada, la cual reflejará los gastos de administración, operación, mantenimiento y demás gastos necesarios para el funcionamiento de la planta.

La componente fija será pagada por el GEM independientemente del volumen del agua tratada.

Si el volumen de agua tratada es mayor al 80% de la capacidad del diseño, el GEM pagará por concepto de operación la componente variable por el volumen de agua tratada.

Si por causas no imputables al contratista el caudal de aguas tratadas es menor a 80% y mayor al 60% de la capacidad del diseño, el pago será la componente variable por el volumen de agua tratada por un factor, con lo cual se podrán cubrir los gastos relacionados con la operación de la planta.

Si el volumen de agua tratada es menor al 60% de la capacidad del diseño, el pago será la componente variable por el 60% de la capacidad del diseño.

El GEM establecerá una fórmula para la actualización semestral de la tarifa que dependerá de los insumos y materiales, de la mano de obra, de la energía eléctrica, de los impuestos, tipo de cambio y de los gastos financieros. Esta fórmula de actualización será un factor importante para consolidar el apoyo financiero en las mejores condiciones de las instituciones que han mostrado interés por participar en este proyecto. Para ello C.R. propone una fórmula de composición de la tarifa que deberá ser estudiada para su aprobación de común acuerdo.

$$\text{TARIFA : } \text{COSTOS FIJOS} + \text{COSTOS VARIABLES} = \text{CF} + \text{CV}$$

COSTOS FIJOS:

$$\left(\text{Crédito en M.N.} - \sum_{n=1}^{i-1} \text{Amortizaciones} \right) \cdot \underset{d}{Ti} + \left(\text{Crédito USD} - \sum_{n=1}^{i-1} \text{Amortizaciones} \right) \cdot \underset{p}{Tc} + \underset{i}{\text{Am.D}} + \underset{i}{\text{Am.P}} + \underset{i}{\text{Amortización Capital}}$$

+ Rendimiento Capital.

Ti: tasa de interés :

P: pesos

D: dólares

i: Período.

Tc: tipo de cambio

Am.P: amortización en pesos

Am.D: amortización en

usd.

COSTOS VARIABLES:

$$\underset{i}{\text{G. Administración}} / \text{m}^3 + \left(\underset{i}{\text{Operación y Mantenimiento}} \right) / \text{m}^3 + \underset{i}{\text{Comisiones}} / \text{m}^3$$

$$+ \left(\underset{i}{\text{Seguros y Fianzas}} \right) / \text{m}^3 + \underset{i}{\text{impuestos}} / \text{m}^3$$

i: Período

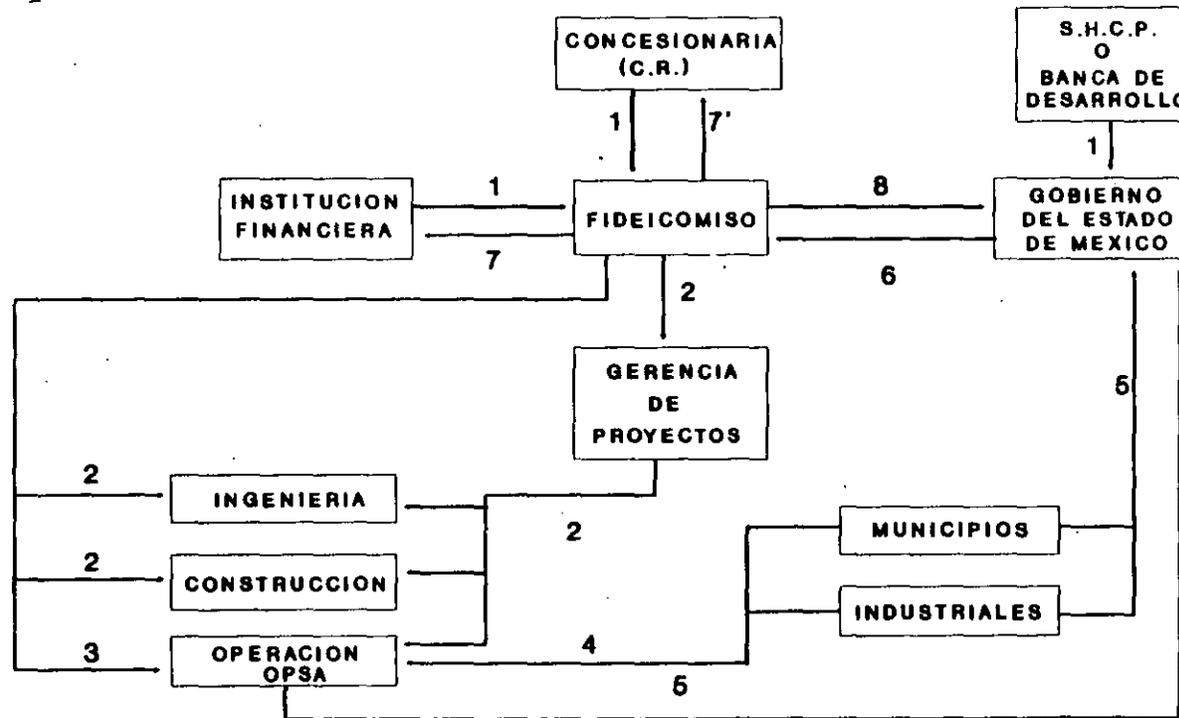
ESTRUCTURA FINANCIERA

Para llevar a cabo el proyecto, se plantea la formación de una nueva empresa con la participación accionaria de las empresas de C.R. involucradas en el proyecto y el IFC. esta empresa firmará el contrato de prestación de servicios, contratará los créditos, la obra civil, la ingeniería y procuración de equipos durante el período de construcción; será la responsable de la operación de la planta para lo cual firmará un contrato con una empresa operadora.

Para dar transparencia al manejo de los recursos, se utilizará un fideicomiso, el cual serán fideicomitidos por el concesionario los derechos al cobro del servicio y la planta; por el GEM, el terreno y las garantías. A este fideicomiso serán canalizados los recursos provenientes de los créditos, que cubrirán los costos de construcción de acuerdo al avance de obra autorizado. Este fideicomiso será el encargado de administrar los fondos y amortizar los créditos contratados en el período preoperativo.

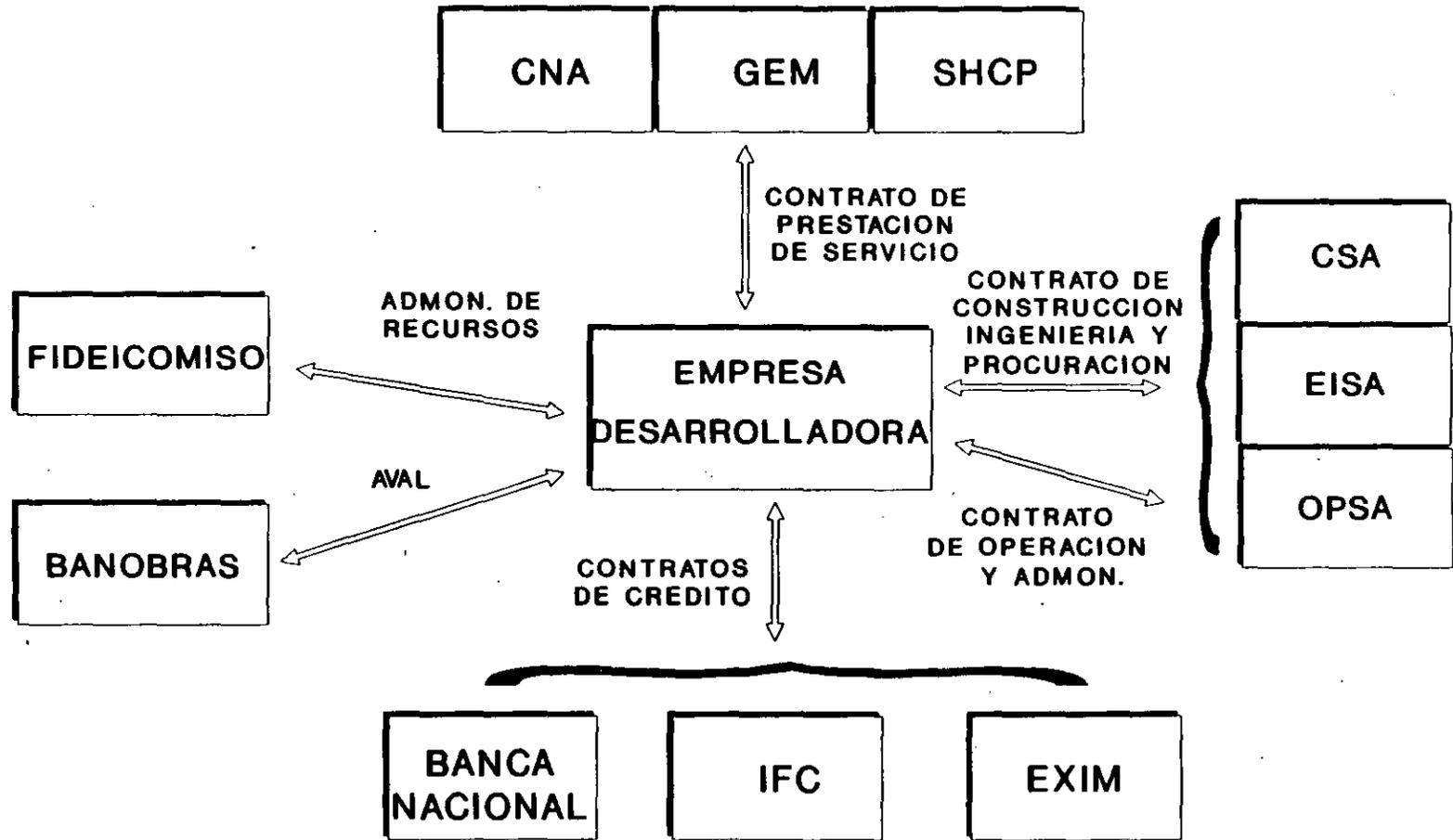
Con la finalidad de disminuir los riesgos durante la construcción y los primeros años de operación, se prevee contratar el aval de Banobras.

ESQUEMA DE PARTICIPACION



1. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (S.H.C.P.) o la Banca de Desarrollo, otorgan al contratista garantía sobre impuestos federales.
El contratista, forma la Concesionaria y aporta capital al Fideicomiso.
Las instituciones financieras (contactadas a través del Gobierno del Estado de México y la C.N.A.) otorgan un crédito al fideicomiso.
2. El Fideicomiso contrata a empresas para la administración del proyecto (Gerencia de Proyectos, que controlará la ingeniería, construcción y operación del proyecto).
Así mismo contrata la ingeniería, procuración y construcción de la planta.
3. Una vez terminada la planta, contrata a una empresa (OPSA), para la operación de la planta.
4. Los municipios y los industriales entregan las aguas residuales para que sea tratada.
5. La operadora entregará el agua tratada y los lodos estabilizados al G.E.M.
Los municipios y los industriales pagan el servicio prestado al G.E.M.
6. El G.E.M. paga al fideicomiso por el volumen de agua tratada.
7. El fideicomiso paga los intereses y el principal a las instituciones financieras.
- 7'. Una vez saldados los créditos, el fideicomiso pagará el capital invertido, junto con los rendimientos esperados, a la Concesionaria.
8. Una vez terminado el plazo de la concesión, la planta será transferida, **gratuitamente**, al G.E.M.

ESTRUCTURA CONTRACTUAL



FINANCIAMIENTO

Se prevee utilizar diferentes alternativas de financiamiento para lograr una eficiente asignación de recursos en beneficio del proyecto, mediante una mezcla de capital y crédito. Los participantes en la estructura accionaria serán:

C.R.	12.75% DEL COSTO DE CONSTRUCCION
I.F.C.	2.25% DEL COSTO DE CONSTRUCCION

Entre las opciones de financiamiento existentes en el Mercado, se contempla utilizar las siguientes fuentes:

Fondos de la Banca Mexicana Comercial y la Banca Mexicana de Desarrollo (NAFINSA, BANCOMEXT Y BANOBRAS), quienes tienen algunas líneas preferentes de financiamiento para obras de mejoramiento ambiental. Se han realizado presentaciones a diversas instituciones financieras, tanto bancos como casas de bolsa, quienes se muestran interesadas por participar en el proyecto buscando estructurar un crédito a largo plazo acorde a las necesidades del proyecto.

CONDICIONES DEL CREDITO

-	MONTO	49.15% DEL COSTO DE CONSTRUCCION CAPITALIZACION DE GASTOS FINANCIEROS. GASTOS OPERATIVOS DURANTE EL PERIODO DE CONSTRUCCION. INTERESES Y EL 15% DE LA COMISION DEL CREDITO EXTRANJERO.
-	INTERES	7.0% REAL ANUAL
-	COMISION	2.8% POR DISPOSICION
-	AVAL BANOBRAS	1.5% SOBRE SALDOS INSOLUTOS ¹
-	PLAZO	9.0 AÑOS (Pagos totales iguales)
-	GRACIA	1.5 AÑOS

Así mismo, se contemplan algunos créditos del exterior entre los cuales se encuentran:

- Fomento a las Exportaciones. considerando la necesidad de importar equipo se busca acceder fondos destinados por los países de origen del equipo en apoyo al comercio exterior. Utilizando esta opción de financiamiento, se llegaría a cubrir el 85% del valor del equipo extranjero. Dada la procedencia del equipo se ha pensado contactar a las siguientes instituciones financieras:

EXIMBANK

HERMES

CONDICIONES DEL CREDITO

-	MONTO	13.1% DEL COSTO DE CONSTRUCCION CAPITALIZACION DEL 85% DE LA COMISION.
-	INTERES	5.0% REAL ANUAL
-	COMISION	4.0% POR DISPOSICION
-	PLAZO	6.0 AÑOS (Pagos iguales de principal)
-	GRACIA	1.5 AÑOS

¹ DURANTE EL PERIODO DE CONSTRUCCION Y DOS AÑOS DE OPERACION.

- IFC quién ya conoce el proyecto y está dispuesto a participar con una mezcla de capital y crédito

CONDICIONES DEL CREDITO

- **MONTO** 22.75% DEL COSTO DE CONSTRUCCION
CAPITALIZACION DE LOS GASTOS FINANCIEROS.
- **INTERES** 7.5% REAL ANUAL
- **COMISION** 2.0% POR DISPOSICION
- **PLAZO** 10.0 AÑOS (Pagos iguales de principal)
- **GRACIA** 1.5 AÑOS

GARANTIAS

Con el objeto de asegurar el pago de los créditos contraídos con las diversas instituciones financieras, de acuerdo al calendario de amortizaciones establecido, así como las erogaciones realizadas por la empresa concesionaria para asegurar el mantenimiento y operación de la planta y finalmente, las inversiones y el rendimiento del capital de los accionistas es necesaria la colaboración de las autoridades en los siguientes casos:

Caso Fortuito o Fuerza Mayor: Esta garantía deberá cubrir cualquier situación fuera de control de la compañía desarrolladora, incluyendo desastres naturales, riesgos sociales y políticos.

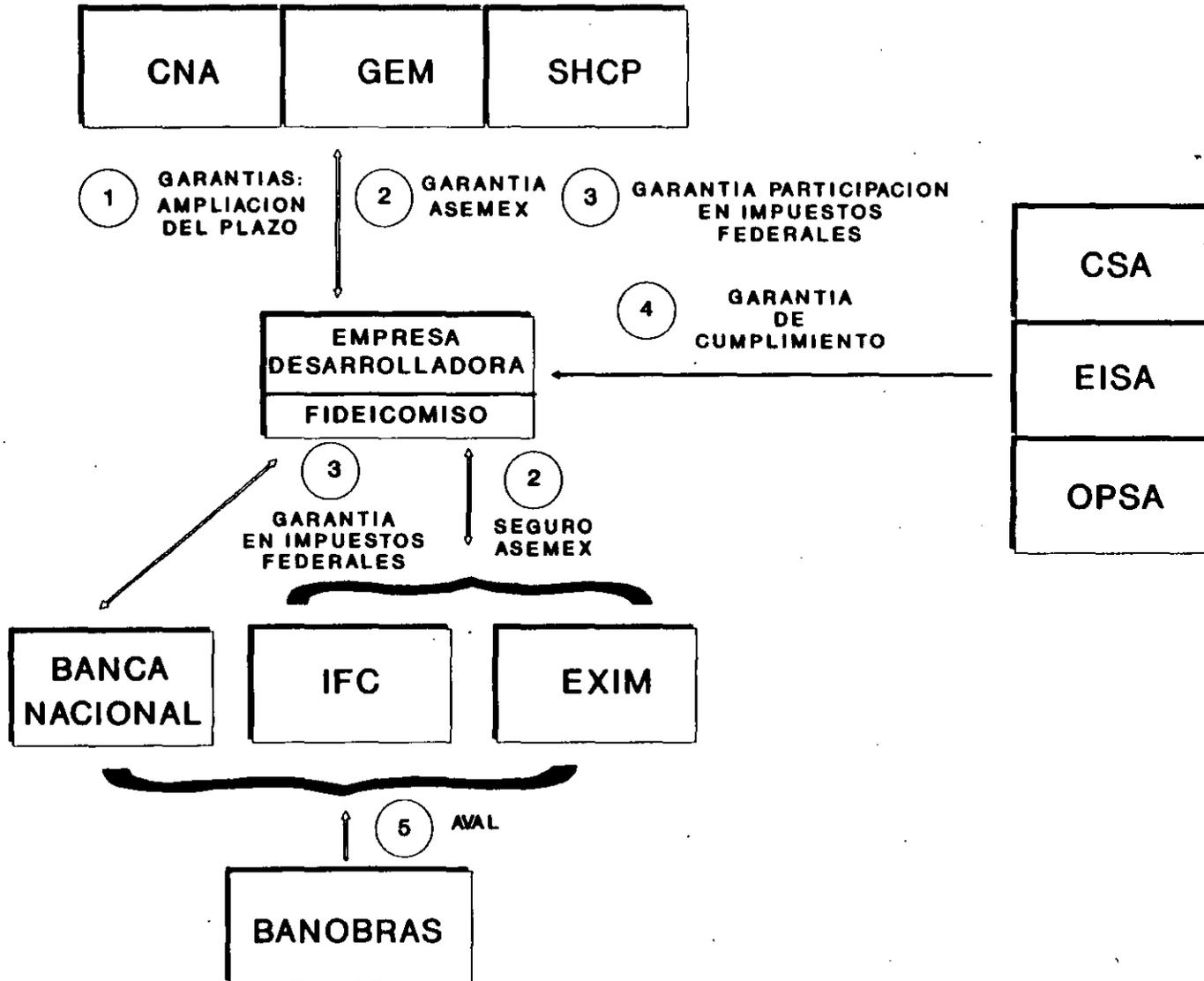
Asegurar el pago de la componente fija de la tarifa, así como un porcentaje mínimo de la componente variable de la tarifa.

Revisar la tarifa periódicamente para ajustarla de acuerdo a incrementos en el precio de los insumos, tipo de cambio, variaciones en tasas de interés y aumentos salariales.

Para disminuir los riesgos durante el período de construcción, los contratistas firmarán en favor de la empresa desarrolladora contratos de cumplimiento de construcción y puesta en marcha en el tiempo especificado en el contrato; costo y características acorde con los estándares establecidos en cuanto a diseño, tecnología y reglamentación ambiental. Así mismo el contrato de operación establecerá la obligación de la empresa operadora de cubrir fallas originadas por la falta de mantenimiento o la operación inadecuada. De igual forma se establecerá la obligación de mantener asegurada la planta con la finalidad de cubrir cualquier eventualidad.

Para cumplir con la calidad de agua tratada de acuerdo a las especificaciones establecidas, es necesario que el agua del influente de las plantas cumpla con los niveles de calidad establecidos por el GEM.

ESQUEMA DE GARANTIAS



RESULTADOS

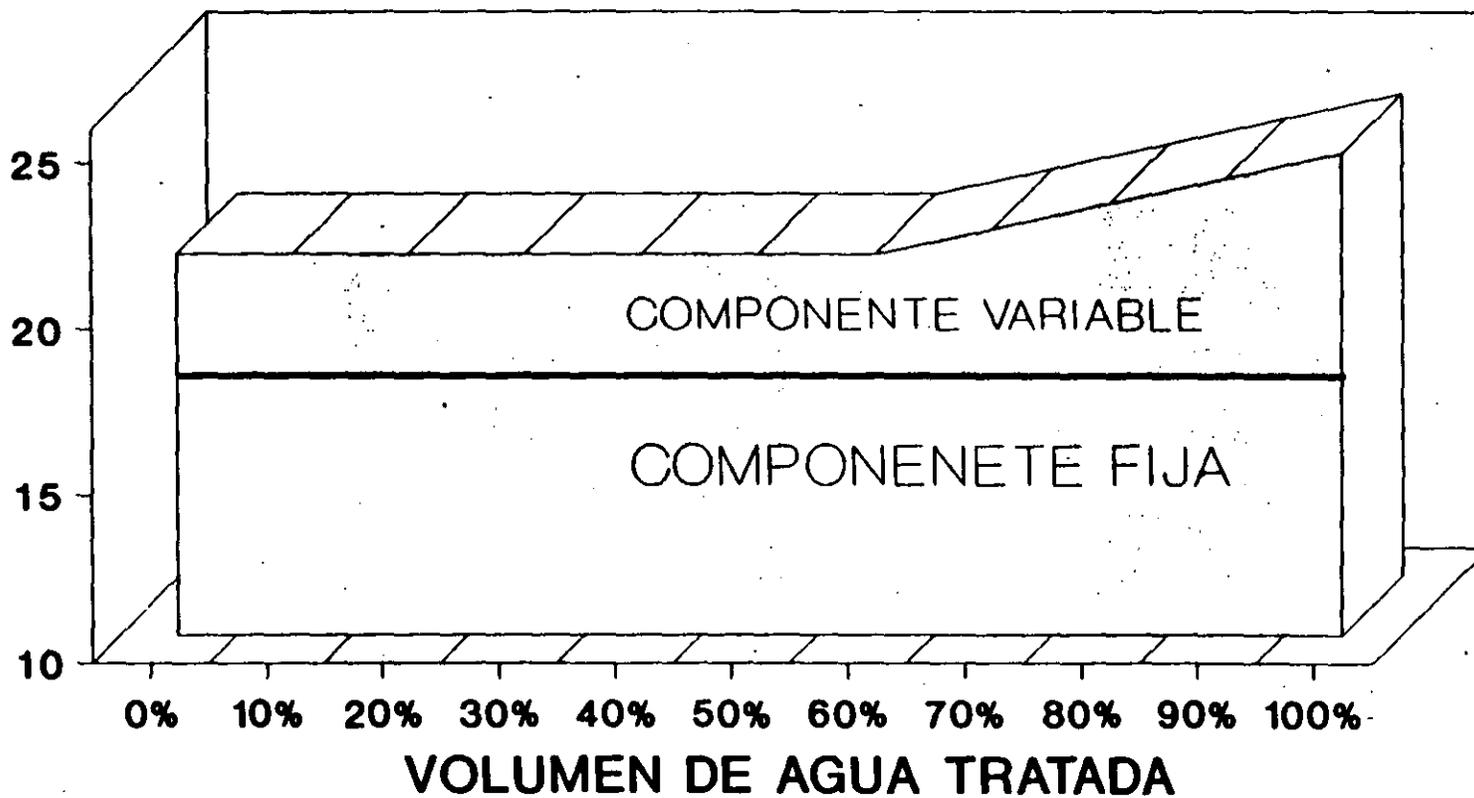
El análisis financiero tiene como objetivo determinar la tarifa, en sus dos componentes, con la cual se pueden cubrir las amortizaciones de los créditos contraídos, sus costos respectivos, gastos operativos y la recuperación de la inversión del accionista, a una tasa aceptable, durante el plazo de operación (diez años). Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

	COMPONENTE FIJA MDP/MENSUAL	COMPONENTE VARIABLE \$M3 TRATADOS
TOLUCA NORTE	1,444	240
TOLUCA ORIENTE	1,376	260
COMBINADO	2,820	230

En la tabla anterior se observa el beneficio de la construcción de ambas plantas por la disminución en la componente variable de la tarifa gracias a la optimización de los recursos, mismos que se ven reflejados en los costos operativos.

PAGO SEMESTRAL

MILES DE MILLONES PESOS



□ PAGO TOTAL SEMESTRAL

PLANTA: TOLUCA ORIENTE

PREMISAS PARA EL ANALISIS FINANCIERO

CAPACIDAD DEL DISEÑO	31.54 Millones de metros cubicos anuales	(Eficiencia = .93)
DEMANDA INICIAL	26.80 Millones de metros cubicos anuales	
TARIFA:		
COMPONENTE FIJA	1,376 MILLONES DE PESOS (mensuales)	
COMPONENTE VARIABLE	260 \$ / m3 TRATADOS	
GASTOS ADMINISTRATIVOS	1.0% SOBRE LOS INGRESOS DEL PERIODO	
SEGUROS Y FIANZAS	1.0% SOBRE EL COSTO DE CONSTRUCCION E INGRESOS	
TASA IMPOSITIVA	35.0%	
GASTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO: SE COMPONEN DE DOS PARTES:		
	- PARTE FIJA:	\$ 3,740 Millones de pesos anuales.
	- PARTE VARIABLE:	\$ 108.60 pesos por metro cubico tratado.

COSTO DE CONSTRUCCION DE LA PLANTA

AÑO	MONTO	FINANCIAMIENTO				
		CAPITAL (15%)		CREDITO (85%)		
		C.R.	I.F.C.	NACIONAL	EXTRANJERO	I.F.C.
1992 - 1º	1,457	186	33	1,238	0	0
1992 - 2º	46,620	5,944	1,049	25,480	3,541	10,606
1993 - 1º	26,210	3,342	590	8,053	8,263	5,963
1993 - 2º	23,164	2,953	521	14,420	0	5,270
TOTAL	97,451	12,425	2,193	49,191	11,804	21,839

* CANTIDADES EN MILLONES DE PESOS (CONSTANTES ENERO '82)

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA ORIENTE

	AÑO	1992		1993		1994		1995		1996		1997	
		SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
	TOTAL												
COSTO DE CONSTRUCCION	97,451	1,457	46,620	26,210	23,164	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS	241,046	0	0	0	0	11,740	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069
EGRESOS													
ADMINISTRACION	2,410	0	0	0	0	117	121	121	121	121	121	121	121
OPERACION Y MANTENIMIENTO	69,114	0	0	0	0	3,325	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463
SEGUROS Y FIANZAS	2,410	0	0	0	0	117	121	121	121	121	121	121	121
DEPRECIACION	106,729	0	0	0	0	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336
UTILIDAD DE OPERACION	60,382	0	0	0	0	2,844	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028
INTERESES	24,195	0	0	0	0	2,829	2,890	2,539	2,383	2,220	2,052	1,865	1,672
COMISION SOC. FINAN.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVAL BANOBRAS	1,984	0	0	0	0	433	417	398	379	357	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMP.	34,202	0	0	0	0	(418)	(78)	91	267	450	977	1,163	1,357
I.S.R.	11,268	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDAD NETA	22,934	0	0	0	0	(418)	(78)	91	267	450	977	1,163	1,357

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA ORIENTE

	AÑO		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
	TOTAL													
COSTO DE CONSTRUCCION	97,451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
INGRESOS	241,046	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	12,069	
EGRESOS														
ADMINISTRACION	2,410	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	
OPERACION Y MANTENIMIENTO	69,114	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	3,463	
SEGUROS Y FIANZAS	2,410	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	
DEPRECIACION	106,729	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	5,336	
UTILIDAD DE OPERACION	60,382	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	3,028	
INTERESES	24,195	1,472	1,265	1,043	838	628	413	194	62	31	0	0	0	
COMISION SOC. FINAN.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AVAL BANOBRAS	1,984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UTILIDAD ANTES DE IMP.	34,202	1,557	1,763	1,985	2,190	2,400	2,615	2,835	2,966	2,997	3,028	3,028	3,028	
I.S.R.	11,268	0	169	857	929	1,003	1,078	1,155	1,201	1,211	1,222	1,222	1,222	
UTILIDAD NETA	22,934	1,557	1,595	1,128	1,261	1,398	1,537	1,680	1,766	1,786	1,806	1,806	1,806	

BALANCE GENERAL

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA ORIENTE

AÑO	1992		1993		1994		1995		1996		1997		
	SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ACTIVO		1,556	49,736	79,526	106,729	101,393	96,056	90,720	85,383	80,047	74,710	69,374	64,038
CAJA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACTIVO FIJO		1,556	49,736	79,526	106,729	101,393	96,056	90,720	85,383	80,047	74,710	69,374	64,038
PASIVO		1,347	44,300	70,238	94,100	89,182	83,924	78,497	72,893	67,107	60,794	54,294	47,601
PASIVO A C.P.		0	0	0	4,919	5,258	5,427	5,603	5,787	6,313	6,500	6,693	6,893
PASIVO A L.P.		1,347	44,300	70,238	89,182	83,924	78,497	72,893	67,107	60,794	54,294	47,601	40,707
CAPITAL CONTABLE		209	6,992	10,844	14,185	13,767	13,688	13,779	14,046	14,496	15,473	16,636	17,993
APORTACIONES C.R.		177	5,943	9,217	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057
APORTACIONES I.F.C.		31	1,049	1,627	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128
UTILIDAD NETA		0	0	0	0	(418)	(78)	91	267	450	977	1,163	1,357
UTILIDAD ANTERIORES		0	0	0	0	0	(418)	(496)	(406)	(139)	312	1,288	2,452

BALANCE GENERAL

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA ORIENTE

AÑO	1998		1999		2000		2001		2002		2003		
	SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
<u>ACTIVO</u>		58,701	53,365	48,028	42,692	37,355	32,019	29,384	29,754	30,145	31,951	33,757	35,563
CAJA		0	0	0	0	0	0	2,702	8,409	14,135	21,278	28,420	35,563
ACTIVO FIJO		58,701	53,365	48,028	42,692	37,355	32,019	26,682	21,346	16,009	10,673	5,336	0
<u>PASIVO</u>		40,707	33,776	27,312	20,714	13,980	7,106	2,791	1,395	0	0	0	0
PASIVO A C.P.		6,931	6,464	6,598	6,734	6,874	4,315	1,395	1,395	0	0	0	0
PASIVO A L.P.		33,776	27,312	20,714	13,980	7,106	2,791	1,396	0	0	0	0	0
<u>CAPITAL CONTABLE</u>		19,550	21,144	22,272	23,533	24,931	26,469	28,149	29,915	31,700	33,506	35,312	37,119
APORTACIONES C.R.		12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057
APORTACIONES I.F.C.		2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128	2,128
UTILIDAD NETA		1,557	1,595	1,128	1,261	1,398	1,537	1,680	1,766	1,786	1,806	1,806	1,806
UTILIDAD ANTERIORES		3,808	5,365	6,960	8,087	9,349	10,747	12,284	13,964	15,730	17,516	19,322	21,128

RAZONES FINANCIERAS

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA ORIENTE

AÑO	1992		1993		1994		1995		1996		1997	
SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

RENTABILIDAD

UTILIDAD NETA/INGRESOS TOT. (%)					-3.6%	-0.6%	0.8%	2.2%	3.7%	8.1%	9.6%	11.2%
UTILIDAD NETA/CAP. CONTABLE (%)					-3.0%	-0.6%	0.7%	1.9%	3.1%	6.3%	7.0%	7.5%
UTILIDAD NETA/ACTIVO TOTAL (%)					-0.4%	-0.1%	0.1%	0.3%	0.6%	1.3%	1.7%	2.1%

ACTIVIDAD

INGRESOS TOT./ACTIVO TOT. (VECES)					0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19
INGRESOS TOT./ACTIVO FIJO (VECES)					0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19

LIQUIDEZ

CAPITAL DE TRABAJO NETO (\$)					0	0	0	0	0	0	0	0
------------------------------	--	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---

ESTRUCTURA

PASIVO TOTAL/ACTIVO TOTAL (%)		89.1%	88.3%	88.2%	88.0%	87.4%	86.5%	85.4%	83.8%	81.4%	78.3%	74.3%
PASIVO TOTAL/CAPITAL CONTABLE		633.6%	647.7%	663.4%	647.8%	613.1%	569.7%	519.0%	462.9%	392.9%	326.4%	264.6%
VECES LOS INTERESES (VECES) (1)					2.51	2.69	2.85	3.03	3.24	4.08	4.49	5.00

(1) ((UO+DEP)/GTO.FIN.)

RAZONES FINANCIERAS

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA ORIENTE

<u>AÑO</u>	<u>1998</u>		<u>1999</u>		<u>2000</u>		<u>2001</u>		<u>2002</u>		<u>2003</u>	
<u>SEMESTRE</u>	<u>1</u>	<u>2</u>										

RENTABILIDAD

UTILIDAD NETA/INGRESOS TOT. (%)	12.9%	13.2%	9.3%	10.5%	11.6%	12.7%	13.9%	14.6%	14.8%	15.0%	15.0%	15.0%
UTILIDAD NETA/CAP. CONTABLE (%)	8.0%	7.5%	5.1%	5.4%	5.6%	5.8%	6.0%	5.9%	5.6%	5.4%	5.1%	4.9%
UTILIDAD NETA/ACTIVO TOTAL (%)	2.7%	3.0%	2.3%	3.0%	3.7%	4.8%	5.7%	5.9%	5.9%	5.7%	5.4%	5.1%

ACTIVIDAD

INGRESOS TOT./ACTIVO TOT. (VECES)	0.21	0.23	0.25	0.28	0.32	0.38	0.41	0.41	0.40	0.38	0.36	0.34
INGRESOS TOT./ACTIVO FJO (VECES)	0.21	0.23	0.25	0.28	0.32	0.38	0.45	0.57	0.75	1.13	2.26	

LIQUIDEZ

CAPITAL DE TRABAJO NETO (\$)	0	0	0	0	0	0	1,306	7,013	14,135	21,278	28,420	35,563
------------------------------	---	---	---	---	---	---	-------	-------	--------	--------	--------	--------

ESTRUCTURA

PASIVO TOTAL/ACTIVO TOTAL (%)	69.3%	63.3%	56.9%	48.5%	37.4%	22.2%	9.5%	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
PASIVO TOTAL/CAPITAL CONTABLE	208.2%	159.7%	122.6%	88.0%	56.1%	26.8%	9.9%	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
VECES LOS INTERESES (VECES) (1)	5.68	6.61	8.02	9.98	13.32	20.25	43.20	134.68	269.32			

(1) (UO+DEP/IGTO.FIN.)

PLANTA: TOLUCA NORTE

PREMISAS PARA EL ANALISIS FINANCIERO

CAPACIDAD DEL DISEÑO	39.42 Millones de metros cubicos anuales	(Eficiencia = .93)
DEMANDA INICIAL	36.30 Millones de metros cubicos anuales	
TARIFA:		
COMPONENTE FIJA	1,444 MILLONES DE PESOS (mensuales)	
COMPONENTE VARIABLE	240 \$ / m3 TRATADOS	
GASTOS ADMINISTRATIVOS	1.0% SOBRE LOS INGRESOS DEL PERIODO	
SEGUROS Y FIANZAS	1.0% SOBRE EL COSTO DE CONSTRUCCION E INGRESOS	
TASA IMPOSITIVA	35.0%	

GASTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO: SE COMPONEN DE DOS PARTES:

- PARTE FIJA: \$ 3,615 Millones de pesos anuales.
- PARTE VARIABLE: \$ 124.20 pesos por metro cubico tratado.

COSTO DE CONSTRUCCION DE LA PLANTA

AÑO	MONTO	FINANCIAMIENTO				
		CAPITAL (15%)		CREDITO (85%)		
			I.F.C.	NACIONAL	EXTRANJERO	I.F.C.
1992 - 1º	1,457	186	33	1,238	0	0
1992 - 2º	46,274	5,900	1,041	24,634	4,172	10,527
1993 - 1º	31,520	4,019	709	9,885	9,736	7,171
1993 - 2º	22,760	2,902	512	14,168	0	5,178
TOTAL	102,011	13,006	2,295	49,925	13,908	22,876

* CANTIDADES EN MILLONES DE PESOS (CONSTANTES ENERO '92)

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE

	AÑO	1992		1993		1994		1995		1996		1997	
		SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
	TOTAL												
COSTO DE CONSTRUCCION	102,011	1,457	46,274	31,520	22,760	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS	261,218	0	0	0	0	13,016	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063
EGRESOS													
ADMINISTRACION	2,612	0	0	0	0	130	131	131	131	131	131	131	131
OPERACION Y MANTENIMIENTO	81,658	0	0	0	0	4,059	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084
SEGUROS Y FIANZAS	2,612	0	0	0	0	130	131	131	131	131	131	131	131
DEPRECIACION	111,753	0	0	0	0	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588
UTILIDAD DE OPERACION	62,583	0	0	0	0	3,108	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130
INTERESES	25,199	0	0	0	0	2,943	2,794	2,638	2,477	2,309	2,134	1,941	1,742
COMISION SOC. FINAN.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVAL BANOBRAS	2,023	0	0	0	0	440	424	406	387	366	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMP.	35,361	0	0	0	0	(275)	(87)	86	267	456	996	1,189	1,389
I.S.R.	11,672	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDAD NETA	23,690	0	0	0	0	(275)	(87)	86	267	456	996	1,189	1,389

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE

	AÑO	1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	TOTAL												
COSTO DE CONSTRUCCION	102,011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS	261,218	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063	13,063
EGRESOS													
ADMINISTRACION	2,612	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131
OPERACION Y MANTENIMIENTO	81,658	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084	4,084
SEGUROS Y FIANZAS	2,612	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131
DEPRECIACION	111,753	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588	5,588
UTILIDAD DE OPERACION	62,583	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130	3,130
INTERESES	25,199	1,535	1,322	1,092	877	658	434	205	65	33	0	0	0
COMISION SOC. FINAN.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVAL BANOBRAS	2,023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMP.	35,361	1,595	1,809	2,039	2,253	2,472	2,696	2,925	3,065	3,098	3,130	3,130	3,130
I.S.R.	11,672	0	189	884	959	1,036	1,114	1,194	1,243	1,255	1,266	1,266	1,266
UTILIDAD NETA	23,690	1,595	1,620	1,155	1,294	1,436	1,582	1,731	1,822	1,843	1,864	1,864	1,864

BALANCE GENERAL

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE

AÑO	1992		1993		1994		1995		1996		1997	
	SEMESTRE 1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<u>ACTIVO</u>	1,556	49,383	84,840	111,753	106,165	100,577	94,990	89,402	83,814	78,227	72,639	67,052
CAJA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACTIVO FIJO	1,556	49,383	84,840	111,753	106,165	100,577	94,990	89,402	83,814	78,227	72,639	67,052
<u>PASIVO</u>	1,347	43,992	74,816	98,447	93,135	87,635	81,961	76,106	70,063	63,479	56,703	49,726
PASIVO A C.P.	0	0	0	5,312	5,500	5,674	5,855	6,043	6,584	6,777	6,976	7,183
PASIVO A L.P.	1,347	43,992	74,816	93,135	87,635	81,961	76,106	70,063	63,479	56,703	49,726	42,544
<u>CAPITAL CONTABLE</u>	209	6,947	11,580	14,861	14,586	14,498	14,585	14,852	15,308	16,304	17,493	18,881
APORTACIONES C.R.	177	5,905	9,843	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632
APORTACIONES I.F.C.	31	1,042	1,737	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229
UTILIDAD NETA	0	0	0	0	(275)	(87)	86	267	456	996	1,189	1,389
UTILIDAD ANTERIORES	0	0	0	0	0	(275)	(363)	(277)	(9)	446	1,442	2,631

BALANCE GENERAL

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE

AÑO	1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<u>ACTIVO</u>	61,464	55,876	50,289	44,701	39,113	33,526	30,660	31,021	31,403	33,267	35,131	36,995
CAJA	0	0	0	0	0	0	2,722	8,670	14,640	22,092	29,543	36,995
ACTIVO FIJO	61,464	55,876	50,289	44,701	39,113	33,526	27,938	22,351	16,763	11,175	5,588	0
<u>PASIVO</u>	42,544	35,337	28,594	21,713	14,689	7,519	2,923	1,461	0	0	0	0
PASIVO A C.P.	7,207	6,742	6,882	7,024	7,169	4,596	1,461	1,461	0	0	0	0
PASIVO A L.P.	35,337	28,594	21,713	14,689	7,519	2,923	1,462	0	0	0	0	0
<u>CAPITAL CONTABLE</u>	20,476	22,096	23,250	24,544	25,981	27,563	29,293	31,115	32,958	34,822	36,687	38,551
APORTACIONES C.R.	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632	12,632
APORTACIONES I.F.C.	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229	2,229
UTILIDAD NETA	1,595	1,620	1,155	1,294	1,436	1,582	1,731	1,822	1,843	1,864	1,864	1,864
UTILIDAD ANTERIORES	4,020	5,615	7,234	8,389	9,683	11,119	12,701	14,432	16,254	18,097	19,961	21,825

RAZONES FINANCIERAS

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE

AÑO	1992		1993		1994		1995		1996		1997	
SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

RENTABILIDAD

UTILIDAD NETA/INGRESOS TOT. (%)					-2.1%	-0.7%	0.7%	2.0%	3.5%	7.6%	9.1%	10.6%
UTILIDAD NETA/CAP. CONTABLE (%)					-1.9%	-0.6%	0.6%	1.8%	3.0%	6.1%	6.8%	7.4%
UTILIDAD NETA/ACTIVO TOTAL (%)					-0.3%	-0.1%	0.1%	0.3%	0.5%	1.3%	1.6%	2.1%

ACTIVIDAD

INGRESOS TOT./ACTIVO TOT. (VECES)					0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19
INGRESOS TOT./ACTIVO FJO (VECES)					0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19

LIQUIDEZ

CAPITAL DE TRABAJO NETO (\$)					0	0	0	0	0	0	0	0
------------------------------	--	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---

ESTRUCTURA

PASIVO TOTAL/ACTIVO TOTAL (%)		89.1%	88.2%	88.1%	87.7%	87.1%	86.3%	85.1%	83.6%	81.1%	78.1%	74.2%
PASIVO TOTAL/CAPITAL CONTABLE		633.3%	646.1%	662.4%	638.5%	604.4%	562.0%	512.4%	457.7%	389.4%	324.2%	263.4%
VECES LOS INTERESES (VECES) (1)					2.57	2.71	2.86	3.04	3.26	4.08	4.49	5.01

(1) ((UO-DEPYGTO.FIN.)

RAZONES FINANCIERAS

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE

AÑO	1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

RENTABILIDAD

UTILIDAD NETA/INGRESOS TOT. (%)	12.2%	12.4%	8.8%	9.9%	11.0%	12.1%	13.2%	13.9%	14.1%	14.3%	14.3%	14.3%
UTILIDAD NETA/CAP. CONTABLE (%)	7.8%	7.3%	5.0%	5.3%	5.5%	5.7%	5.9%	5.9%	5.6%	5.4%	5.1%	4.8%
UTILIDAD NETA/ACTIVO TOTAL (%)	2.6%	2.9%	2.3%	2.9%	3.7%	4.7%	5.6%	5.9%	5.9%	5.6%	5.3%	5.0%

ACTIVIDAD

INGRESOS TOT./ACTIVO TOT. (VECES)	0.21	0.23	0.26	0.29	0.33	0.39	0.43	0.42	0.42	0.39	0.37	0.35
INGRESOS TOT./ACTIVO FIJO (VECES)	0.21	0.23	0.26	0.29	0.33	0.39	0.47	0.58	0.78	1.17	2.34	

LIQUIDEZ

CAPITAL DE TRABAJO NETO (\$)	0	0	0	0	0	0	1,261	7,209	14,640	22,092	29,543	36,995
------------------------------	---	---	---	---	---	---	-------	-------	--------	--------	--------	--------

ESTRUCTURA

PASIVO TOTAL/ACTIVO TOTAL (%)	69.2%	63.2%	56.9%	48.6%	37.6%	22.4%	9.5%	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
PASIVO TOTAL/CAPITAL CONTABLE	207.8%	159.9%	123.0%	88.5%	56.5%	27.3%	10.0%	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
VECES LOS INTERESES (VECES) (1)	5.68	6.60	7.99	9.94	13.24	20.07	42.44	134.03	268.02			

(1) (UO+DEP)/GTO.FIN.)

PLANTA: TOLUCA NORTE – TOLUCA ORIENTE

PREMISAS PARA EL ANALISIS FINANCIERO

CAPACIDAD DEL DISEÑO	70.97 Millones de metros cubicos anuales	(Eficiencia = .93)
DEMANDA INICIAL	63.07 Millones de metros cubicos anuales	
TARIFA:		
COMPONENTE FIJA	2,820 MILLONES DE PESOS	(mensuales)
COMPONENTE VARIABLE	230 \$ / m3 TRATADOS	
GASTOS ADMINISTRATIVOS	1.0% SOBRE LOS INGRESOS DEL PERIODO	
SEGUROS Y FIANZAS	1.0% SOBRE EL COSTO DE CONSTRUCCION E INGRESOS	
TASA IMPOSITIVA	35.0%	
GASTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO: SE COMPONEN DE DOS PARTES:		
	- PARTE FIJA:	\$ 6,216 Millones de pesos anuales.
	- PARTE VARIABLE:	\$ 116.6 pesos por metro cubico tratado.

COSTO DE CONSTRUCCION DE LA PLANTA

AÑO	MONTO	FINANCIAMIENTO				
		CAPITAL (15%)		CREDITO (85%)		
		C. R.	I.F.C.	NACIONAL	EXTRANJERO	I.F.C.
1992 – 1º	2,915	372	66	2,478	0	0
1992 – 2º	92,894	11,844	2,090	50,113	7,714	21,133
1993 – 1º	57,730	7,361	1,299	17,938	17,999	13,134
1993 – 2º	45,924	5,855	1,033	28,588	0	10,448
TOTAL	199,463	25,432	4,488	99,116	25,713	44,715

* CANTIDADES EN MILLONES DE PESOS (CONSTANTES ENERO '92)

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE - TOLUCA ORIENTE

	AÑO	1992		1993		1994		1995		1996		1997	
		SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
	TOTAL												
COSTO DE CONSTRUCCION	199,462	2,915	92,894	57,730	45,924	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS	489,839	0	0	0	0	24,173	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509
EGRESOS													
ADMINISTRACION	4,898	0	0	0	0	242	245	245	245	245	245	245	245
OPERACION Y MANTENIMIENTO	138,933	0	0	0	0	6,785	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955
SEGUROS Y FIANZAS	4,898	0	0	0	0	242	245	245	245	245	245	245	245
DEPRECIACION	218,482	0	0	0	0	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924
UTILIDAD DE OPERACION	122,627	0	0	0	0	5,980	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139
INTERESES	49,434	0	0	0	0	5,772	5,483	5,177	4,860	4,530	4,188	3,809	3,417
COMISION SOC. FINAN.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVAL BANOBRAS	4,007	0	0	0	0	873	841	804	765	724	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMP.	69,187	0	0	0	0	(665)	(184)	158	514	886	1,952	2,331	2,723
I.S.R.	22,808	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDAD NETA	46,379	0	0	0	0	(665)	(184)	158	514	886	1,952	2,331	2,723

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE - TOLUCA ORIENTE

	AÑO	1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	TOTAL												
COSTO DE CONSTRUCCION	199,462	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS	489,839	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509	24,509
EGRESOS													
ADMINISTRACION	4,898	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
OPERACION Y MANTENIMIENTO	138,933	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955	6,955
SEGUROS Y FIANZAS	4,898	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
DEPRECIACION	218,482	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924	10,924
UTILIDAD DE OPERACION	122,627	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139	6,139
INTERESES	49,434	3,011	2,591	2,139	1,719	1,291	853	405	127	64	0	0	0
COMISION SOC. FINAN.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVAL BANOBRAS	4,007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMP.	69,187	3,128	3,548	4,001	4,420	4,848	5,287	5,735	6,012	6,076	6,139	6,139	6,139
I.S.R.	22,808	0	301	1,733	1,880	2,030	2,183	2,340	2,437	2,459	2,482	2,482	2,482
UTILIDAD NETA	46,379	3,128	3,247	2,268	2,540	2,819	3,103	3,395	3,575	3,616	3,658	3,658	3,658

BALANCE GENERAL

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE - TOLUCA ORIENTE

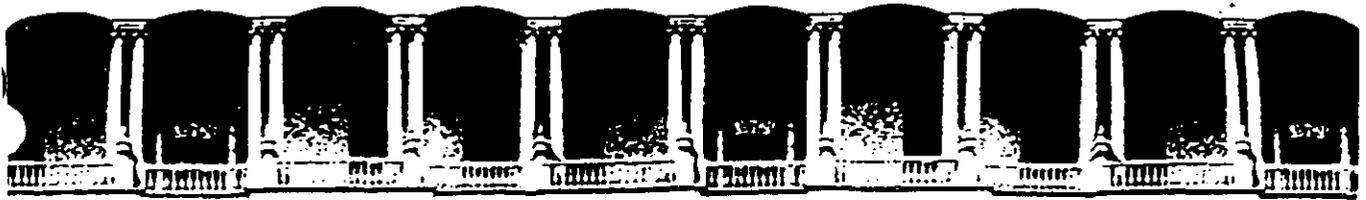
AÑO	1992		1993		1994		1995		1996		1997		
	SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
<u>ACTIVO</u>		3,112	99,119	164,366	218,482	207,558	196,634	185,709	174,785	163,861	152,937	142,013	131,089
CAJA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACTIVO FIJO		3,112	99,119	164,366	218,482	207,558	196,634	185,709	174,785	163,861	152,937	142,013	131,089
<u>PASIVO</u>		2,695	88,292	145,054	192,548	182,288	171,548	160,466	149,028	137,218	124,342	111,087	97,441
PASIVO A C.P.		0	0	0	10,259	10,740	11,082	11,438	11,810	12,876	13,255	13,647	14,052
PASIVO A L.P.		2,695	88,292	145,054	182,288	171,548	160,466	149,028	137,218	124,342	111,087	97,441	83,388
<u>CAPITAL CONTABLE</u>		417	13,939	22,423	29,046	28,381	28,197	28,355	28,870	29,755	31,707	34,038	36,760
APORTACIONES C. R.		354	11,848	19,060	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689
APORTACIONES I.F.C.		63	2,091	3,364	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357
UTILIDAD NETA		0	0	0	0	(665)	(184)	158	514	886	1,952	2,331	2,723
UTILIDAD ANTERIORES		0	0	0	0	0	(665)	(849)	(691)	(176)	709	2,661	4,992

BALANCE GENERAL

MILLONES DE PESOS DE ENERO DE 1992

PLANTA: TOLUCA NORTE - TOLUCA ORIENTE

AÑO	1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	SEMESTRE 1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<u>ACTIVO</u>	120,165	109,241	98,317	87,393	76,469	65,545	59,862	60,581	61,340	64,998	68,656	72,313
CAJA	0	0	0	0	0	0	5,242	16,884	28,568	43,150	57,732	72,313
ACTIVO FIJO	120,165	109,241	98,317	87,393	76,469	65,545	54,620	43,696	32,772	21,848	10,924	0
<u>PASIVO</u>	83,388	69,217	56,026	42,561	28,819	14,791	5,714	2,857	0	0	0	0
PASIVO A C.P.	14,171	13,192	13,464	13,743	14,028	9,077	2,857	2,857	0	0	0	0
PASIVO A L.P.	69,217	56,026	42,561	28,819	14,791	5,714	2,857	0	0	0	0	0
<u>CAPITAL CONTABLE</u>	39,889	43,135	45,403	47,943	50,762	53,865	57,260	60,835	64,451	68,109	71,767	75,424
APORTACIONES C. R.	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689	24,689
APORTACIONES I.F.C.	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357	4,357
UTILIDAD NETA	3,128	3,247	2,268	2,540	2,819	3,103	3,395	3,575	3,616	3,658	3,658	3,658
UTILIDAD ANTERIORES	7,714	10,843	14,089	16,357	18,897	21,716	24,819	28,214	31,789	35,405	39,063	42,721



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

INGENIERIA FINANCIERA

TUNEL DE ACCESO A LA CIUDAD
DE ACAPULCO

"TUNEL DE ACCESO A LA CIUDAD DE ACAPULCO"

CONTENIDO

- I) **Resumen Ejecutivo**
 - * **Antecedentes**
 - * **Descripción General**
 - * **Beneficios**

- II) **Esquema funcional**

- III) **Análisis Financieros**
 - * **Premisas Generales**
 - * **Programa y Presupuesto de Construcción**
 - * **Análisis de Sensibilidad**
 - * **Corrida Financiera**

- IV) **Comentarios**

RESUMEN EJECUTIVO

Antecedentes

Dado el tráfico que existe en la entrada a Acapulco y lo complejo que es librar El Cerro de las Cruces, se pensó en un acceso que libre a éste para desahogar la carretera actual.

La solución presentada por C.R. fué la de un túnel de 3 Km. de largo. Así como las vialidades de entrada y salida al mismo tunel.

Se está buscando la obtención de fondos para el inicio de la obra, la estructura financiera que se propone es de:

- * Crédito: 40%
- * Capital: 25%
- * Capufe: 35%

Lo anterior es para poder mantener las tarifas vehiculares y plazos de amortización dentro de rangos tolerables. Esto aunado a que no se debe de descuidar el calendario de construcción pues éste tiene gran impacto sobre los resultados.

DESCRIPCION GENERAL

Las obras realizadas con el proyecto se integran por una parte, a las realizadas por la construcción de la nueva carretera de cuota CD. de México - CD. de Acapulco, y por la otra, a las vías de circulación actual que sirven de acceso a la Ciudad de Acapulco. Estas avenidas son las siguientes: Cuauhtémoc, Farallon y Ruíz Cortines. Las primeras dos se conectan con la avenida principal de la Ciudad que es la Costera Miguel Alemán.

El tráfico se origina por necesidades de comunicación local, principalmente de los habitantes ubicados en la periferia norte en la zona llamada Anfiteatro (Emiliano Zapata y Cd. Renacimiento) que requieren trasladarse al centro de la ciudad o la zona costera. En segundo lugar por necesidades interurbanas, sobre todo por las que se generen con las actividades

turísticas, comerciales y de servicios que son las de mayor importancia en el puerto. El tráfico estimado de automóviles y autobuses de pasajeros que corresponde a cada uno de estos dos tipos de necesidades se presenta con volúmenes de operación semejantes, 53.4% en el caso de tráfico local y 46.6% en el tráfico foráneo.

Para realizar el proyecto se ha optado por la modalidad de concesiones que ofrece el Gobierno Mexicano. Con ella se da oportunidad de participar a inversionistas privados en la construcción, operación y administración de las obras con opción de poseer los activos por el tiempo de vigencia de la concesión, dicha concesión fue otorgada a C.R.

Beneficios

El proyecto del sistema de túnel responde a tres condiciones principales: facilitar la entrada vehicular a la ciudad; evitar que se originen asentamientos adicionales; e integrar el proyecto a la vialidad existente.

ANALISIS FINANCIEROS

A continuación se anexa:

- * Programa y Presupuesto de Construcción
- * Análisis de Sensibilidad
- * Corrida Financiera

Tunel Acapulco

Datos que sustentan la Proyeccion Financiera:

Premisas:

Longitud: 3 km Tramo de 3 carriles.
 Monto Total de Obra s/IVA \$349,974.0 MDP
 Tiempo de Ejecucion de obra: 27 Meses
 Trafico Ponderado 11,672 Vehiculos/Dia
 Tasa de Crecimiento Anual 4%
 Tarifa Promedio Ponderada s/IV. \$8,835.6 /Km

Composicion Vehicular 53.4% Transito Local
 46.6% Transito Foraneo

Tarifas (C/IVA):	Automovil	Autobus	Camion Ponderada (S/IVA)	
Transito Local*	\$6,325	\$12,650	\$20,240	6,836
Transito Foraneo	\$12,650	\$25,300	\$40,480	13,671
	*Transito Local sólo paga mitad de Tarifa			20,507

Composición	87.0%	8.1%	4.9%
-------------	-------	------	------

Esquema de Financiamiento:

Credito	40%
Capital	25%
Capufe	35%

Resultados:

TIR Accionista al año	18	8.97%
Amortizacion Credito	9.8 Años	

Análisis a Precios Constantes de Enero 1992

Impuestos:

ISR	35%
IVA	10%
IAE	2%

Tasa Real:

Año 1	6%
Año 2	0.06
Año 3	6.00%
Resto	6.00%

Plazo de Concesion 18 Años

Contraprestacion SCT y Fondo Cap.	1.5%
Comision Financiamiento	1%
Aval Banobras	1.5%
Gastos Fideicomiso	50 MDP/Mes
Supervision	2%
Administracion	1.45%
Tasa de Descuento	10%
Derecho de Via	5.00%
Gastos Proyecto	7.00%
Gastos Ingenieria Financiera	1.25% <small>Antes Operación</small>
Costo Operacion	\$680 /Trimestre
Costo Mantenimiento	\$2,054 /Trimestre

TUNEL ACAPULCO

Análisis de Sensibilidad

Aforo: El proyecto es muy sensible al aforo, una disminución del 20% del aforo actual reduce la TIR del Accionista de 8.97% a 3.9%, es decir una reducción de aproximadamente 140%.

TCMA: La Tasa de Crecimiento Media Anual que se utiliza es de 4%, avalada por la SCT, sin embargo se puede presentar el caso en donde la TCM sea del 2.8%. Esto trae como consecuencia una disminución de la TIR del Accionista de 8.975 a 6.8%.

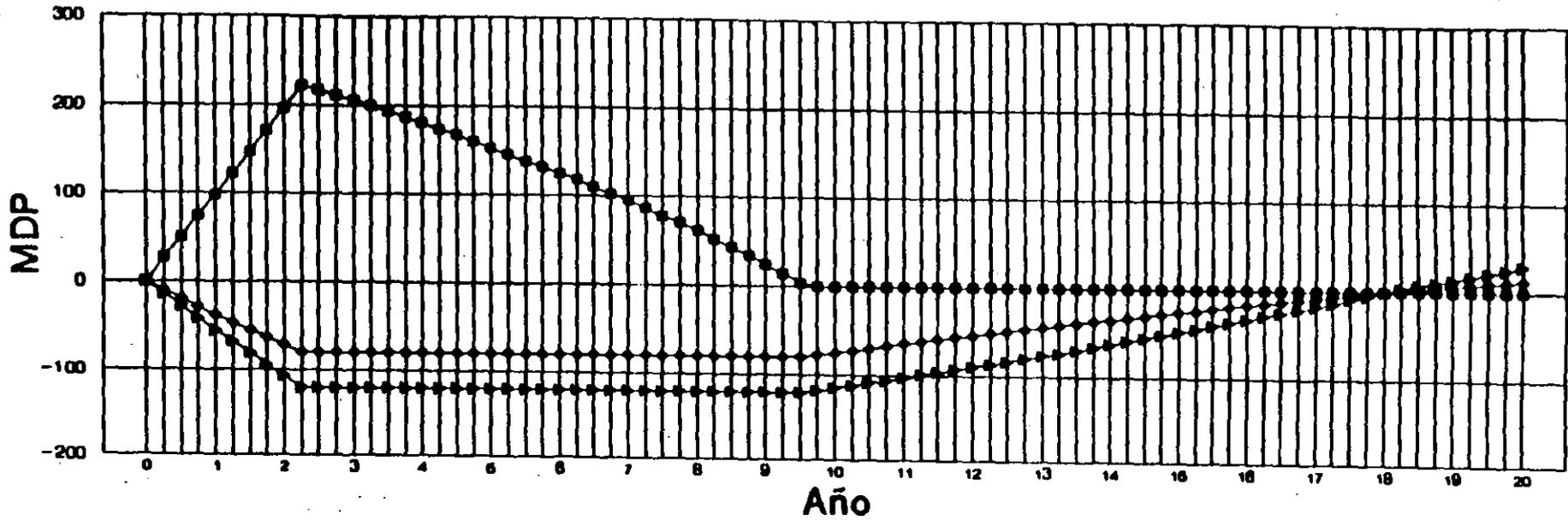
Tasa Real: Si la tasa real aumenta de 6% a 7.2%. Esto reduce la TIR del Accionista de 8.97% a 8.39%.

Estructura Financiera: Actualmente se busca que la TIR del accionista se encuentre alrededor del 8%, y que la amortización bancaria sea menor o igual a 10 años. Se requiere establecer la participación de Capufe pues esto beneficia al proyecto.

Costo de Construcción: Mayores costos de construcción implican menores TIR'S. En este, aumentar los costos de construcción en un 20% disminuyen la TIR del Accionista de 8.97% a 5.80%. Esto es un 30% de reducción.

Costo de Construcción y Aforo: Si el costo de construcción aumenta en un 20% y el aforo baja a un 70% de la capacidad considerada, la TIR del Accionista baja de 8.97% a aproximadamente -9% y la amortización bancaria se eleva de 9.8 años a 17.3 años.

Tunel Acapulco



—●— 1 —●— 2 —●— 3

Flujo:	1 Credito	40%	TIR Accionista	9.97%	Construccion	27 Meses
	2 Accionista	25%	Se utilizó Credito Bancario			
	3 Capite	35%	Amortizacion	9.9 Años		

VARIABLES CLAVE:																
IMP A FONDO	30,007															
NETO CONSTR.	3,8974															
MTAO. OPER.	11,072															
IMP. FONDADOS:	288,000															
C.B.A.:	4.00%															
ACT. CREC.	1.0000															
PI	0.07%															
ECHA:		12											13			14
08 - Mar - 82		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2			
		47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58			
COSTO CONSTRUCCION		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
INGRESOS POR TRAFICO		10,001	17,000	17,200	17,420	17,500	17,771	17,840	18,123	18,302	18,482	18,664	18,848			
OTROS INGRESOS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
INGRESOS BRUTO (B.M.V.)		10,001	17,000	17,200	17,420	17,500	17,771	17,840	18,123	18,302	18,482	18,664	18,848			
COMISION S.C.T y Fondo Operacion		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
GASTOS DE OPERACION		204	200	200	204	204	207	209	272	276	277	280	280			
GASTOS FENIMIENTO		2,004	2,004	2,004	2,004	2,004	2,004	2,004	2,004	2,004	2,004	2,004	2,004			
SUPERVISION OBRAS (INC. COSTO CONSTR.)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
ADMINISTRACION		240	240	240	239	233	228	220	209	200	190	171	153			
SEGUROS/FIANZAS (Der. via y Gastos Pro)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
AMORT. GTOB. DE FIDUCIAS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
GASTOS DEL FIDUCIARIO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
EGRESOS DE OPERACION		3,208	3,208	3,208	3,208	3,200	3,208	3,313	3,310	3,304	3,298	3,290	3,280			
B.M.V. DE OPERACION		13,000	13,000	13,000	14,120	14,295	14,400	14,630	14,805	14,976	15,130	15,300	15,500			
DEPRECIACION		3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300			
C. FINANCIERO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
GASTOS FINANCIEROS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
ANAL. FINANCIERO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
REB.L.1 ANTES IMPUESTOS		8,000	8,345	8,400	8,573	8,740	8,808	8,978	9,340	9,425	9,500	9,774	9,903			
TOTAL DE IMPUESTOS		2,800	2,800	2,843	3,001	3,000	3,116	3,177	3,237	3,280	3,300	3,421	3,484			
RESULTADO NETO		8,204	8,300	8,485	8,572	8,681	8,780	8,901	9,012	9,120	9,200	9,300	9,400			
RESULT. OPERAT. ANTES IMP.		13,000	13,000	13,000	14,120	14,295	14,400	14,630	14,805	14,976	15,130	15,300	15,500			
IMPUESTOS		2,800	2,800	2,843	3,001	3,000	3,116	3,177	3,237	3,280	3,300	3,421	3,484			
RESULTADO NETO PROYECTO		10,000	10,014	11,000	11,120	11,295	11,345	11,450	11,567	11,690	11,784	11,800	12,000			
FLUJO NETO		10,000	10,014	11,000	11,120	11,295	11,345	11,450	11,567	11,690	11,784	11,800	12,000			
FLUJO ACUMULADO		(40,000)	(20,100)	(10,000)	0,000	4,200	10,000	27,000	40,000	50,000	60,000	70,000	80,000			
TIR		-0.43%	-0.30%	-0.18%	-0.07%	0.04%	0.14%	0.24%	0.33%	0.42%	0.50%	0.58%	0.65%			
TIR ANUAL PROY. AÑO 10 =		(174.001)	(171.200)	(167.000)	(164.001)	(161.001)	(158.000)	(155.000)	(152.000)	(148.000)	(144.000)	(140.000)	(136.000)			

PARAMETROS CLAVE:	
ANFA	20,007
IDTIO CONSTR.	34894
CAPTAC. SUPER.	11,672
IMP. FONDADER.	88,888
ICMA:	4.00%
ACT. FINAN.:	1.00%
IR IVA 20 =	0.07%

FECHA:	5	18	1	2	3	18	1	2	3	20
05-May-82	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
PROGRAMA DE INVERSIÓN										
COSTO CONSTRUCCION (940,000)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SIN IVA										
INGRESOS POR TRAFICO	21,410	21,881	21,836	22,080	22,287	22,488	22,708	22,832	23,158	23,388
OTROS INGRESOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESO BRUTO (SIN IVA)	21,410	21,881	21,836	22,080	22,287	22,488	22,708	22,832	23,158	23,388
COMISION S.C.T y Fondo Capacitacion 1.80%	385	394	398	394	394	397	391	394	397	394
GASTOS DE OPERACION	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880
GASTOS MANTENIMIENTO	2,054	2,054	2,054	2,054	2,054	2,054	2,054	2,054	2,054	2,054
SUPERACION OBRA (INC. COSTO CONSTR.) 2.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADMINISTRACION 1.40%	310	314	0	0	0	0	0	0	0	0
SEGUROS/PANZAS (Der. via y Gastos Pas.) 14.16%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMORT. GTCOS DEFERIDOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS DEL FIDEICOMISO	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
EGRESOS DE OPERACION	3,410	3,422	3,112	3,118	3,118	3,121	3,125	3,128	3,131	3,135
RESULT. DE OPERACION	17,885	18,289	18,728	18,962	19,169	19,365	19,583	19,804	20,088	20,251
DEPRECIACION	5,955	5,955	0	0	0	0	0	0	0	0
IN SOCIO FINANCIERO 1.80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVAL FINANCIERO 1.80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESULTADO ANTES IMPUESTOS	12,440	12,844	18,728	18,962	19,169	19,365	19,583	19,804	20,088	20,251
TOTAL DE IMPUESTOS	4,384	4,428	8,953	8,827	8,702	8,778	8,854	8,831	7,008	7,088
RESULTADO NETO	8,088	8,218	12,170	12,308	12,447	12,587	12,728	12,872	13,017	13,163
RESULT. OPERAT. ANTES IMP.	17,885	18,289	18,728	18,962	19,169	19,365	19,583	19,804	20,088	20,251
IMPUESTOS	4,384	4,428	8,953	8,827	8,702	8,778	8,854	8,831	7,008	7,088
RESULTADO NETO PROYECTO	13,841	13,774	12,170	12,308	12,447	12,587	12,728	12,872	13,017	13,163
INVERSION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO	13,841	13,774	12,170	12,308	12,447	12,587	12,728	12,872	13,017	13,163
FLUJO ACUMULADO	28,488	28,243	27,413	28,721	28,188	28,788	28,484	28,288	28,273	28,837
TIR TRIMESTRAL	1.37%	1.47%	1.44%	1.48%	1.51%	1.54%	1.57%	1.67%	1.67%	1.67%
VPN PROYECTO TABA = 10.00%	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(98,000)	(96,000)	(94,700)	(92,000)	(91,000)	(90,000)
TIR ANUAL PROV. AÑO 18 =		0.50%				0.50%				0.50%

TARIFA POMO.	20,567
COSTO CONSTR.	3,000
CANTAC. ESPER.	11,672
TRAF. PONDERR.	300,000
T.O.M.A.	4,00%
FACT. CREC. INER.	1,00%
TIR 10A GM =	8,87%

TUNEL ACAPALCO
MEXICO.
BÁSICA

COSTO	3,000 (CONSTRUCCION)	COMISION SCT
LARGO TUNEL	3 KMS	COM. SOC. F.M.
\$/K.M. -	100,000 (CONSTRUCCION)	FIANZA Y SEGURO
\$/K.M. -	6,638 (TARIFA)	ENCAJE LEGAL B.M.
EJECUCION	2.25 AÑOS	AVANCE FINANCIERO
CANTIDADES EN MILLONES DE PESOS		CONCESION
ANALISIS A PRECIOS CONSTANTES DE ENERO DE 1982		

FECHA:	AÑO		1				2				1		2	
	TRIMESTRE	TRIMESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
05-May-82			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INGRESOS	TOTAL													
21) INGRESOS														
INGRESOS (CVA)														
TARIFAS/PEAJE	1,382,101		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,000
OTROS INGRESOS	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE INGRESOS BRUTOS	1,382,101		0	12,000										
IVA RECUPERADO (90 DIAS)	0													
OBRA	34,987		0	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
OPERACION	4,780		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANTENIMIENTO	14,376		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPERVISION	638		0	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
ADMINISTRACION	1,346		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FIANZA Y SEGUROS	4,938		0	548	548	548	548	548	548	548	548	548	548	548
OTROS FINANCIEROS (AVL Y COMISION)	500		0	0	60	58	58	60	61	62	62	63	63	63
OTROS FINANCIEROS	6,000		0	0	40	75	110	148	183	220	257	285	285	285
GASTOS DE FIDEICOMISO	380		0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TOTAL DE IVA RECUPERADO	68,683		0	4,913	4,918	4,945	4,981	4,716	4,768	4,780	4,831	4,871	4,871	4,871
REC. RESERVA DE MANTTO.	3,800		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INTERESES GANADOS	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENCAJE LEGAL RECUPERADO	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS NETOS														
INVERSION BRUTA EN OBRA CIVIL	288,871		42,775	42,775	42,775	42,775	42,775	42,775	42,775	42,775	42,775	42,775	42,775	0
IVA TARIFAS/PEAJE	120,188		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,177
OTROS INGRESOS NETOS	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERACION CIVIL	18,030		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	177
MANTENIMIENTO CIVIL	63,108		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148
RESERVA DE MANTTO. CIVIL	180,417		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,298
RESERVA DE MANTTO. CVA	3,800	1,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,800
SUPERVISION OBRA (INCLUIDO COSTO CONSTR.)	7,888		805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	0
ADMIN. CIVIL INC. COSTO CONSTR.	14,807		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171
FIANZA Y SEGUROS	54,281		6,031	6,031	6,031	6,031	6,031	6,031	6,031	6,031	6,031	6,031	6,031	0
COMISION OTROS FINANCIEROS	6,048		0	728	634	638	648	658	688	688	688	688	688	701
GASTOS FINANCIEROS	75,747		0	441	828	1,214	1,808	2,008	2,410	2,828	3,247	3,673	3,673	3,673
GASTOS DE FIDEICOMISO	4,400		55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
IMPUESTOS A PAGAR	188,184		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE ENTRADAS	1,382,101		0	4,913	4,918	4,945	4,981	4,716	4,768	4,780	4,831	4,871	4,871	17,620
TOTAL DE SALIDAS	1,000,748		40,718	68,683	81,178	81,888	81,873	83,353	83,888	85,883	88,683	91,810	91,810	12,810
TOTAL ENTRADAS MENOS SALIDAS	381,353		(40,718)	(63,770)	(76,233)	(86,943)	(86,892)	(86,637)	(89,120)	(91,108)	(93,852)	(96,939)	(96,939)	5,810
ACUM. ADO			(40,718)	(84,488)	(111,221)	(138,164)	(165,056)	(191,683)	(217,803)	(243,911)	(270,063)	(296,273)	(322,512)	(348,702)

CONDICIONES ECONÓMICAS		CONDICIONES ECONÓMICAS											
TARIFA POND.	20,007	1.00%	DEPRECIACION EN LINEA RECTA				CREDITO		CAPURE				
COSTO CONSTR.	88874	1.00%	IMPUESTOS: ISR =				35.00% APORT. CAPITAL		40.00%		35.00%		
CAPTAO. ESPER.	11,672	14.10%	RUT =				0.00%		25.00%				
TRAF. PONDABE:	884,823	0.00%	IAE =				2.00%		AÑO 1 =		0.00%		
T.C.M.A.:	4.00%	1.50%	NA =				10.00%		AÑO 2 =		0.00%		
FACT. CREO. ANUAL:	1.0000	16 AÑOS							AÑO 3 =		0.00%		
TEN 18A 000 =	0.87%								RESTO =		0.00%		
FECHA:			3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
08-May-82			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2.1) INGRESOS													
INGRESOS (CIVA)													
TARIFAS/PEAJE	13,877	13,208	13,338	13,468	13,600	13,734	13,870	14,008	14,144	14,284	14,426		
OTROS INGRESOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TOTAL DE INGRESOS BRUTOS	13,877	13,208	13,338	13,468	13,600	13,734	13,870	14,008	14,144	14,284	14,426		
IVA RECUPERADO (80 DIAS)													
OPERACION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MANTENIMIENTO	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205		
SUPERVISION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ADMINISTRACION	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17	17		
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
GTOS FINANCIEROS (ANAL Y COMISION)	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
GTOS FINANCIEROS	334	328	318	308	301	294	287	272	262	251	241		
GASTOS DE FIDEICOMBO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
TOTAL DE IVA RECUPERADO	682	623	612	604	595	588	577	567	557	547	538		
REC. RESERVA DE MANTO.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
INTERESES GANADOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ENCAJE LEGAL RECUPERADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2.2) GASTOS													
INVERSION BRUTA EN OBRA CIVIL													
IVA TARIFAS/PEAJE	1,188	1,201	1,212	1,224	1,238	1,248	1,261	1,273	1,288	1,299	1,311		
CONTABILIZACION BCT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OPERACION CIVIL	178	180	180	181	181	181	181	181	180	180	180		
MANTENIMIENTO CIVIL	748	748	748	748	748	748	748	748	748	748	748		
RESERVA DE MANTO. CIVIL	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258		
SUPERVISION OBRA (INCLUIDO COSTO CONSTR.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ADMIN. CIVIL INC. COSTO CONSTR.	172	174	178	178	178	181	183	185	185	188	188		
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
COMISION GTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
GASTOS FINANCIEROS	3,980	3,488	3,404	3,308	3,205	3,101	2,993	2,881	2,768	2,647	2,525		
GASTOS DE FIDEICOMBO	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55		
IMPUESTOS A PAGAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TOTAL DE ENTRADAS	13,788	13,627	13,648	14,072	14,188	14,321	14,447	14,574	14,702	14,831	14,961		
TOTAL DE SALIDAS	8,182	8,118	8,038	7,954	7,868	7,780	7,688	7,593	7,494	7,391	7,285		
TOTAL ENTRADAS MENOS SALIDAS	5,607	5,510	5,610	6,118	6,320	6,541	6,759	6,981	7,208	7,440	7,676		
ACUMULADO	(418,238)	(413,628)	(407,811)	(401,684)	(395,167)	(388,237)	(381,008)	(374,607)	(368,000)	(361,200)	(354,285)		

TARIFA POND.		0												
COSTO CONSTR.	0.0074													
CAPTAC. SUPER.	11.072													
IMP. PONDADO:	000.000													
T.O.M.A.:	4.00%													
FACT. CREC. JUAL:	1.0000													
TR	100.000 =	0.07%												
FECHA:		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00-May-00		00	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
2.1) INGRESOS														
INGRESOS (CIVA)														
TARIFA POND.		14,887	14,710	14,605	15,002	15,148	15,288	15,448	15,602	15,756	15,911	16,067		
OTROS INGRESOS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TOTAL DE INGRESOS BRUTOS		14,887	14,710	14,605	15,002	15,148	15,288	15,448	15,602	15,756	15,911	16,067		
IVA RECUPERADO (NO CIVA)														
OBRA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OPERACION		205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205		
MANUTENIMIENTO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
SUPERVISION		17	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18		
FIANZA Y SEGUROS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
GTOS FINANCIEROS (AVL Y COMIS)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
GTOS FINANCIEROS		230	218	208	188	167	177	185	188	141	128	117		
GASTOS DE FIDEICOMBO		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
TOTAL DE IVA RECUPERADO		525	514	504	484	464	473	482	480	438	428	414		
REC. RESERVA DE MANTO.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
INTERESES GANADOS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ENCAJE LEGAL RECUPERADO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
IVA RECUPERADO NETO		0												
INVERSION BRUTA EN OBRA CIVA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
IVA TARIFAS POND.		1,324	1,337	1,350	1,364	1,377	1,391	1,404	1,418	1,432	1,446	1,461		
CONTRATACION BCI		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OPERACION CIVA		188	201	205	205	207	208	211	213	215	217	218		
MANUTENIMIENTO CIVA		748	748	748	748	748	748	748	748	748	748	748		
RESERVA DE MANTO CIVA		2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258		
SUPERVISION OBRA (INCLUIDO CONSTR)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ADMON CIVA INC. COSTO CONSTR.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ADMON CIVA INC. COSTO CONSTR.		188	184	188	188	203	202	204	208	208	210	212		
FIANZA Y SEGUROS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
COMISION GTOS FINAN. AVL FINAN.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
GASTOS FINANCIEROS		2,388	2,280	2,178	2,082	1,942	1,817	1,688	1,565	1,450	1,282	1,141		
GASTOS DE FIDEICOMBO		55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55		
IMPUESTOS A PAGAR		1,388	1,381	1,333	1,305	1,278	1,250	1,315	1,404	1,485	1,567	1,650		
TOTAL DE ENTRADAS		15,882	15,224	15,358	15,488	15,633	15,772	15,911	16,052	16,194	16,337	16,481		
TOTAL DE SALIDAS		8,584	8,445	8,323	8,188	8,085	7,930	7,804	7,658	7,532	7,404	7,275		
TOTAL ENTRADAS MENOS SALIDAS		7,298	6,779	7,035	7,300	7,548	7,842	8,107	8,394	8,662	8,933	9,206		
ACUMULADO		(348,837)	(330,288)	(312,225)	(294,677)	(277,364)	(260,613)	(244,488)	(228,907)	(213,828)	(199,257)	(185,201)		

TARIFA FONDO:	20,007
COSTO CONSTR.	20074
CAPTAC. ESFER.	11,072
TARIF. FONDOS:	200,000
T.C.M.A.:	4.00%
FACT. CRSD/INTE:	1.0000
TPI	10A 000 = 0.07%

FECHA:	1	2	3	4	1	2	3	4	10	1	2	3
09-May-02	20	24	25	28	37	38	38	40	40	41	42	43
2.1) INGRESOS												
INGRESOS (CIVA)												
TARIFA IMPORTE	16,208	16,388	16,047	16,710	16,875	17,041	17,208	17,376		17,000	17,723	17,887
OTROS INGRESOS	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
TOTAL DE INGRESOS BRUTOS	16,208	16,388	16,047	16,710	16,875	17,041	17,208	17,376		17,000	17,723	17,887
IVA RECUPERADO (80 DIAS)												
OBRA	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
OPERACION	88	88	88	88	88	88	88	88		88	88	88
MANTENIMIENTO	205	205	205	205	205	205	205	205		205	205	205
SUPERVISION	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
ADMINISTRACION	18	18	20	20	20	20	20	21		21	21	21
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
GTOS FINANCIEROS (AVAL Y COMISO)	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
GTOS FINANCIEROS	104	81	77	84	80	38	21	7		0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMBO	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5
TOTAL DE IVA RECUPERADO	401	388	375	382	348	334	320	308		288	288	300
REC. RESERVA DE MANTTO.	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
INTERESES GANADOS	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
ENCAJE LEGAL RECUPERADO	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
EL RESULTADO												
INVERSION BRUTA EN OBRA CIVA	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
IVA TARIFA IMPORTE	1,475	1,480	1,504	1,518	1,534	1,548	1,564	1,580		1,585	1,611	1,627
CONTRAPRESTACION SCT	221	220	228	228	230	232	235	237		238	248	244
OPERACION OBRA	748	748	748	748	748	748	748	748		748	748	748
MANTENIMIENTO CIVA	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258		2,258	2,258	2,258
RESERVA DE MANTTO. CIVA	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
SUPERVISION OBRA (INCLUIDO COSTO CONSTR.)	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
ADMION CIVA INC. COSTO CONSTR.	214	218	218	220	222	225	227	228		231	234	238
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
COMISION GTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
GASTOS FINANCIEROS	887	851	701	548	388	235	73	0		0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMBO	55	55	55	55	55	55	55	55		55	55	55
IMPUESTOS A PAGAR	1,774	1,870	1,888	2,087	2,187	2,288	2,372	2,448		2,501	2,564	2,608
TOTAL DE ENTRADAS	16,827	16,774	16,822	17,072	17,223	17,376	17,528	17,684		17,648	18,022	18,187
TOTAL DE SALIDAS	7,744	7,713	7,880	7,845	7,828	7,872	7,933	7,958		7,828	7,703	7,777
TOTAL ENTRADAS MENOS SALIDAS	9,083	9,061	8,942	9,227	9,395	9,504	9,595	9,726		9,820	10,319	10,410
ACUMULADO	(200,000)	(200,747)	(200,804)	(211,877)	(221,482)	(211,988)	(201,393)	(181,667)		(161,848)	(178,887)	(188,878)

TARIFA POND.	28,507
D. CONSTRU.	248,974
CAPTAC. OPER.	11,572
WAF. FONDADOS	306,263
T.O.B.A.	4,00%
FACT. OBRO JUMIL	1,0000
TRF 16A BSI =	0.97%

FECHA:	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8
08-May-82	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54

FLUJO

2.1) INGRESOS											
BOS (CIVA)											
TARIFAS/PEAJE	18,074	18,262	18,432	18,613	18,797	18,982	19,168	19,358	19,548	19,741	19,938
OTROS INGRESOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE INGRESOS BRUTOS	18,074	18,262	18,432	18,613	18,797	18,982	19,168	19,358	19,548	19,741	19,938

IVA RECUPERADO (90 DIAS)											
OPERACION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANTENIMIENTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPERVISION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADMINISTRACION	21	22	22	22	22	23	23	23	23	23	24
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GTOS FINANCIEROS (IVAL Y COMISION)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMBO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TOTAL DE IVA RECUPERADO	300	300	300	300	301	301	301	301	302	302	302
REC. RESERVA DE MANTTO.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INTERESES GANADOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENDAJE LEGAL RECUPERADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

INVERSION BRUTA EN OBRA CIVIL											
IVA TARIFAS/PEAJE	1,843	1,868	1,878	1,882	1,708	1,728	1,743	1,780	1,777	1,785	1,812
CONTRATO STACION BCT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERACION CIVIL	248	248	251	254	258	258	261	264	267	268	272
MANTENIMIENTO CIVIL	748	748	748	748	748	748	748	748	748	748	748
RESERVA DE MANTTO CIVIL	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258
SUPERVISION CIVIL (EXCLUIDO COSTO CONSTR.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADMON CIVIL INC COSTO CONSTR.	238	241	243	245	248	250	253	255	258	260	263
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION GTOS FINANCIEROS (IVAL FINANCIEROS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMBO	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
IMPUESTOS A PAGAR	2,882	2,717	2,773	2,829	2,888	2,843	3,001	3,058	3,118	3,177	3,237
TOTAL DE ENTRADAS	18,373	18,552	18,732	18,914	19,097	19,283	19,470	19,658	19,850	20,043	20,238
TOTAL DE SALIDAS	7,563	7,628	8,005	8,083	8,181	8,240	8,320	8,400	8,482	8,564	8,647
TOTAL ENTRADAS MENOS SALIDAS	10,810	10,924	10,727	10,831	10,916	11,043	11,150	11,258	11,368	11,479	11,591
ACUMULADO	(188,867)	(138,433)	(126,787)	(117,878)	(108,838)	(98,887)	(84,748)	(73,487)	(62,118)	(50,840)	(39,848)

TARIFA FONDO	20,507
COSTO CONSTR.	840074
CAPTAC. ESPEC.	11,872
TRAF. FOMENTO	300,000
T.C.M.A.	4.00%
FACT. CRSD. FOM.	1.0000
TPI 10A 000 =	0.97%

FECHA:	3	14	1	2	3	15	1	2	3	10	1
03-May-82	05	26	27	28	29	30	01	02	03	04	05
2.1) INGRESOS											
SOB (CIVA)											
TARIFAPEAJE	20,130	20,330	20,531	20,733	20,937	21,144	21,352	21,562	21,775	21,989	22,208
OTROS INGRESOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE INGRESOS BRUTOS	20,130	20,330	20,531	20,733	20,937	21,144	21,352	21,562	21,775	21,989	22,208
IVA RECUPERADO (80 CIVA)											
OBRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERACION	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
MANTENIMIENTO	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
SUPERVISION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADMINISTRACION	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GTOS FINANCIEROS (ANAL Y COMBOS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMBO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TOTAL DE IVA RECUPERADO	205	205	205	205	205	205	204	204	204	204	205
REC. RESERVA DE MANTO.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INTERESES GANADOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENCAJE LEGAL RECUPERADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2) EGRESOS											
INVERSION BRUTA EN OBRA CIVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IVA TARIFAPEAJE	1,630	1,648	1,668	1,685	1,703	1,722	1,741	1,760	1,780	1,800	2,019
CONTINUIDAD RELACION BCI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERACION CIVA	270	277	283	281	288	288	291	294	297	300	308
MANTENIMIENTO CIVA	748	748	748	748	748	748	748	748	748	748	748
RESERVA DE MANTO. CIVA 1.00%	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250
RESERVA DE MANTO. CIVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPERVISION OBRA (INCLUIDO COSTO CONSTR.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADICION CIVA INC. COSTO CONSTR.	285	288	271	273	278	278	281	284	287	290	293
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION GTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMBO	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
IMPUESTOS A PAGAR	3,388	3,308	3,421	3,484	3,547	3,610	3,675	3,740	3,805	3,871	3,938
TOTAL DE ENTRADAS	20,434	20,633	20,833	21,038	21,240	21,447	21,658	21,869	22,079	22,284	22,511
TOTAL DE SALIDAS	0,730	0,815	0,900	0,987	0,074	0,162	0,251	0,341	0,431	0,523	0,618
TOTAL ENTRADAS MENOS SALIDAS	11,704	11,818	11,933	12,050	12,167	12,285	12,406	12,528	12,649	12,771	12,893
ACUMULADO	(27,348)	(16,527)	(5,695)	5,148	16,021	32,008	48,311	64,837	81,486	98,258	115,151

VARIABLES CLASIFICADAS											
TARIFA POND	20,007										
COSTO CONSTR.	2,000										
CAPITAC. ESPEC.	11,072										
TARIF. FOMENTO	200,000										
T.C.M.A.	4.00%										
FACT. CRSC. FOM.	1.0000										
TIR 10A 00M =	0.07%										
FECHA:	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
08-May-88	88	87	88	88	70	71	72	73	74	75	76
E.1) INGRESOS											
INGRESOS (CMA)											
TARIFAS/AJ	22,436	22,048	22,000	23,084	23,322	23,552	23,784	24,018	24,255	24,484	24,738
OTROS INGRESOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE INGRESOS BRUTOS	22,436	22,048	22,000	23,084	23,322	23,552	23,784	24,018	24,255	24,484	24,738
IVA RECLAMADO (8% DIAS)											
OBRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERACION	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
MANTENIMIENTO	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
SUPERVISION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADMINISTRACION	27	27	27	27	26	26	26	26	0	0	0
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GTOS FINANCIEROS (AVL Y COMIS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMISO	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TOTAL DE IVA RECLAMADO	308	305	308	308	308	308	307	307	278	278	278
REC. RESERVA DE MANTTO.	0	0	0	0	0	0	3,800	0	0	0	0
INTERESES GANADOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENCAJE LEGAL RECLAMADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONTINGENCIAS											
INVERSION BRUTA EN OBRA CIVIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IVA TARIFAS/AJ	2,038	2,000	2,078	2,088	2,120	2,141	2,182	2,183	2,205	2,227	2,248
CONTINGENCIAS (10% INCL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERACION CIVIL	308	308	319	318	318	321	326	328	331	334	337
MANTENIMIENTO CIVIL	748	748	748	748	748	748	748	748	748	748	748
MANTENIMIENTO CIVIL	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258	2,258
RESERVA DE MANTTO. CIVIL 1.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUPERVISION OBRA (INCLUIDO COSTO CONSTR.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADMIN CIVIL INC. COSTO CONSTR.	288	288	301	301	307	310	314	0	0	0	0
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION GTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMISO	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
IMPUESTOS A PAGAR	4,008	4,074	4,143	4,213	4,283	4,354	4,426	4,503	4,587	4,672	4,758
TOTAL DE ENTRADAS	22,738	22,681	23,174	23,400	23,628	23,858	27,840	24,325	24,533	24,772	25,013
TOTAL DE SALIDAS	9,708	9,803	9,888	9,984	10,081	10,188	10,288	12,128	12,225	12,325	12,428
TOTAL ENTRADAS MENOS SALIDAS	13,030	13,148	13,277	13,408	13,537	13,688	17,552	12,198	12,308	12,447	12,585
ACUM	108,173	122,321	135,588	148,004	160,541	173,218	185,882	208,080	218,388	230,815	243,402

MAY 1977				
TARIFA FONDO	20,007			
D COMISS.	64894			
CAPTAC. ESPEL.	11,872			
TRAF. FORDONOS	200,000			
T.G.M.A.	4.00%			
FACT. ORGO. FOND.	1,0000			
TFR	18A 000 =	0.57%		
FECHA:	1	2	3	20
08 - May - 82	77	78	79	80
FLUJO				
2.1) INGRESOS				
INGRESOS (CIVA)				
TARIFASPEAJE	24,678	25,725	25,473	25,724
OTROS INGRESOS	0	0	0	0
TOTAL DE INGRESOS BRUTOS	24,678	25,725	25,473	25,724
IVA RECUPERADO (88 DIAS)				
OBRA	0	0	0	0
OPERACION	88	88	88	88
MANUTENIMIENTO	205	205	205	205
SUPERVISION	0	0	0	0
ADMINISTRACION	0	0	0	0
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0
GTOS FINANCIEROS (AVAL Y COMISS)	0	0	0	0
GTOS FINANCIEROS	0	0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMBO	5	5	5	5
TOTAL DE IVA RECUPERADO	278	278	278	278
REC. RESERVA DE MANTTO.	0	0	0	0
INTERESES GANADOS	0	0	0	0
ENCAJE LEGAL RECUPERADO	0	0	0	0
OPERACIONES				
INVERSION BRUTA EN OBRA CIVIL	0	0	0	0
IVA TARIFASPEAJE	2,271	2,283	2,318	2,338
	0	0	0	0
CONTINUOS (RIAL) (INICI)	341	344	347	351
OPERACION CIVIL	748	748	748	748
MANUTENIMIENTO CIVIL	2,258	2,258	2,258	2,258
RESERVA DE MANTTO. CIVIL	0	0	0	0
SUPERVISION OBRA (INCLUIDO D COMISS)	0	0	0	0
ADMION CIVIL INC. COSTO CONSTR.	0	0	0	0
FIANZA Y SEGUROS	0	0	0	0
COMISSION GTOS FINANCIEROS (AVAL FINANCIEROS)	0	0	0	0
GASTOS FINANCIEROS	0	0	0	0
GASTOS DE FIDEICOMBO	55	55	55	55
IMPUESTOS A PAGAR	6,854	6,831	7,008	7,088
TOTAL DE ENTRADAS	23,257	23,503	23,752	24,003
TOTAL DE SALIDAS	12,528	12,631	12,735	12,840
TOTAL ENTRADAS MENOS SALIDAS	12,729	12,872	13,017	13,163
ACUMULADO	258,131	269,003	282,021	295,184

VALOR PAGO	20,507
COSTO COMPLETO	20,507
CAPITAL ESPERADO	11,272
VALOR PAGO ANUAL	20,507
T.C.M.A.	4.00%
FACT. OPER. / MESA	1.0000
TIR	18.00% = 0.07%

FECHA:	0	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
00-May-02	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
FALTANTE TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFORTACION ICA 20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFORTACION OTROS 20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION SOCIO FINANCIERO 1.00%												
COMISION BANCOMEX 1.00%												
TOTAL A EMITIR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3) FINANCIAMIENTO												
FLUJO DEL CREDITO												
SALDO ANTERIOR	124,205	124,205	117,200	110,110	102,277	94,240	86,050	77,604	68,961	60,484	51,871	42,910
DISPOSICION DE CAJA 40.00% (200,000)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SALDO INICIAL	124,205	124,205	117,200	110,110	102,277	94,240	86,050	77,604	68,961	60,484	51,871	42,910
INTERES AÑO 1 = 0.00%	1,200	1,075	1,700	1,002	1,524	1,414	1,204	1,100	1,007	907	774	630
AMORTIZACION AÑO 2 = 0.00%	7,007	7,300	7,900	7,641	8,027	8,100	8,302	8,530	8,707	8,800	9,001	9,245
SALDO AÑO 3 = 0.00%	124,205	117,200	110,110	102,277	94,240	86,050	77,604	68,961	60,484	51,871	42,910	33,207
NETO DISPONIBLE NETO = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4) FLUJO DE OTRO												
AFORTACIONES 20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO 20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO ACUMULADO	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)
TIR TRIMESTRAL												
5) FLUJO DEL ACCIONISTA												
AFORTACIONES 20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO ACUMULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TIR TRIMESTRAL												
6) CONCLUCION CONTABLE FISCAL												
RESULTADO DE OPERACION	2,707	3,002	3,201	3,907	3,707	4,012	4,271	4,530	4,789	5,070	5,344	5,622
PROVISIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS NO DEDUCIBLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BASE GRABABLE ISR	2,707	3,002	3,201	3,907	3,707	4,012	4,271	4,530	4,789	5,070	5,344	5,622
BASE GRABABLE IRE	200,047	201,002	202,537	204,001	204,420	205,071	205,310	207,701	207,200	210,001	211,000	200,000
TOTAL ASPECTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRIMESTRE	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
00-May-02	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35

TUNEL ACAPULCO		COSTO		1997% (CONSTRUCCION)		CONTRATO						
MEXICO		LONGBUS		3 KMS		CON SOC. PMA						
" BASICA "		0.100 -		110,000 (CONSTRUCCION)		PASEO Y SEGURO						
		0.000 -		6.630 (TARIFA)		ENCARGO LEGAL						
		EJECUCION		2.25 AÑOS		ANAL. PUNTO						
		CANTIDADES EN MILLONES DE PESOS				CONCESION						
		ANALISIS A PRECIOS CONSTANTES DE ENERO DE 1992										
FECHA:	TRIMESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
08-May-92												
FALTANTE TOTAL	400,000	40,710	40,370	40,027	40,000	47,300	47,000	46,040	40,400	40,000	0	0
AFORTACION ICA	85.00%	34,604	34,312	34,020	34,000	40,205	40,000	39,232	33,340	33,000	0	0
AFORTACION OTROS	85.00%	13,010	13,010	13,010	13,010	13,010	13,010	13,010	13,010	13,010	0	0
SUBTOTAL	210,007	20,926	20,926	20,926	20,926	23,215	23,010	22,242	19,350	19,010	0	0
COMISION SOCIO FINANCIERO	1.00%	2,100	0	230	232	230	240	243	247	251	200	0
COMISION BANCARIAS	1.00%	3,300	0	340	340	340	300	300	371	370	200	0
TOTAL A PAGAR	210,007	26,326	21,026	21,296	21,500	23,825	24,350	24,713	23,000	22,400	0	0
3) FINANCIAMIENTO												
FLUJO DEL CREDITO												
BALDO ANTERIOR		0	20,710	50,041	73,007	97,443	121,703	146,241	171,204	188,770	222,900	217,570
DISPONIBILIDAD (en %)	40.00%	828,000	20,710	23,200	23,010	23,007	24,200	24,000	25,000	25,410	25,000	0
BALDO NVO.		20,710	50,041	73,007	97,443	121,703	146,241	171,204	188,770	222,900	222,900	217,570
INTERESES	AÑO 1 = 0.00%	0	401	701	1,100	1,400	1,800	2,100	2,570	2,900	3,330	3,200
AMORTIZACION	AÑO 2 = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BALDO	AÑO 3 = 0.00%	20,710	50,041	73,007	97,443	121,703	146,241	171,204	188,770	222,900	217,570	217,500
FINETRO DISPONIBLE	NETO = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4) FLUJO DE OTRO												
AFORTACIONES	30.00%	(122,401)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	0	0
INGRESOS DE PROYECTO	85.00%	175,047	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO		52,646	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	(13,010)	0	0
FLUJO NETO ACUMULADO		0,700,011	(13,010)	(27,320)	140,630	204,640	300,001	411,001	500,071	610,001	(100,001)	(100,001)
TIR TRIMESTRAL												
TIR Trimestral	0.00%											
5) FLUJO DEL ACCIONISTA												
AFORTACIONES	30.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RENTAS DE INVERSIÓN		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO ACUMULADO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TIR TRIMESTRAL												
TIR ANUAL	0.00%											
6) CONCILIACION CONTABLE FISCAL												
RESULTADO DE OPERACION		0	(7,371)	(7,537)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)
PROVISIONES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS NO DEDUCIBLES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BASE GRABABLE ISR		0	(7,371)	(7,537)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)	(7,500)
BASE GRABABLE IRE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tunel Acapulco												
08-May-92	TRIMESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

DATOS GENERALES		1.00%	1.00%	14.10%	0.00%	1.00%	10 AÑOS	DEPRECIACION EN LINEA RECTA IMPUESTOS ISR =	RUT =	ME =	IVA =	30.00% APORT. CAPITAL	CREDITO TASA REAL INTERES	40.00% 25.00%	CAPLIFE AÑO 1 = AÑO 2 = AÑO 3 = RESTO =	30.00%	
TARIFA P. GED.	20.007																
COSTO G. GEDTS.	000000																
CAP. TRG. 2.º PER.	11,872																
TRAF. P. ORD. AMB.	100,000																
TS M.A.	4.00%																
FACT. GEDS. / TRM.	1.0000																
TRM	ISA 000 = 0.07%																
FECHA:		4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
00-May-00		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
FALTANTE TOTAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APORTACION ICA	20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APORTACION OTROS	20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION SOCIO FINANCIERO	1.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION BANCAERAS	1.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NETA A EMITIR		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3) FINANCIAMIENTO																	
FLUJO DEL CREDITO																	
SALDO ANTERIOR		211,000	200,207	200,270	104,257	107,030	101,300	174,032	107,001	100,443	103,004	140,320	130,000				
DEFICION (Pr. Gs)	40.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
SALDO HO		211,000	200,207	200,270	104,257	107,030	101,300	174,032	107,001	100,443	103,004	140,320	130,000				
INTERES	AÑO 1 = 0.00%	3,100	3,004	3,000	2,014	2,010	2,725	2,010	2,015	2,407	2,200	2,100	2,000				
AMORTIZACION	AÑO 2 = 0.00%	0,742	0,012	0,117	0,327	0,040	0,700	0,001	7,300	7,420	7,070	0,520	0,770				
SALDO	AÑO 3 = 0.00%	200,257	200,270	104,257	107,030	101,300	174,032	107,001	100,443	103,004	140,320	130,000	133,022				
F. NETO DISPONIBLE	RESTO = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
4) FLUJO DE OTRO																	
APORTACIONES	20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
INGRESOS DE PROYECTO	20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
FLUJO NETO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
FLUJO NETO ACUMULADO		(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)	(100,000)				
TRM TRIMESTRAL																	
TRM ANUAL																	
5) FLUJO DEL ACCIONISTA																	
APORTACIONES	20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
INGRESOS DE PROYECTO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
FLUJO NETO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
FLUJO NETO ACUMULADO		(07,000)	(07,000)	(07,000)	(07,000)	(07,000)	(07,000)	(07,000)	(07,000)	(07,000)	(07,000)	(07,000)	(07,000)				
TRM TRIMESTRAL																	
TRM ANUAL																	
6) CONCILIACION CONTABLE FISCAL																	
RESULTADO DE OPERACION		120	333	537	740	000	1,177	1,300	1,020	1,020	2,000	2,320	2,567				
PROVISIONES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
GASTOS NO DEDUCIBLES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
BASE GRABABLE ISR		120	333	537	740	000	1,177	1,300	1,020	1,020	2,000	2,320	2,567				
BASE GRABABLE IAE		0	0	0	0	311,000	300,033	200,070	204,425	200,007	203,012	277,757	272,202				
Tonel. Asport. e		3				4					5						
TRIMESTRE		4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3				
00-May-00	TRIMESTRE	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				

TARIFA FOND.	20.207
COSTO CREDITO	24.204
CAPITAL ESPER.	11.272
VAL. PONDADO:	255.458
T.A. M.A.:	4.00%
PACT. ORO / MON.	1.0000
TIR 10A SEM =	2.25%

FECHA:	0	1	2	3	10	1	2	3	11	1	2	3
00-May-02	20	37	30	30	40	41	42	43	44	45	46	47
FALTANTE TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APORTACIONICA 20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACION OTROS 20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION SOCIO FINANCIERO 1.00%												
COMISION BANCAERAS 1.00%												
TOTAL A ENTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3) FINANCIAMIENTO												
FLUJO DEL CREDITO												
BALDO ANTERIOR	20.207	23.040	14.227	4.424	0	0	0	0	0	0	0	0
DISPOSICION (en ga) 40.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BALDO INO	20.207	23.040	14.227	4.424	0	0	0	0	0	0	0	0
INTERESES AÑO 1 = 0.00%	400	300	313	00	0	0	0	0	0	0	0	0
AMORTIZACION AÑO 2 = 0.00%	0.427	0.014	0.000	4.420	0	0	0	0	0	0	0	0
BALDO AÑO 3 = 0.00%	23.040	14.227	4.424	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F. NETO DISPONIBLE NETO = 0.00%	0	0	0	0.972	10.120	10.200	10.310	10.400	10.001	10.023	10.727	10.001
4) FLUJO DE OTRO												
APORTACIONES 20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO 20.00%	0	0	0	1.000	3.540	3.977	3.612	3.047	3.002	3.710	3.704	3.704
FLUJO NETO	0	0	0	1.000	3.540	3.977	3.612	3.047	3.002	3.710	3.704	3.704
FLUJO NETO ACUMULADO	(100.000)	(100.000)	(100.000)	(100.000)	(110.000)	(113.010)	(100.007)	(100.100)	(100.070)	(90.700)	(90.000)	(90.010)
TIR TRIMESTRAL												
TIR Trimestral												
5) FLUJO DEL ACCIONISTA												
APORTACIONES 20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO	0	0	0	3.022	0.000	0.040	0.700	0.770	0.020	0.020	0.070	7.040
FLUJO NETO	0	0	0	3.022	0.000	0.040	0.700	0.770	0.020	0.020	0.070	7.040
FLUJO NETO ACUMULADO	(97.000)	(97.000)	(97.000)	(93.978)	(77.000)	(70.040)	(69.340)	(67.100)	(60.020)	(60.000)	(50.000)	(50.000)
TIR TRIMESTRAL												
TIR ANUAL												
6) CONCILIACION CONTABLE FISCAL												
RESULTADO DE OPERACION	0.000	0.101	0.402	0.777	0.000	7.100	7.200	7.401	7.000	7.704	7.002	0.000
PROVISIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS NO DEDUCIBLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BASE GRABABLE IFR	0.000	0.101	0.402	0.777	0.000	7.100	7.200	7.401	7.000	7.704	7.002	0.000
BASE GRABABLE ME	100.000	104.430	100.875	103.320	177.700	172.200	169.054	161.000	150.044	140.000	144.434	130.070
Tercer Aprobado	0				10				11			
TRIMESTRE	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
00-May-02 TRIMESTRE	20	37	30	30	40	41	42	43	44	45	46	47

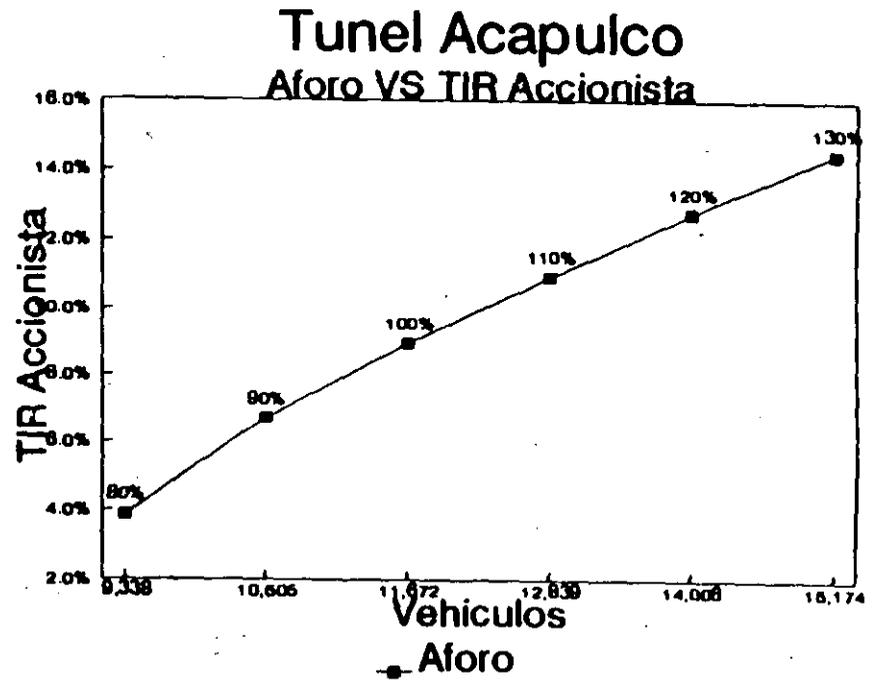
		13				14							
FECHA:		4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
05-May-92		48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
FALTANTE TOTAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APORTACION ICA	25.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APORTACION OTROS	25.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION SOCIO FINANCIERO	1.00%												
COMISION BANCO PAB	1.00%												
TOTAL A EMITIR		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3) FINANCIAMIENTO													
FLUJO DEL CREDITO													
BALDO ANTERIOR		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DEPOSICION (pre ga)	40.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BALDO INV.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INTERESES	AÑO 1 = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMORTIZACION	AÑO 2 = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BALDO	AÑO 3 = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F. NETO DISPONIBLE	RESTO = 0.00%	10,000	11,003	11,100	11,200	11,300	11,470	11,591	11,704	11,810	11,923	12,040	12,167
4) FLUJO DE OTRO													
APORTACIONES	25.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO	25.00%	3,000	3,000	3,000	3,041	3,070	4,010	4,057	4,080	4,130	4,177	4,217	4,260
FLUJO NETO		3,000	3,000	3,000	3,041	3,070	4,010	4,057	4,080	4,130	4,177	4,217	4,260
FLUJO NETO ACUMULADO		30,000	60,000	120,000	170,040	271,700	377,000	500,000	600,000	691,130	760,000	800,000	840,741
TIR Trimestral													
5) FLUJO DEL ACCIONISTA													
APORTACIONES	25.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO		7,400	7,170	7,040	7,310	7,300	7,400	7,530	7,607	7,600	7,700	7,630	7,600
FLUJO NETO		7,400	7,170	7,040	7,310	7,300	7,400	7,530	7,607	7,600	7,700	7,630	7,600
FLUJO NETO ACUMULADO		60,000	110,100	170,070	260,710	330,010	410,000	510,000	600,000	671,110	740,000	800,000	860,010
TIR ANUAL													
6) CONCILIACION CONTABLE FISCAL													
RENTA DE OPERACION		0,240	0,400	0,570	0,740	0,900	0,970	0,240	0,420	0,500	0,770	0,900	10,130
PROVISIONES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS NO DEDUCIBLES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BASE GRABABLE IIR		0,240	0,400	0,570	0,740	0,900	0,970	0,240	0,420	0,500	0,770	0,900	10,130
BASE GRABABLE IIE		120,320	127,700	122,210	110,000	111,100	100,040	80,000	84,037	80,000	83,327	77,770	73,217
Tonel Asapubo		12				13				14			
	TRIMESTRE	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
	05-May-92	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59

Costo Fijos	20,007
Costo Oper.	20,007
Capex. Oper.	11,872
Imp. Provisión	20,000
T.M.A.	4.00%
Fact. Oper./Trim.	1.0000
TIR	10A 00% = 8.57%

FECHA:	19	1	2	3	18	1	2	3	17	1	2	3
00-May-02	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
FALTANTE TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFORTACION ICA	20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFORTACION OTROS	20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CUANTOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION SOCIO FINANCIERO	1.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION BANCOS/BAJ	1.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL A EMITIR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3) FINANCIAMIENTO												
FLUJO DEL CREDITO												
BALDO ANTERIOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DISPOSICION (en g)	40.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BALDO INDI.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INTERESES	AÑO 1 = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMORTIZACION	AÑO 2 = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BALDO	AÑO 3 = 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F. NETO DISPONIBLE	NETO = 0.00%	12,200	12,400	12,600	12,800	12,771	12,600	13,001	13,100	13,277	13,400	13,600
4) FLUJO DE OTRO												
AFORTACIONES	20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO	20.00%	4,300	4,340	4,381	4,427	4,470	4,513	4,557	4,602	4,647	4,692	4,738
FLUJO NETO	4,300	4,340	4,381	4,427	4,470	4,513	4,557	4,602	4,647	4,692	4,738	4,784
FLUJO NETO ACUMULADO	20.00%	20,000	24,340	28,721	33,148	37,619	42,132	46,789	51,591	56,538	61,630	66,868
TIR TRIMESTRAL												
5) FLUJO DEL ACCIONISTA												
AFORTACIONES	20.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO	7,000	6,900	6,801	6,721	6,601	6,500	6,404	6,300	6,200	6,100	6,000	5,900
FLUJO NETO	7,000	6,900	6,801	6,721	6,601	6,500	6,404	6,300	6,200	6,100	6,000	5,900
FLUJO NETO ACUMULADO	20.00%	20,000	26,900	33,701	40,421	47,021	53,521	60,000	66,400	72,800	79,200	85,600
TIR TRIMESTRAL												
6) CONCILIACION CONTABLE FISCAL												
RESULTADO DE OPERACION	(10,000)	10,000	10,000	10,072	11,001	11,253	11,440	11,601	11,837	12,000	12,237	12,400
PROVISIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS NO DEDUCIBLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BASE GRABABLE ICF	10,000	10,000	10,000	10,072	11,001	11,253	11,440	11,601	11,837	12,000	12,237	12,400
BASE GRABABLE ICF	20,000	21,107	22,201	23,295	24,381	25,460	26,531	27,770	28,921	30,000	31,110	32,200
Tupel Acumuldo	19				18				17			
TRIMESTRE	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
00-May-02	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11

CANTAS POND.		10	10	10	10	10	10	10	10	20	
COSTO S. G. G. G.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CAP. S. S. S. S.		11,572	11,572	11,572	11,572	11,572	11,572	11,572	11,572	11,572	
IMP. P. P. P. P.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T. S. S. S.		4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	
FACT. G. G. G. G.		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
TIR		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
FECHA:		00-May-02	72	73	74	75	76	77	78	79	80
FALTANTE TOTAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFORTACION ICA 20.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFORTACION OTROS 20.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION SOCIO FINANCIERO 1.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMISION BANCOFRAS 1.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL A ENTREGAR		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3) FINANCIAMIENTO											
FLUJO DEL CREDITO											
BALEO ANTERIOR		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DISPOSICION (de ga) 40.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BALEO INO.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INTERESES AÑO 1 = 0.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMORTIZACION AÑO 2 = 0.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BALEO AÑO 3 = 0.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F NETO DISPONIBLE RESTO = 0.00%		17,002	12,100	12,500	12,447	12,007	12,700	12,072	13,017	12,100	
4) FLUJO DE OTRO											
AFORTACIONES 20.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO 20.00%		0,170	4,300	4,300	4,300	4,400	4,400	4,300	4,500	4,007	
FLUJO NETO		0,170	4,300	4,300	4,300	4,400	4,400	4,300	4,500	4,007	
FLUJO NETO ACUMULADO		17,000	20,100	20,471	20,007	20,200	20,000	20,100	20,100	20,100	
TIR TRIMESTRAL											
5) FLUJO DEL ACCIONISTA											
AFORTACIONES 20.00%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS DE PROYECTO		11,474	7,000	0,000	0,000	0,100	0,274	0,307	0,400	0,500	
FLUJO NETO		11,474	7,000	0,000	0,000	0,100	0,274	0,307	0,400	0,500	
FLUJO NETO ACUMULADO		173,200	181,140	180,140	187,240	200,421	213,000	222,002	230,300	230,000	
TIR ANUAL											
6) CONCILIACION CONTABLE FISCAL											
RESULTADO DE OPERACION		10,000	10,000	10,100	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	
PROVISIONES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GASTOS NO DEDUCIBLES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BASE GRABABLE ISR		10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	
BASE GRABABLE ME		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tirnet Ac. g. g. g. g.		10	10	10	10	10	10	10	10	10	
TRIMESTRE		4	1	2	3	4	1	2	3	4	
00-May-02		72	73	74	75	76	77	78	79	80	

Aforo	Veh.	TIR
80%	9,338	3.9%
90%	10,505	6.7%
100%	11,672	9.0%
110%	12,839	11.0%
120%	14,006	12.7%
130%	15,174	14.5%

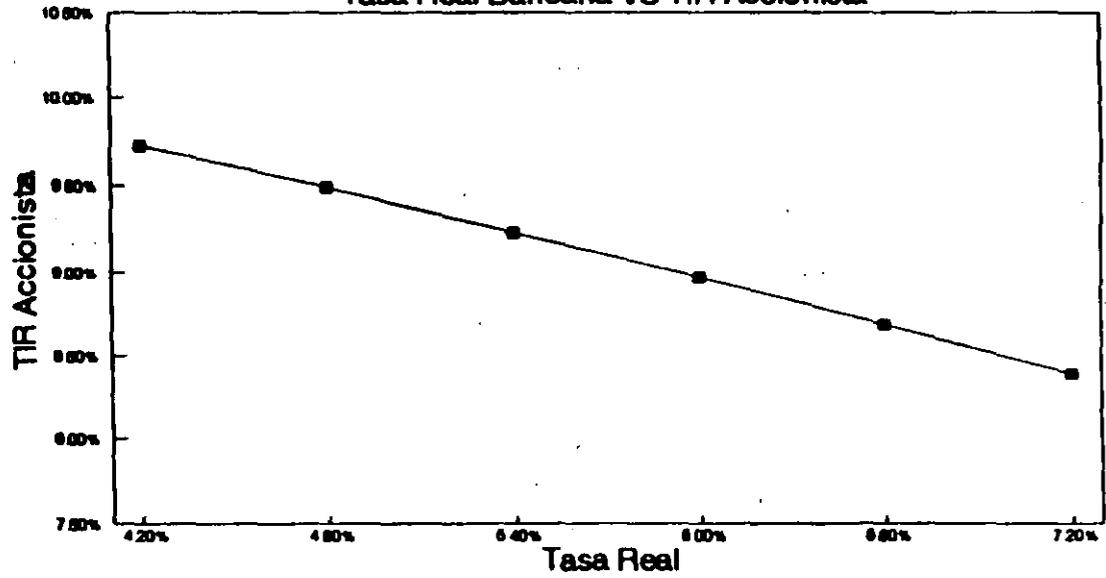


Se utilizó Credito Bancario

Tunel Acapulco

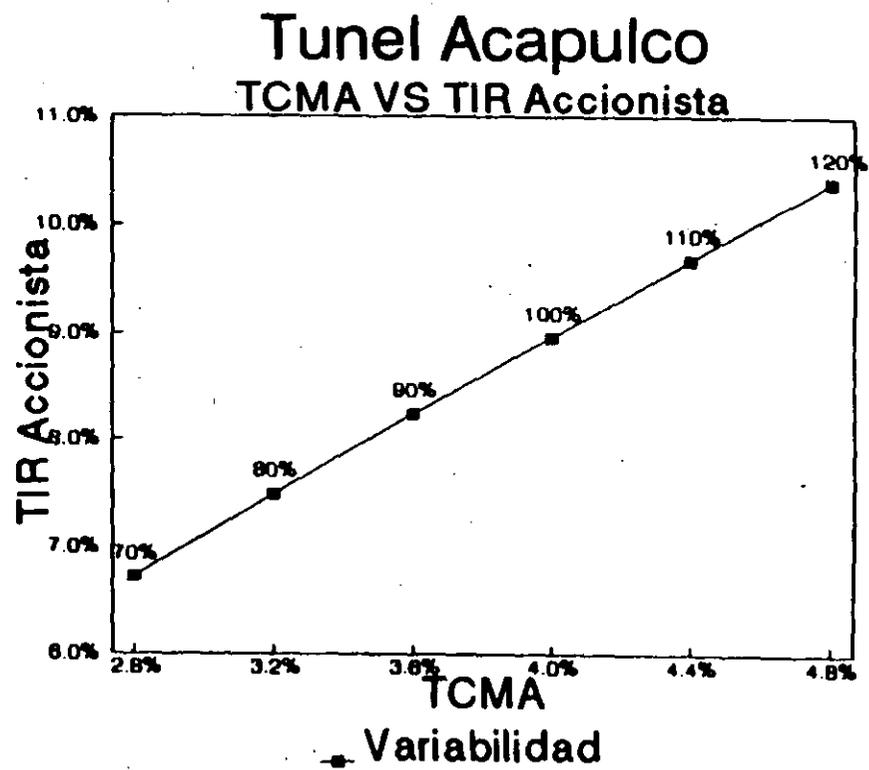
Tasa Real Bancaria VS TIR Accionista

Tasa Real	TIR Accionista
4.20%	9.72%
4.80%	9.48%
5.40%	9.24%
6.00%	8.97%
6.60%	8.68%
7.20%	8.38%



Se utilizó Crédito Bancario

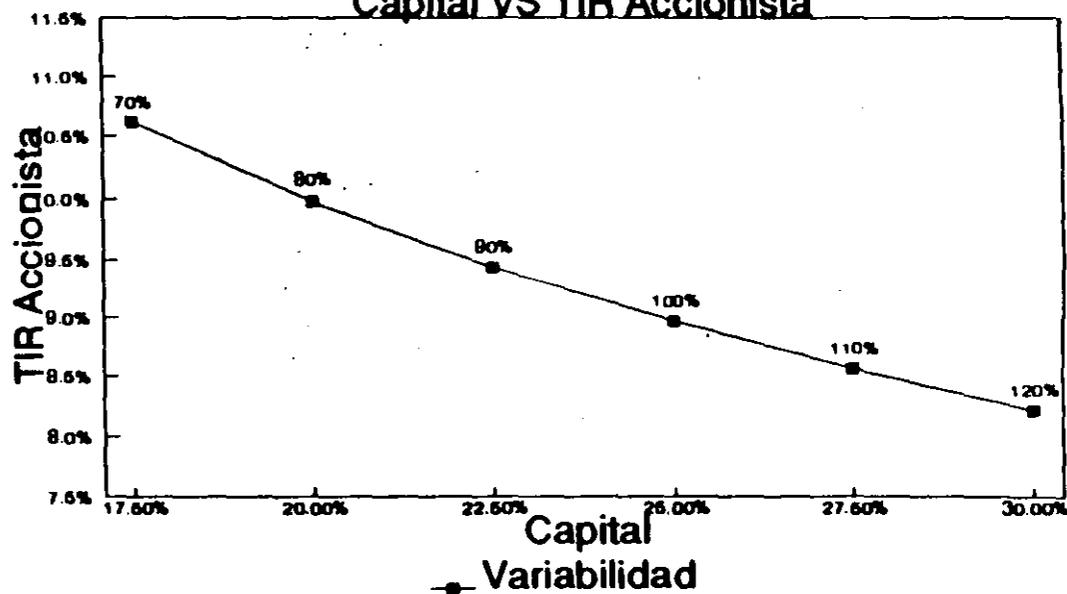
Var	TCMA	TIR
70%	2.8%	6.7%
80%	3.2%	7.5%
90%	3.6%	8.2%
100%	4.0%	9.0%
110%	4.4%	9.7%
120%	4.8%	10.4%



Se utilizó Credito Bancario

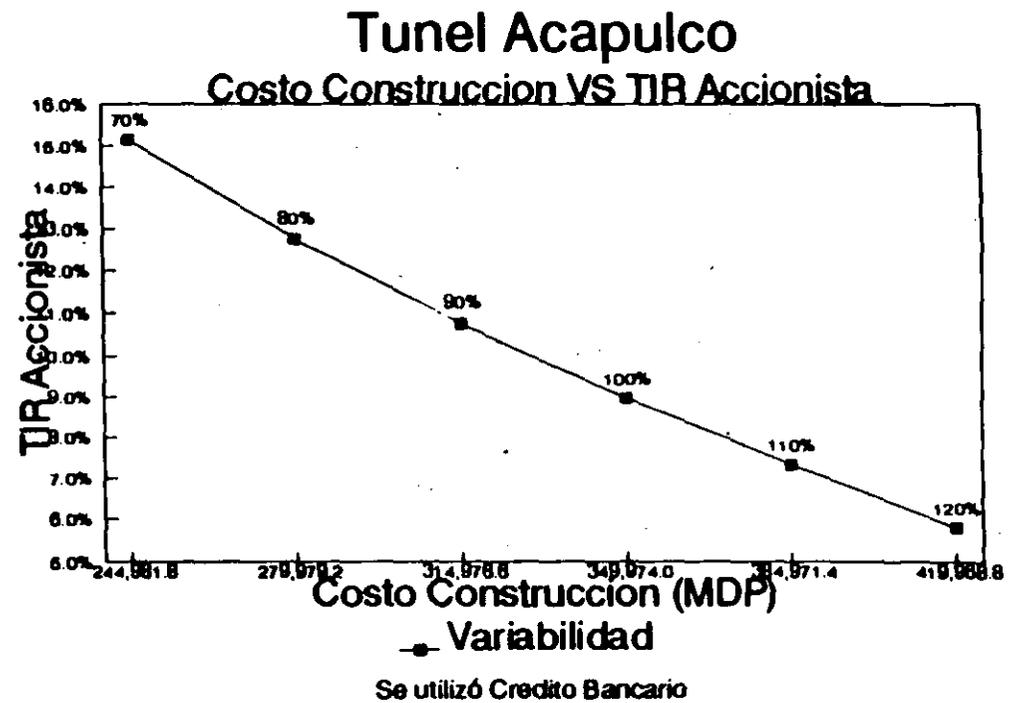
Tunel Acapulco Capital VS TIR Accionista

Capital	Tir
17.50%	10.62%
20.00%	9.96%
22.50%	9.44%
25.00%	8.97%
27.50%	8.57%
30.00%	8.22%



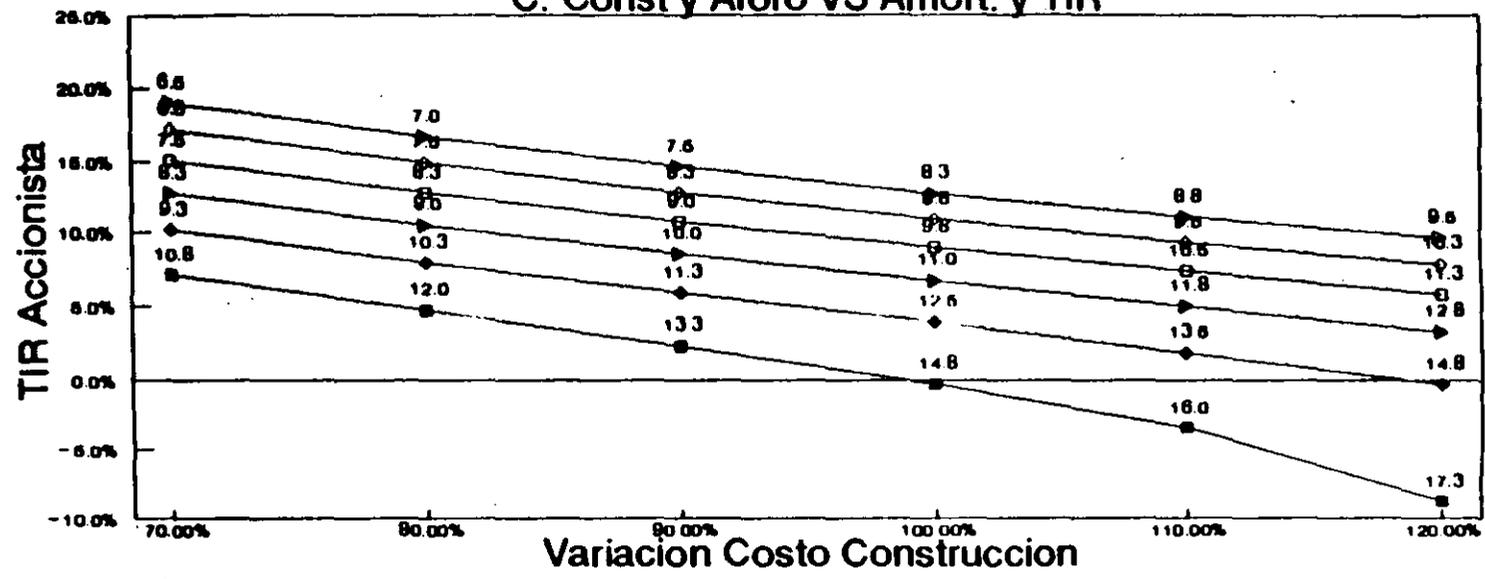
Se utilizó Credito Bancario

Var.	TIR	Monto
70%	15.14%	244,981.8
80%	12.76%	279,979.2
90%	10.77%	314,976.6
100%	8.97%	349,974.0
110%	7.34%	384,971.4
120%	5.80%	419,968.8



Tunel Acapulco

C. Const y Aforo VS Amort. y TIR



1
2
3
4
5
6

Variacion en Aforo :

1) 70%	4) 100%
2) 80%	5) 110%
3) 90%	6) 120%

Indice de Etiqueta = Plazo de Amortizacion en Años
Se utilizó Credito Bancario

COMENTARIOS

Actualmente se busca un plazo de amortización bancaria menor a 10 años y una TIR del Accionista de aproximadamente 8%.

Para mantener las características arriba mencionadas y dadas las tarifas actuales es necesario tener una estructura financiera:

Crédito:	40%
Capital:	25%
CAPUFE:	35%

Sin embargo la estructura financiera pudiera cambiar si se autorizan tarifas más altas (lo cual perjudicaría al usuario).

Actualmente se contempla un Tráfico Ponderado y una tasa de Crecimiento Anual avaladas por la SCT del orden de 11,672 vehículos/día y 4% respectivamente, es necesario recalcar que de no cumplirse estos parámetros, se incurriría en otras tarifas o en otra estructura financiera.

De no operar la carretera con las premisas establecidas, sería posible (quizá necesario) entablar negociaciones hacia una posible ampliación de la concesión.

Es necesario recalcar lo siguiente: actualmente se sigue una postura en la cual el tráfico local solamente paga la mitad de la tarifa asignada al tráfico foráneo. Esta medida es experimental, quizás más adelante (y cuando los aforos lo requieran), se demuestre que ambas tarifas deben guardar otra relación.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

V CURSO INTERNACIONAL DE GESTION DE PROYECTOS DE INVERSION

MODULO IV

INGENIERIA FINANCIERA

**EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA
DE PROYECTOS DE INVERSION**

M. en I ALBERTO MORENO BONNET

CURRICULUM ABREVIADO DEL ING. ALBERTO MORENO BONETT

Egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en donde también obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería. Ha realizado diversos estudios de posgrado, tanto en el país como en el extranjero sobre: planeación, administración, sistemas y otras disciplinas.

Ha dictado numerosas conferencias en diversas instituciones de educación superior, nacionales y extranjeras, pudiéndose mencionar que ha sido profesor invitado del Tecnológico de Costa Rica, de la Universidad Simón Bolívar de Venezuela, de la Universidad de Guayaquil en el Ecuador, de la Organización Panamericana de la Salud y de la UNESCO.

Es autor de diversas publicaciones en revistas nacionales y extranjeras, así como de varios libros entre los que pueden citarse los siguientes - que sirven de texto en diferentes instituciones de educación superior: "Introducción a la Programación Lineal" editado por la Universidad Iberoamericana, "Ingeniería de Sistemas", editado por la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción; "Elementos de Probabilidad y Estadística", "Métodos de Optimización: Programación Lineal Gráficas" y "Métodos Discretos de la Ingeniería de Sistemas" (dos tomos), editados por Representaciones y Servicios de Ingeniería, "Aplicaciones de la Ingeniería de Sistemas" (dos tomos), editado por el Colegio de Ingenieros Civiles de Guayas y la Universidad de Guayaquil en la República del Ecuador y "Algunos Modelos para la Selección de Inversiones" editado por la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Pertenece a diferentes asociaciones científicas nacionales y extranjeras, pudiéndose mencionar que fue Consejero de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y de la Sociedad de Exalumnos de la propia Facultad, Presidente fundador del Instituto Mexicano de Sistemas, Vocal fundador de la Asociación Mexicana de Informática para la Ingeniería, miembro fundador de la Academia Mexicana de Ingeniería, asociado fundador del Centro de Estudios Prospectivos y de la Fundación Javier Barros Sierra y que fue declarado miembro honorario y vitalicio de la Asociación Argentina de Investigación Operativa.

Durante su vida profesional ha intervenido en el desarrollo de numerosos estudios propios de su especialidad en el país y en el extranjero, incluidos, entre otros, varios dedicados a la planeación, diagnóstico, operación y evaluación económica y financiera de proyectos de infraestructura y de Sistemas de Transporte, tanto urbano como interurbano, estudios econométricos y de factibilidad; y diseño de sistemas de información ejecutivos y operativos.

Actualmente es Director General de la firma Consultora Moreno Bonett y Asociados, S.A. de C.V., consejero del Instituto Mexicano de Sistemas, académico de número de la Academia Mexicana de Ingeniería, asociado de la Fundación Javier Barros Sierra, consejero de la Cámara Nacional de Empresas de Consultoría y de su Instituto Mexicano de Desarrollo Tecnológico; miembro de diversas sociedades científicas y técnicas, nacionales y extranjeras, y miembro del Claustro Doctoral de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México en donde es catedrático desde hace más de 35 años.

OCTUBRE DE 1992.

EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA
DE PROYECTOS DE INVERSION

C O N T E N I D O

1.-	Ciclo de vida de los Proyectos de Inversión.....	1
2.-	Evaluación	9
3.-	Clasificación de los proyectos y de los modelos.	10
4.-	Proyectos sin presupuesto fijo	12
5.-	Selección de proyectos a presupuesto fijo	21
5.1.-	Proyectos independientes, indivisibles y de un solo período	22
5.2.-	Proyectos independientes, indivisibles y de períodos múltiples	23
5.3.-	Proyectos independientes, indivisibles, de un solo período y con varias opciones de inversión	23
5.4.-	Proyectos independientes, indivisibles, de períodos múltiples y con varias opciones de inversión	24
5.5.-	Proyectos divisibles, independientes de períodos múltiples y con varias alternativas de inversión y de beneficio	25
5.6.-	Restricciones adicionales	26

6.-	Ingeniería Financiera	30
6.1.-	Antecedentes	30
6.2.-	Principales características de las obras de infraestructura concesionadas	31
6.3.-	Modelo conceptual	34
6.4.-	Pronóstico de la Demanda	38
6.5.-	El Financiamiento	44
6.6.-	Apéndice	48
	Obligaciones	48
	Obligaciones con disponibilidades múlti- ples	49

EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS DE INVERSION.

POR

ALBERTO MORENO BONETT

1.- Ciclo de vida de los proyectos de inversión.

De acuerdo con la metodología recomendada por Nacional Financiera, en el análisis del ciclo de vida de los proyectos de inversión se distinguen las cinco fases o módulos que se muestran en la figura 1 y cuyos objetivos se describen enseguida:

Fase I, Identificación (figura 2).

- Identificar oportunidades de inversión de acuerdo a prioridades nacionales y estratégicas de desarrollo.
- Conocer formas alternativas para la identificación de oportunidades de desarrollo.

Fase II, Formulación y Evaluación (figura 3).

- Identificar las características de los diversos niveles de profundidad de los estudios correspondientes a la formulación y evaluación de los proyectos de inversión.
- Conocer la forma de aplicar los diferentes métodos para formular y evaluar los aspectos: técnico, económico-financiero y social de un proyecto de inversión.

DIAGRAMA BASICO DEL CICLO DE VIDA
EN PROYECTOS DE INVERSION

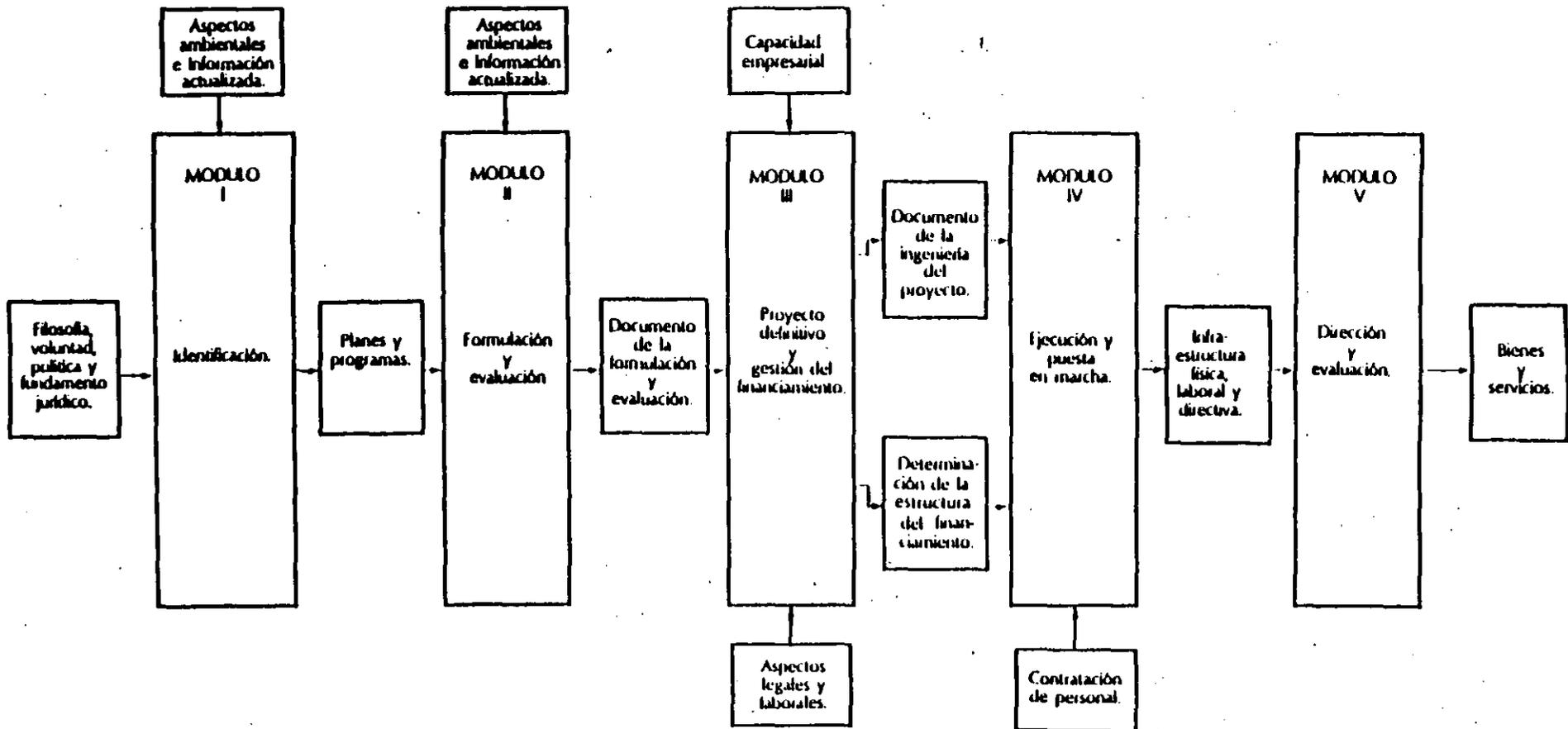
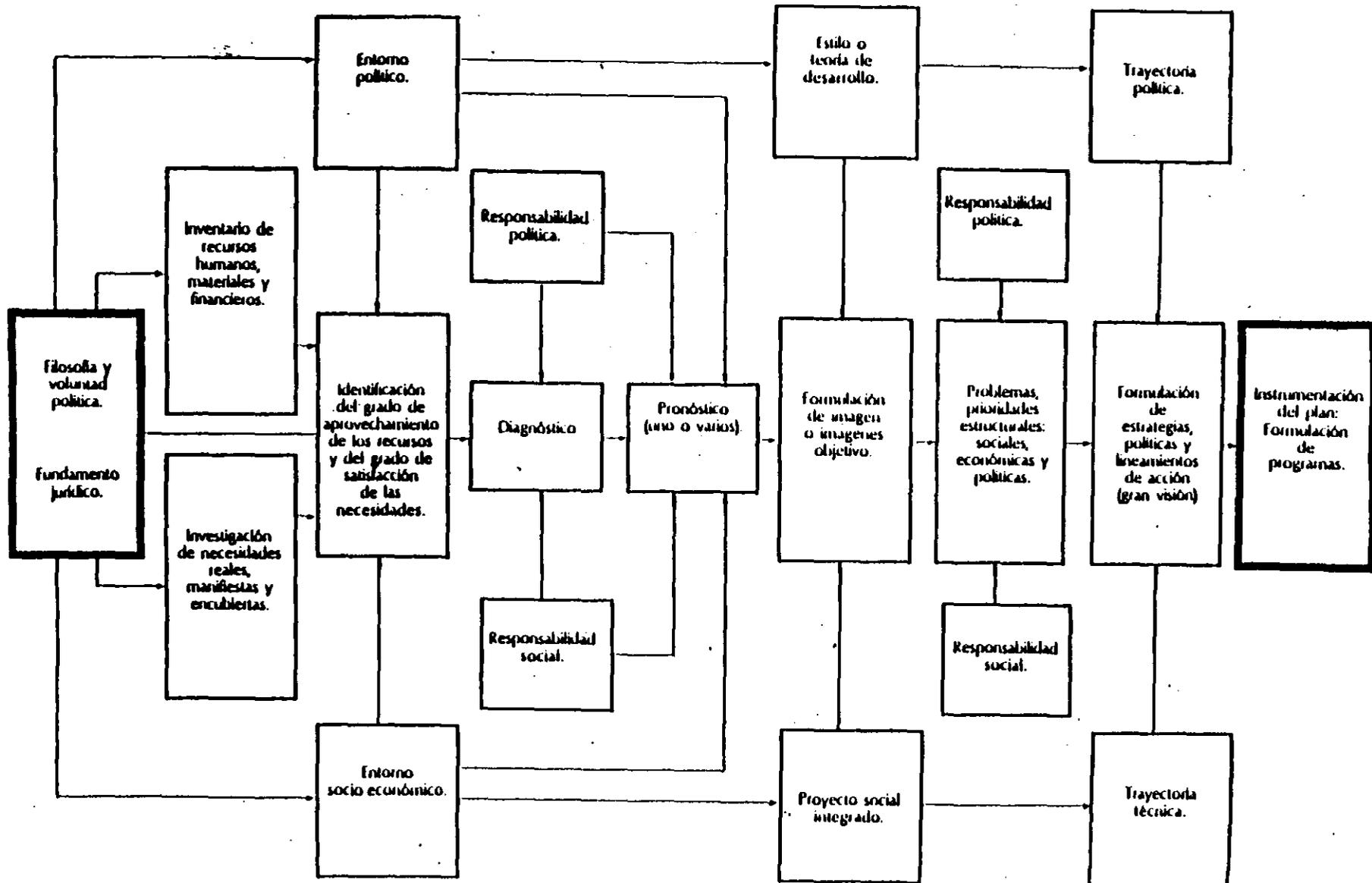
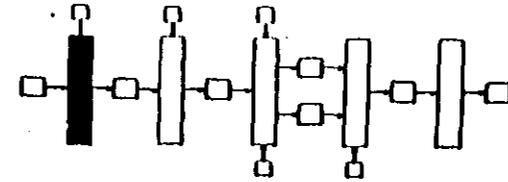


Figura 1

MODULO I: IDENTIFICACION



MODULO II: FORMULACION Y EVALUACION

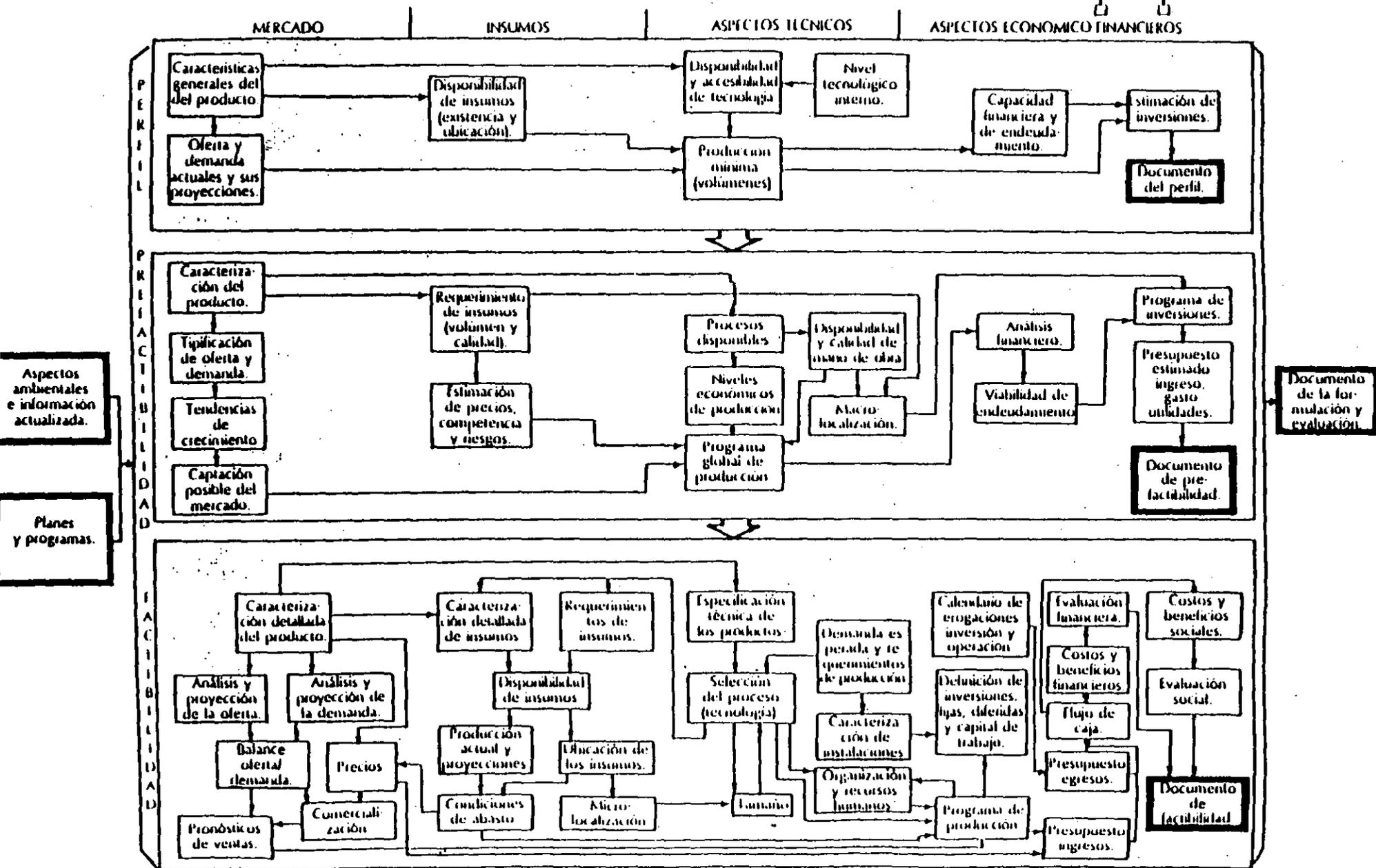
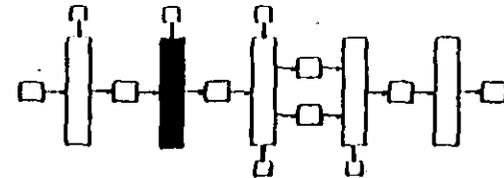


Figura 3

Fase III, Proyecto Definitivo y Gestión del Financiamiento (figura 4).

- Obtener los conocimientos básicos de los elementos que componen la ingeniería del proyecto, así como de la estructura y fuentes de otorgamiento de crédito, al igual que los requerimientos legales para la constitución y operación de la empresa.

Fase IV, Ejecución y Puesta en Marcha (figura 5).

- Conocer los elementos necesarios para elaborar programas de control de avance de la infraestructura física y financiera del proyecto de inversión.
- Conocer los elementos principales que constituyen las actividades de: prueba, preoperación y puesta en marcha, para garantizar el funcionamiento de las instalaciones de acuerdo con lo contratado.

Fase V, Dirección y Evaluación (figura 6).

- Conocer técnicas y estrategias que permitan planear, dirigir y evaluar los recursos humanos, materiales y financieros de una empresa en operación.
- Analizar los mecanismos que permitan establecer los objetivos, políticas y procedimientos que configuren la estrategia de dirección para operar la empresa.

MODULO III: PROYECTO DEFINITIVO Y GESTION

DEL FINANCIAMIENTO

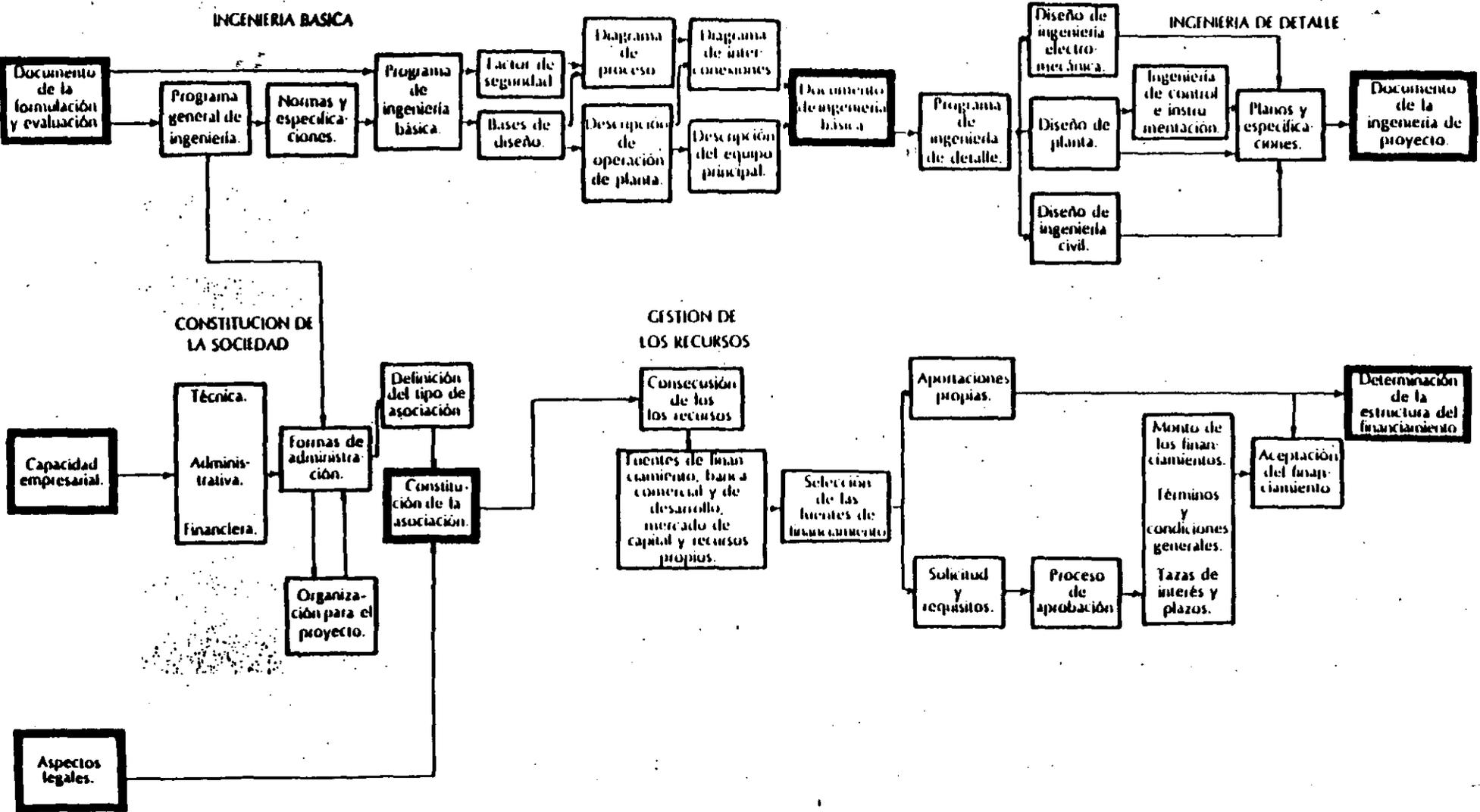
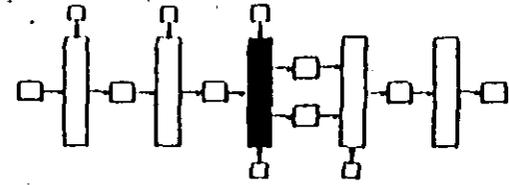


Figura 4

MODULO IV: EJECUCION Y PUESTA EN MARCHA

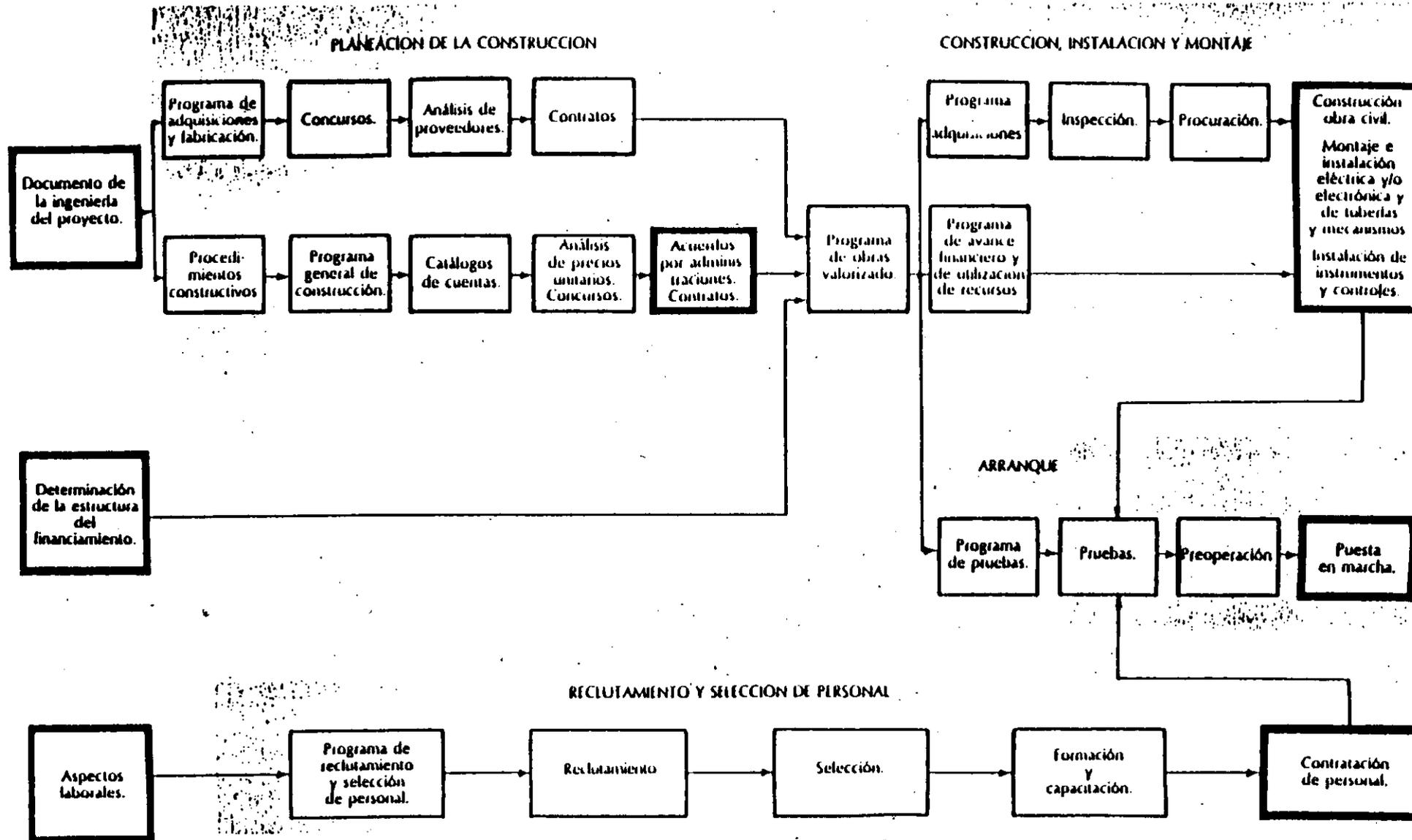
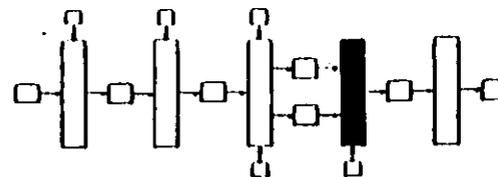


Figura 5

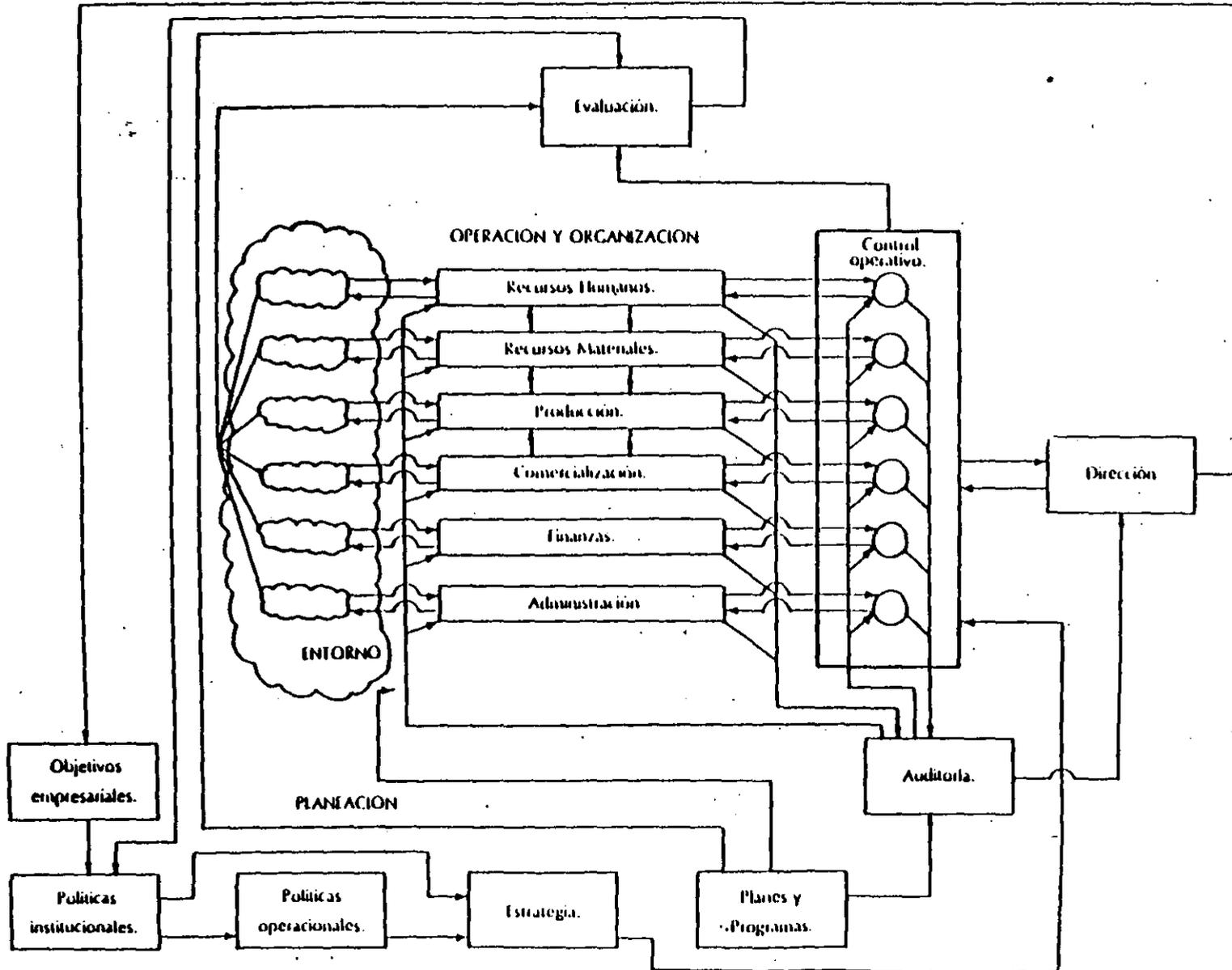
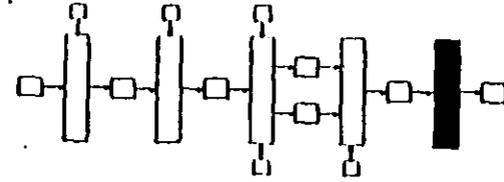


Figura 6

- Identificar los elementos técnicos que conforman un sistema de información que permita a la directiva la oportuna toma de decisiones.

2.- Evaluación.

La evaluación de un conjunto de alternativas generado por un proyecto de inversión o determinado por las directrices de desarrollo de una región, se ubica generalmente en tres grandes rubros.

Por una parte se encuentra la evaluación económica fundamentada en consideraciones sobre los costos de oportunidad del capital, así como en los impactos en el bienestar de la comunidad. Este tipo de evaluación utiliza entre otros indicadores: al valor presente neto, a la tasa interna de recuperación, a la relación beneficio-costos y al costo de operación anual.

Por otro lado se encuentra la evaluación financiera caracterizada por la obtención y el manejo de indicadores financieros que permitan comparar las alternativas; los aspectos fundamentales en este caso son: la cobertura de cada una de ellas, el flujo de fondos, la rentabilidad, la estructura del financiamiento, los estados proforma y los puntos de equilibrio.

La evaluación conjunta y comparativa de las alternativas se puede desarrollar utilizando variados enfoques metodológicos entre los que destacan los métodos de suma ponderada, de jerarquía de criterios y Electra; así como el Análisis de Decisiones y la Teoría de la Utilidad.

En los incisos siguientes se hará una presentación elemental de algunos de los aspectos aquí citados.

3.- Clasificación de los Proyectos y de los modelos.

Es importante señalar que son dos los problemas fundamentales relacionados con las decisiones en la selección de inversiones.

- i) Dadas dos posibles inversiones, definir cual es preferible.
- ii) Dado un orden de preferencia, y tomando en cuenta las restricciones presupuestales para un tiempo dado, determinar la inversión óptima.

La decisión para el primer caso se lleva a cabo mediante comparaciones directas de costos y beneficios medidos en las mismas unidades (monetarias generalmente). Si los beneficios no pueden ser reducidos a un común denominador, el análisis consiste en identificar el de costo mínimo para un mismo nivel de efectividad aunque también pueden usarse como criterios de decisión el valor presente neto o el de la tasa interna de recuperación.

Cuando se tiene un conjunto de posibles inversiones y una restricción presupuestal conviene clasificar a los proyectos atendiendo a interdependencia, divisibilidad, horizonte de planeación y características de los beneficios (deterministas o aleatorios).

Los proyectos pueden ser independientes o dependientes, di

visibles o indivisibles. Los proyectos independientes tienen la característica de que los beneficios que generan son independientes de la acción tomada en otros proyectos. Por el contrario si la acción tomada afecta a los beneficios a generar por un cierto proyecto, éste sería dependiente. Entre este tipo de proyectos dependientes, encontramos los contingentes y los mutuamente exclusivos. Un ejemplo de proyecto contingente lo encontramos en el proyecto de entronque entre dos supercarreteras (México-Cuernavaca y la Pera Cuautla), es contingente en cuanto dependerá del proyecto de la segunda carretera.

Por el contrario, dos proyectos mutuamente exclusivos quedan ejemplificados por dos diseños para el mismo entronque. Por su parte los proyectos divisibles son aquellos que generan beneficios desde el momento en que alguna de sus partes se realiza. Una carretera es un proyecto divisible puesto que sus tramos ya generan beneficios. Por el contrario un entronque es un proyecto indivisible ya que no principiará a generar beneficios hasta no estar abierto al tránsito.

Weingartner identifica tres distintos tipos de proyectos dependientes: los mutuamente exclusivos, los contingentes y los compuestos. Aunque ya se han descrito los dos primeros, ellos pueden presentarse sobre bases más firmes. Se dirá que un proyecto es mutuamente exclusivo cuando su valor neto tiende a cero cuando otro es seleccionado. Por otra parte el contingente tiene un valor neto inaceptablemente bajo a menos que otro proyecto sea aceptado.

Por su parte un proyecto compuesto consta de uno principal y de uno o varios contingentes que dependen del primero; de manera tal que un proyecto independiente y un compuesto pueden ser considerados como alternos mutuamente exclusivos.

De acuerdo con la clasificación de los proyectos se identificarán las técnicas y los modelos de presupuestación. Al tratar con las técnicas y los modelos deberá agregarse un factor de clasificación más: la incertidumbre. Así los modelos de presupuestación podrán ser deterministas o probabilistas según se considere la intervención del riesgo.

En las figuras 7 y 8 se resumen respectivamente a la clasificación de los proyectos y a la clasificación de los modelos utilizados para la selección de inversiones; en la figura 8, el trazo grueso identifica a los modelos tradicionales más usados.

4.- Proyectos sin presupuesto fijo.

Los modelos más utilizados son:

- el del VALOR PRESENTE NETO (VPN), que determina la relación entre los beneficios que genera cada alternativa y los costos asociados dentro de un intervalo de tiempo, descontados a un año base. Su expresión general es como sigue:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} (B_t - C_t)$$

donde:

n = número de años considerados en el horizonte de planeación

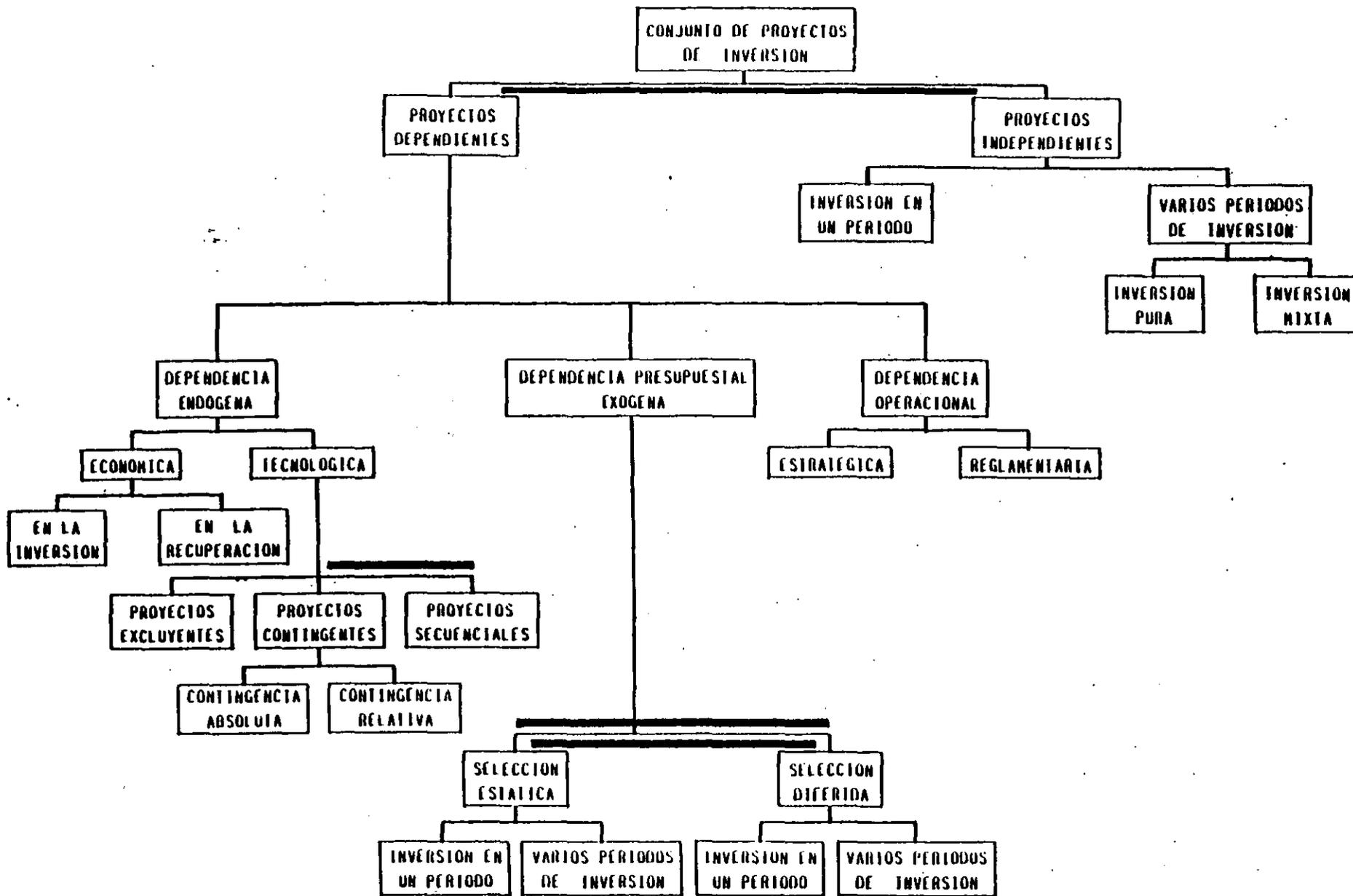
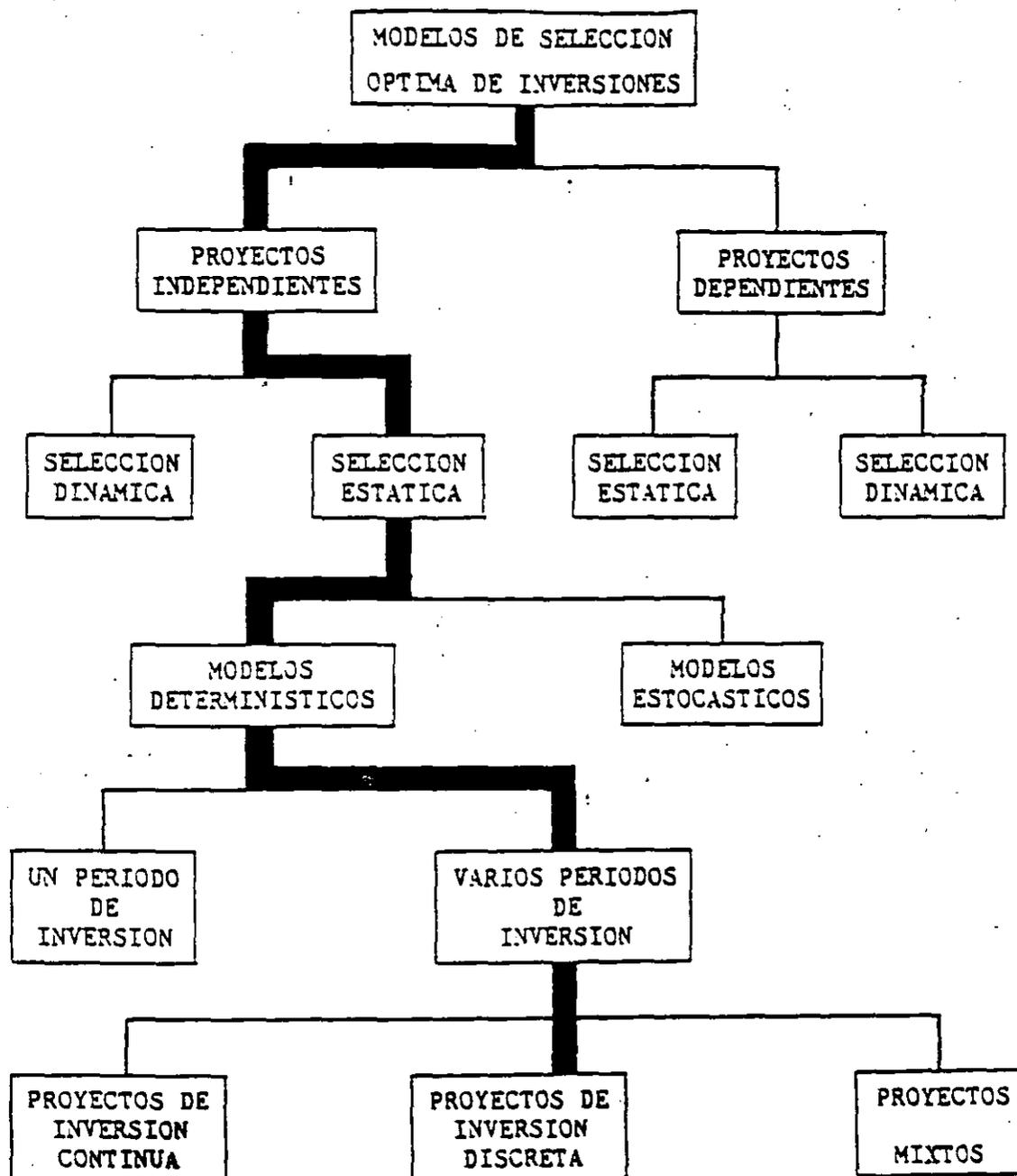


Figura 7. CLASIFICACION DE PROBLEMAS DE SELECCION DE INVERSIONES



■ Modelos más usuales

CLASIFICACION DE MODELOS DE SELECCION OPTIMA DE INVERSIONES

Figura 8

i = es la tasa de interés o descuento
 B_t = es el beneficio generado en el año t
 C_t = es el costo asociado en el año t

- el de la TASA INTERNA DE RECUPERACION (TIR), que muestra la magnitud de la tasa de descuento bajo la cual se analiza un proyecto, de tal forma que se igualen beneficios y costos actualizados, es decir, tal que:

$$\sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+TIR)^t} (B_t - C_t) = 0$$

- el de la RELACION BENEFICIO-COSTO (B/C), como una de las formas clásicas para la evaluación de proyectos, - refleja la proporción de beneficios respecto a los costos que se presentarán, por lo cual su valor debe ser mayor a 1 para ser justificado económicamente.

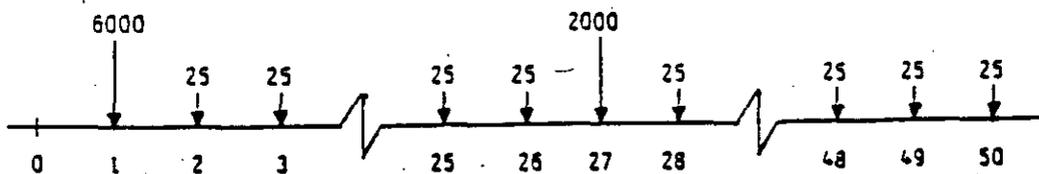
$$(B/C) = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} B_t}{\sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} C_t}$$

- el del COSTO ANUAL (CA), que se utiliza para convertir beneficios y costos a series anuales, comparando los valores obtenidos, pudiendo expresarse en términos del VPN, como sigue:

$$CA = \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n} \text{ VPN}$$

EJEMPLO 1.- Se trata de llevar a cabo un camino de 10 km. con 8 m de ancho entre dos ciudades A y B. Se desea tomar una decisión respecto a usar concreto o asfalto. Se han elaborado los proyectos para ambos casos y se ha calculado que el costo por m² es de 100 para concreto y 90 para asfalto. Ambos pavimentos deben conservarse y se supondrá una vida útil de 27 años para el de concreto y de 17 para el de asfalto. Se estima que repavimentar un km de cualquiera de ellos cuesta 200,000 y que la conservación anual es de 25,000 para todo el tramo. También luce como adecuada una tasa del 8% para estos proyectos ¿qué decisión se debe tomar?, ¿qué sucede si una entidad ajena paga el 50% de los costos de construcción?

ALTERNATIVA CONCRETO



<u>Tipo de Costo</u>	<u>Concreto</u>	<u>Asfalto</u>
Construcción,	8 000 000 (AÑO 1)	7 200 000 (AÑO 1)
Conservación Anual	25 000 (AÑOS 2 a 26 y 28 a 50)	25 000 (AÑOS 2 a 16. 18 a 33 y 35 a 50)
Repavimentación	2 000 000 (AÑOS 27)	2 000 000 (AÑOS 17 y 34)

Si se considera la tasa del 8%, la alternativa concreta tendrá un valor presente dado por:

		8 000 000	=	8 000 000
25 000	$\frac{1-(1.08)^{-25}}{1.08}$	=	25 000 (10.675)	= 266 875
2 000 000	$(1.08)^{-26}$	=	2 000 000 (0.135)	= 270 000
25 000	$\frac{1-(1.08)^{-23}}{1.08}$	$(1.08)^{-26}$	= 25 000 (10.371)(0.135)	= 25 000
			VPN	= 8 571 875

y de manera enteramente similar se calcularon los valores - que aparecen en la tabla 1.

Se omiten los cálculos asociados al caso en que una entidad ajena paga el 50% de los costos de construcción (un subsidio) pero ellos se encuentran graficados en la figura 9; se observa que:

- si no se tiene subsidio, conviene seleccionar la alternativa asfalto si $i \geq 4.5\%$
- en caso contrario (con subsidio) dicha alternativa so lo conviene si $i \geq 8.5\%$.

EJEMPLO 2.- Se tienen cuatro alternativas para el trazo de una carretera. Para cada una de ellas se han estimado los beneficios y los costos que aparecen en la tabla 2. Además, se consideran adecuados un horizonte de planeación de 40 años y una tasa de recuperación del 4%. ¿Cuál decisión es la más adecuada?

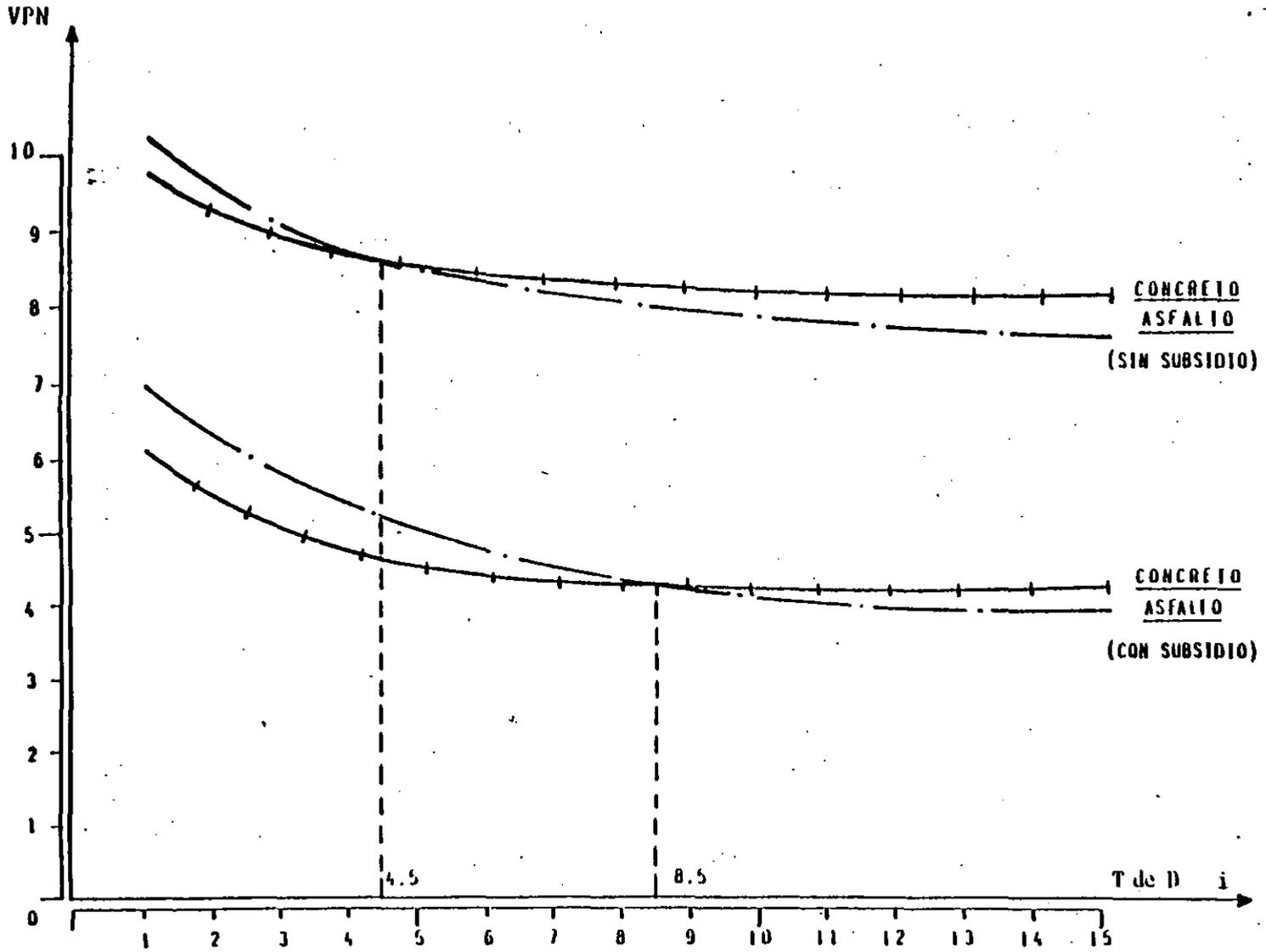


Figura 9

<u>Tasa de Descuento</u>	<u>VPN Concreto</u>	<u>VPN Asfalto (sin subsidio)</u>
1 %	10 489 400	11 240 000
2 %	9 957 350	10 408 825
3 %	9 553 950	9 781 950
4 %	9 246 500	9 303 250
5 %	9 009 200	8 929 500
6 %	8 827 200	8 640 150
7 %	8 683 875	8 408 850
8 %	8 571 875	8 222 975
9 %	8 483 075	8 074 850
10 %	8 413 575	7 954 325
12 %	8 312 225	7 770 450
15 %	8 217 850	7 595 400

Tabla 1

La relación beneficio-costo para los valores totales de cada alternativa se calcula de:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{BENEFICIO TOTAL}}{\text{COSTO ANUAL DE CONSTRUCCION + MANTENIMIENTO}}$$

en donde el beneficio total es la suma de los beneficios y además:

$$\text{COSTO ANUAL DE CONSTRUCCION} = (\text{COSTO INICIAL DE CONSTRUCCION}) \frac{1}{1 - (1+i)^{-n}}$$

Estos valores se muestran en la tabla 3.

Alternativas	Costos de Construcción	Mantenimiento y Operación Anual	Beneficios Por Poblados Comunicados	Beneficios Por Mas Abiertas Al Cultivo	Beneficios Por Recreación
A	1 200 000	20 000	200 000	20 000	30 000
B	1 500 000	35 000	190 000	40 000	30 000
C	2 700 000	50 000	230 000	60 000	60 000
D	3 500 000	60 000	300 000	70 000	70 000

Tabla 2

Alternativas	Beneficios Anuales	Costo Anual	Incremento de		Relación B/C Total	Incremento Relación B/C
			Beneficio	Costo		
A	250 000	30 000	10 000	30 770	3.10	0.32
B	260 000	110 770	150 000	106 400	2.34	1.41
C	400 000	186 400	40 000	50 420	2.14	0.79
D	440 000	236 820			1.85	

Tabla 3

El incremento de la relación beneficio-costo se calcula a partir de los beneficios adicionales ocasionados por un incremento de costo sobre la última alternativa aceptable ($\frac{B}{C} > 1.0$) y también se muestra en la tabla 3.

Es claro que también debe exigirse que la relación $\frac{B}{C}$ para los incrementos sea mayor que uno. Esto hace ver que debería seleccionarse la alternativa C.

Sin el análisis de los incrementos se hubiera elegido la alternativa D, ya que su relación B/C es mayor que uno y tiene asociados los mayores beneficios totales. Otro error

hubiera sido elegir la alternativa A porque tiene la mayor relación B/C. Cabe observar que la conclusión de elegir la alternativa C, para los datos dados, también se hubiera obtenido aplicando el método del valor presente.

Es interesante notar la sensibilidad de la decisión a cambios en los datos. Usando una tasa de interés del 7% se selecciona la alternativa A porque todos los costos adicionales y los incrementos en los beneficios dan relaciones menores que uno. El considerar solamente los beneficios por poblados comunicados, también llevaría a la selección de la alternativa A. En otras palabras, el número de beneficios múltiples que se incluyen en el análisis, así como la tasa de interés pueden influenciar significativamente en la decisión.

5.- Selección de proyectos a presupuesto fijo.

Ahora se fijará la atención en el problema de definir el conjunto de proyectos que deben ser seleccionados cuando existe un presupuesto fijo y un conjunto fijo de fondos para invertir en el futuro. Las decisiones de presupuestación pueden ser enfocadas, ya sea desde el punto de vista de definir qué proyectos a largo plazo deben ser seleccionados a partir de un cierto presupuesto, o bien, definir cuándo debe iniciarse un cierto proyecto. En cualquiera de los dos casos el elemento tiempo es importante en el problema.

Las técnicas y los modelos de presupuestación estarán acordes con la clasificación de los proyectos presentada en el inciso 3. Debería agregarse además otro factor de clasifi-

cación: la incertidumbre. Así los modelos podrán ser deterministas o probabilistas según se considere la intervención del riesgo. En seguida se presentarán algunos modelos de terministas.

5.1.- Proyectos independientes, indivisibles y de un solo período.

Considérese un conjunto de proyectos P_1, \dots, P_n independientes e indivisibles que requieren inversiones a_1, \dots, a_n para producir en un solo período, beneficios netos actuales b_1, \dots, b_n . Considerando que existe una disponibilidad presupuestal C , se desea definir el subconjunto de proyectos que maximice la suma de beneficios netos invirtiendo sumas que no sobrepasen al presupuesto.

El modelo básico es muy simple:

$$\max Z = b_1 X_1 + \dots + b_n X_n$$

s.a.

$$a_1 X_1 + \dots + a_n X_n \leq C$$

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si se adopta el proyecto } P_j \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

La solución de este modelo es inmediata acudiendo a uno cualquiera de los métodos de la programación binaria.

5.2.- Proyectos independientes, indivisibles y de períodos múltiples.

El modelo a aplicar es similar al anterior, sólo que ahora las inversiones y las disponibilidades presupuestales variarán de período en período. Considerando un horizonte de planeación T de manera que $t=1,2,\dots, T$ resulta:

$$\max Z = b_1 x_1 + \dots + b_n x_n$$

s.a.

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n \leq C_1$$

...

$$a_{T1} x_1 + a_{T2} x_2 + \dots + a_{Tn} x_n \leq C_T$$

$$x_j = 0 \text{ ó } 1$$

5.3.- Proyectos independientes, indivisibles, de un solo período y con varias opciones de inversión.

Sea el caso en que los proyectos P_1, \dots, P_n presenta cada uno de ellos m_j ($j=1, \dots, n$) opciones de inversión, así en el proyecto P_j se dispone de las siguientes alternativas:

ALTERNATIVA	P_{j1}	P_{j2}	...	P_{ja_j}
COSTO	a_{j1}	a_{j2}		a_{ja_j}
BENEFICIO	b_{j1}	b_{j2}	...	b_{ja_j}

en estas condiciones el modelo resulta:

$$\begin{aligned} \max Z &= \sum_{j=1}^n b_{ja_j} x_{ja_j} \\ \text{s.a.} \quad & \sum_{j=1}^n a_{ja_j} x_{ja_j} \leq C \end{aligned}$$

en donde C es la disponibilidad presupuestal.

5.4.- Proyectos independientes, indivisibles, de períodos múltiples y con varias opciones de inversión.

Sea el caso en que los proyectos P_1, \dots, P_n presentan cada uno de ellos m_j ($j=1, \dots, n$) opciones de inversión en el período t ($t=1, \dots, T$) en el horizonte de planeación.

En estas condiciones el modelo resulta:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m_j} b_{ij} x_{ij}$$

$$\text{s.a.} \quad \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m_j} a_{ijt} x_{ij} \leq b_t$$

en donde:

b_{ij} = beneficio reportado por la opción i del proyecto j

a_{ijt} = inversión requerida por la opción i del proyecto j en el período t

b_t = disponibilidad presupuestal en el período t

x_{ij} = variable de decisión igual a uno, si es seleccionada la opción i del proyecto j e igual a cero en caso contrario

5.5.- Proyectos divisibles independientes de períodos múltiples y con varias alternativas de inversión y de beneficios.

Sean los proyectos P_1, \dots, P_n cada uno de ellos presenta m_j ($j=1, \dots, n$) alternativas de inversión en cada uno de los períodos t ($t=1, \dots, T$) del horizonte de planeación. Se supondrá que los proyectos son divisibles y por lo tanto, la alternativa i del proyecto P_j en el período t genera el beneficio b_{ijt} cuando se invierte en ella a_{ijt} .

En estas condiciones el modelo resulta:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{a_j} b_{ijt} X_{ij} \quad (t=1, \dots, T)$$

$$\text{s.a.} \quad \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{a_j} a_{ijt} X_{ij} \leq d_t \quad (t=1, \dots, T)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ ó } 1$$

en donde:

b_{ijt} = beneficio generado por la alternativa i del proyecto j en el período t

a_{ijt} = inversión requerida por la alternativa i del proyecto j en el período t

d_t = disponibilidad presupuestal en el período t

X_{ij} = variable de decisión igual a uno si es seleccionada la opción i del proyecto j ; igual a cero en caso contrario

5.6.- Restricciones adicionales.

Se considerarán las siguientes:

- a) Cuando de un conjunto de proyectos o alternativas de inversión sólo se desea, a lo más, elegir uno de ellos, será necesario imponer la condición

$$\sum_{j \in J} x_j \leq 1 \quad (J = \text{conjunto de proyectos})$$

- b) Cuando el proyecto P_r sólo puede llevarse a cabo si el proyecto P_s es llevado a cabo, se deberá agregar la condición

$$x_r \leq x_s$$

- c) Si los proyectos P_r y P_s son mutuamente exclusivos, esto es, la selección de uno impide la selección del otro, la condición será:

$$x_r + x_s \leq 1$$

- d) Si el proyecto P sólo puede llevarse a cabo cuando alguno de los proyectos P_r o P_s son previamente realizados y estos últimos son mutuamente exclusivos, las condiciones que se deben agregar son:

$$x_r + x_s \leq 1$$

$$x \leq x_r + x_s$$

EJEMPLO 3.- Sean los siguientes datos:

$$\text{BENEFICIO } \bar{b} = [3, 4, 5, 1]$$

respectivamente para los proyectos P_1 , P_2 , P_3 y P_4 ; y

$$\text{COSTOS } \bar{a} = \begin{bmatrix} 10 & 15 & 20 & 5 \\ 5 & 10 & 10 & 10 \\ 15 & 15 & 15 & 5 \end{bmatrix}$$

para los cuatro proyectos y los tres períodos t_1 , t_2 , t_3 -
respectivamente y sean:

$$\bar{c} = \begin{bmatrix} 30 \\ 20 \\ 40 \end{bmatrix}$$

las disponibilidades presupuestales en cada uno de los
períodos.

Se tiene:

$$\max Z = 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + x_4$$

s.a.

$$10x_1 + 15x_2 + 20x_3 + 5x_4 \leq 30 \quad R_1$$

$$5x_1 + 10x_2 + 10x_3 + 10x_4 \leq 20 \quad R_2$$

$$15x_1 + 15x_2 + 15x_3 + 5x_4 \leq 40 \quad R_3$$

$$x_j = 0 \text{ ó } 1$$

dado lo simple del problema se empleará búsqueda directa -
 (tabla 4).

\bar{X}	R_1	R_2	R_3	Z
(0,0,0,0)	sí	sí	sí	0
(0,0,0,1)	sí	sí	sí	1
(0,0,1,0)	sí	sí	sí	5
(0,0,1,1)	sí	sí	sí	6
(0,1,0,0)	sí	sí	sí	4
(0,1,0,1)	sí	sí	sí	5
(0,1,1,0)	no	sí	sí	-
(0,1,1,1)	no	no	sí	-
(1,0,0,0)	sí	sí	sí	3
(1,0,0,1)	sí	sí	sí	4
(1,0,1,0)	sí	sí	sí	8
(1,0,1,1)	no	no	sí	-
(1,1,0,0)	sí	sí	sí	7
(1,1,0,1)	sí	no	sí	-
(1,1,1,0)	no	no	sí	-
(1,1,1,1)	no	no	no	-

$$x_1 = x_3 = 1, x_2 = x_4 = 0$$

Tabla 4

luego conviene invertir en los proyectos P_1 y P_3 .

6.- Ingeniería Financiera.

6.1.- Antecedentes.

En este inciso se presentan en forma suscitan los criterios para la evaluación financiera de proyectos de infraestructura, específicamente carreteras, concesionadas al sector privado.

Primeramente se comentan brevemente los antecedentes de la obra concesionada en México para después discutir el análisis para la evaluación financiera de proyectos bajo la modalidad COT (construcción, operación y transferencia), destacando las variables de mayor importancia sobre las cuales es conveniente realizar un análisis de sensibilidad que permita conocer el comportamiento financiero del proyecto.

Es obvio que el modelo de Ingeniería Financiera que se expondrá para el caso de autopistas concesionadas puede adecuarse fácilmente para ser aplicado en muchas otras áreas de interés.

El programa de concesión evidentemente es novedoso, porque tiene facetas peculiares como son el otorgamiento por parte del Estado del proyecto de la vía y la adquisición de los terrenos necesarios para su construcción, elementos con los que participa el Gobierno en el establecimiento de los caminos concesionados; sin embargo se podría afirmar con justa razón, que el sistema de construcción de caminos mediante concesión, no sólo ha sido tradicional en la administración pública mexicana, sino que la heredamos de la antigua administración colonial; en efecto, desde la época de la colonia, la administración pública otorgaba a los particulares, concesiones para la construcción de caminos, basta como ejem

plo la que el II Conde de Revillagigedo otorgó a un particular para la construcción del camino México-Toluca el año de 1785, y que se llevó a cabo mediante el sistema de administración, en virtud de no haber encontrado empresa alguna que aceptara realizar los trabajos por contrato.

La ley actual establece dos formas para la construcción de vías generales de comunicación, entre las cuales se encuentran naturalmente los caminos carreteros; una que es directamente por el Estado con recursos propios y que constituyen bienes de uso común, según lo establece el artículo 29 de la Ley General de Bienes Nacionales; y consecuentemente conforme lo dispone el propio ordenamiento legal, de ellos pueden usar libremente todos los habitantes de la República, sin más restricción que las establecidas por las leyes y reglamentos administrativos y que por ello son bienes de dominio público de la Federación y tienen el carácter de inalienables e imprescriptibles y no están sujetos, mientras no varíe su situación jurídica, a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional.

La otra forma que comprende la legislación actual, es la de concesionar a los particulares la construcción, establecimiento y explotación de dichas vías, conforme lo señala el artículo 8° de la Ley de Vías Generales de Comunicación; concesión que se otorga a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y cuyo término máximo es de 30 años; temporalidad en que la vía construida conforme a la concesión que se otorga, es propiedad del concesionario; y por lo tanto puede ser objeto de transacciones comerciales con las limitaciones y condiciones que la propia ley establece.

6.2.- Principales Características de las obras de infraestructura concesionadas.

La evaluación del proyecto de infraestructura depende de -

las características del mismo, destacando los aspectos técnico-ingenieriles, los estudios de mercado que estimen la demanda potencial, el sector económico en que se desarrollará y su interrelación con otros sectores.

Generalmente se trata de proyectos de un considerable monto de inversión, la cual se ejerce de acuerdo a un programa de obra, cubriéndolo siempre las especificaciones técnicas que se establezcan. Estos niveles de inversión impiden la aplicación de garantías tradicionales para la obtención de créditos, de manera que, como ya se ha mencionado el propio proyecto se convierte en la principal garantía a través de su capacidad para generar ingresos.

Son proyectos que de no respetarse el programa de construcción pueden generar serios problemas de costos, tanto de obra como financieros, poniendo en peligro la recuperación de las inversiones; ya que por lo general la etapa de generación de ingresos inicia una vez concluida la construcción.

La característica de un período de construcción donde no existe generación de ingresos, se traduce financieramente en la existencia de una etapa de capitalización de intereses, proceso que se detiene una vez que el proyecto genera recursos suficientes.

Por el lado de la demanda, generalmente el gobierno fija y garantiza niveles mínimos en determinadas variables, como pueden ser un mínimo de ingresos, ya sea por tarifa o por volumen, determina mecánicas de ajuste de las tarifas y establece el tratamiento fiscal del proyecto, lo cual caracteriza la fase de operación y transferencia del mismo.

Ejemplificando lo anterior, en los proyectos carreteros, la

S.C.T. determina los niveles de cuota, el aforo, la composición vehicular y las tasas de crecimiento; con ello se proyecta el flujo de ingresos, el cual deberá ser suficiente - para recuperar la inversión durante la concesión. De no cumplirse las premisas en los niveles de estas variables, se ampliaría el período de concesión.

En cuanto a los egresos, es importante una buena estimación, puesto que una desviación, sobretodo en los relativos a la construcción, se puede traducir en el fracaso del proyecto. El período real de construcción debe de ser compatible con el programa de obra, ya que el incumplimiento de este no sólo lo puede encarecer el proyecto sino provocar retrasos que - incidan desfavorablemente en el período de recuperación de la inversión.

Este tipo de desvíos de costos de obra y rezagos de la misma, tienen un impacto negativo en la situación financiera - del proyecto, al registrarse incrementos en los costos financieros. Como se mencionó anteriormente, en la etapa de construcción se tiene una capitalización de intereses, la cual aumenta al prolongarse la primera; con su consecuente impacto en los montos del crédito.

En lo relativo a los costos de operación y mantenimiento deberán calcularse y programarse de manera consistente, ya - que estos serán cubiertos con los propios ingresos de operación.

Las variables de costos son propuestas por parte de las concesionarias y autorizadas por el gobierno.

La veracidad y consistencia de estas variables redundará en resultados más realistas en cuanto a la recuperación de las

inversiones. Por lo que una deficiente estimación de estas podría significar el fracaso del proyecto.

El último conjunto de variables clave requeridas para la evaluación del proyecto son aquellas que están relacionadas al entorno macroeconómico y financiero, y que son estimadas por el agente financiero, destacando los niveles de inflación, tasas de interés, márgenes financieros, entre otros. Una estimación conservadora de este tipo de variables permitirá obtener resultados realistas en la evaluación del proyecto.

6.3.- Modelo Conceptual.

El modelo conceptual que se presenta en la figura 10 tiene como finalidad la de constituirse como un marco integrado y coherente, que ayude a la toma de decisiones en la evaluación financiera de una autopista concesionada. Consecuentemente, el modelo busca la congruencia interna tomando como punto de partida los aspectos económicos, de modo que las distintas variables, políticas y criterios que se manejen, sean acordes y estén enmarcados por los escenarios económicos que se manejen.

Como primer bloque, se presenta el de los escenarios macroeconómicos, que es el que sirve de elemento de enlace de todo el modelo. En él se determina el (los) escenario (s) con que se trabajará en el modelo.

A continuación, se consideran los elementos de costos y beneficios del proyecto. En primer lugar, se encuentran los costos de construcción en donde éstos se determinan de acuerdo a la información de costos unitarios constantes disponibles, el calendario de construcción y el escenario macroeconómico considerado.

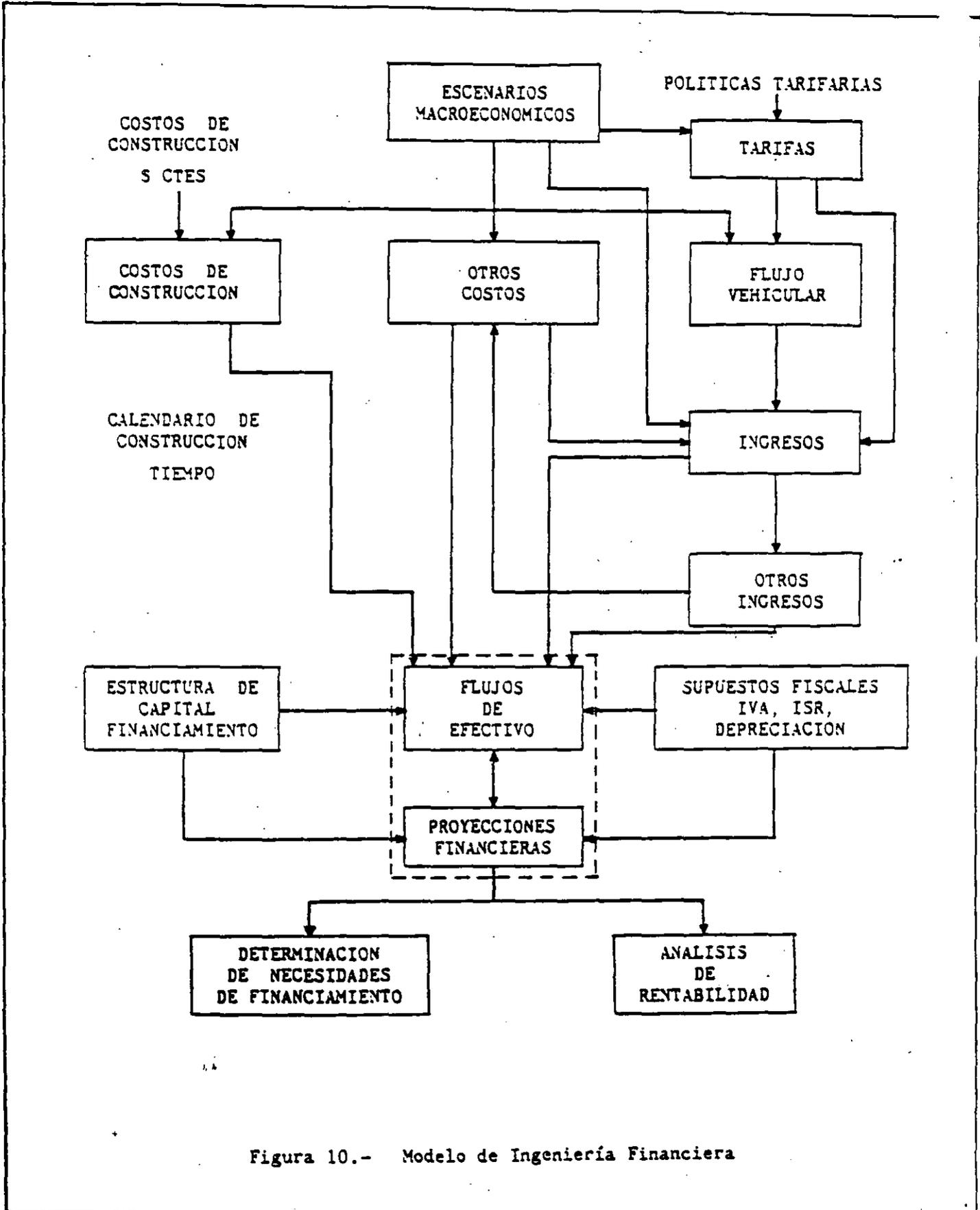


Figura 10.- Modelo de Ingeniería Financiera

Por el lado de los beneficios, se encuentran los bloques - que permiten el cálculo calendarizado de beneficios del proyecto. Como primer punto, se encuentra el de tarifas, en donde éstas se determinan de acuerdo al escenario económico y a las políticas tarifarias existentes. A partir de dichas tarifas y otra vez considerando los factores económicos, se determina el flujo vehicular que se tendrá, para que finalmente se puedan calcular los ingresos, combinando la demanda y las tarifas.

Finalmente, a partir de los escenarios económicos y del flujo vehicular, se calculan otros ingresos, derivados de la explotación del proyecto. Por el lado de los costos, se calculan otros costos complementarios, como pueden ser los de mantenimiento y conservación, y los asociados a los otros ingresos.

En el bloque de Estructura de Capital y Financiamiento, se considera el aspecto de la estructura financiera que permitirá desarrollar el proyecto, como son el monto y condiciones de los créditos, lo que junto con las políticas fiscales que se manejen, como la recuperación del IVA, el pago de impuestos y el manejo de la depreciación, permita determinar los flujos de efectivo de cada una de las organizaciones involucradas en el desarrollo y manejo del proyecto.

Finalmente, a partir de los flujos de efectivo y del financiamiento de cada entidad, se calculan los aspectos de rentabilidad de las diversas organizaciones involucradas en el proyecto.

A partir del modelo de Ingeniería Financiera que se ha planteado, se pueden realizar las evaluaciones, estudios y sen

sibilidades que ayuden a la toma de decisiones con respecto al proyecto analizado. Entre otras, se presentan las siguientes:

I. Determinación de las rentabilidades de los participantes en el proyecto. Consiste en la evaluación y determinación de la rentabilidad del proyecto para cada uno de los participantes, así como de las sensibilidades y riesgos incurridos, a partir de:

- escenario (s) macroeconómico (s)
- costos de construcción, contemplando costos unitarios, calendario, economía de escala, etc.
- ingresos, a partir de la política tarifaria, las tarifas y las demandas
- otros ingresos
- otros costos
- supuestos fiscales
- estructura de capital: participantes, créditos, - swaps; montos y calendarios

II. Determinación de variables, para que el proyecto satisfaga requerimientos de rentabilidad y/o riesgos para los participantes en él. Aquí se puede contemplar la determinación de variables como:

- tiempo de concesión, si éste es el caso
- condiciones de los créditos (vg tiempo de repago, montos, etc.)
- estructura de capital
- tarifas (manteniendo congruencia con el escenario económico)

- supuestos fiscales

que se requieren o son óptimos, para satisfacer requerimientos de rentabilidad y/o riesgo, como función de:

- escenario (s) macroeconómico (s)
- costos de construcción, contemplando costos unitarios, calendario, economías de escala, etc.
- relación flujo vehicular-tarifa
- otros ingresos
- otros costos
- supuestos fiscales (si procede)
- estructura de capital: participantes, créditos, swaps, montos, calendarios (si procede).

III. Análisis de sensibilidad y riesgo sobre diferentes ca sos base.

En cada una de las posibilidades I a III se obtienen flujos de Efectivo, Puntos de Equilibrio, Estado de Resultados, Balance, Análisis de Rentabilidad, Conciliación Fiscal-Contable, Análisis de Préstamos y Parámetros Operativos.

Es obvio que el modelo de ingeniería financiera antes expuesto para el caso de proyectos de transporte puede adecuarse fácilmente para ser aplicado en muchas otras áreas de interés.

6.4.- Pronóstico de la Demanda.

Tradicionalmente, en la planeación del transporte urbano o interurbano, el modelo de predicción de la demanda de viajes

se divide en cuatro submodelos:

a) Generación de viajes:

En este submodelo se estima el número total de viajes producidos y atraídos en cada una de las zonas en que se divide la región estudiada.

b) Distribución geográfica de viajes.

En este submodelo el número total de viajes que se producen en una zona dada son distribuidos entre todos los destinos posibles.

c) Selección de medio de transporte.

Los viajes correspondientes a una combinación dada de origen y destino son distribuidos entre los medios de transporte disponibles.

d) Asignación de viajes a la red de transporte.

Los viajes estimados para una combinación dada de par origen-destino y medio de transporte, se asignan a rutas de la red de transporte.

En el caso de las autopistas de cuota no es necesario desarrollar ningún modelo de selección de medio de transporte, - porque solamente se analizará la demanda de recorridos interurbanos realizados en vehículos que utilizan la red carretera de influencia de la autopista bajo estudio.

Es decir, no se requiere estimar, por ejemplo, el porcentaje de viajeros que seleccionan el autobús, el tren, el avión o

el automóvil particular para realizar un recorrido entre - dos ciudades de las redes de influencia identificadas.

Por lo tanto, la predicción de la demanda se centrará en aquellos recorridos vehiculares que se efectúan por la red carretera de influencia.

Para fines prácticos y por simplicidad, el modelo de predicción de demanda se dividirá en dos submodelos:

1. Distribución geográfica del tránsito vehicular.
2. Asignación del tránsito vehicular.

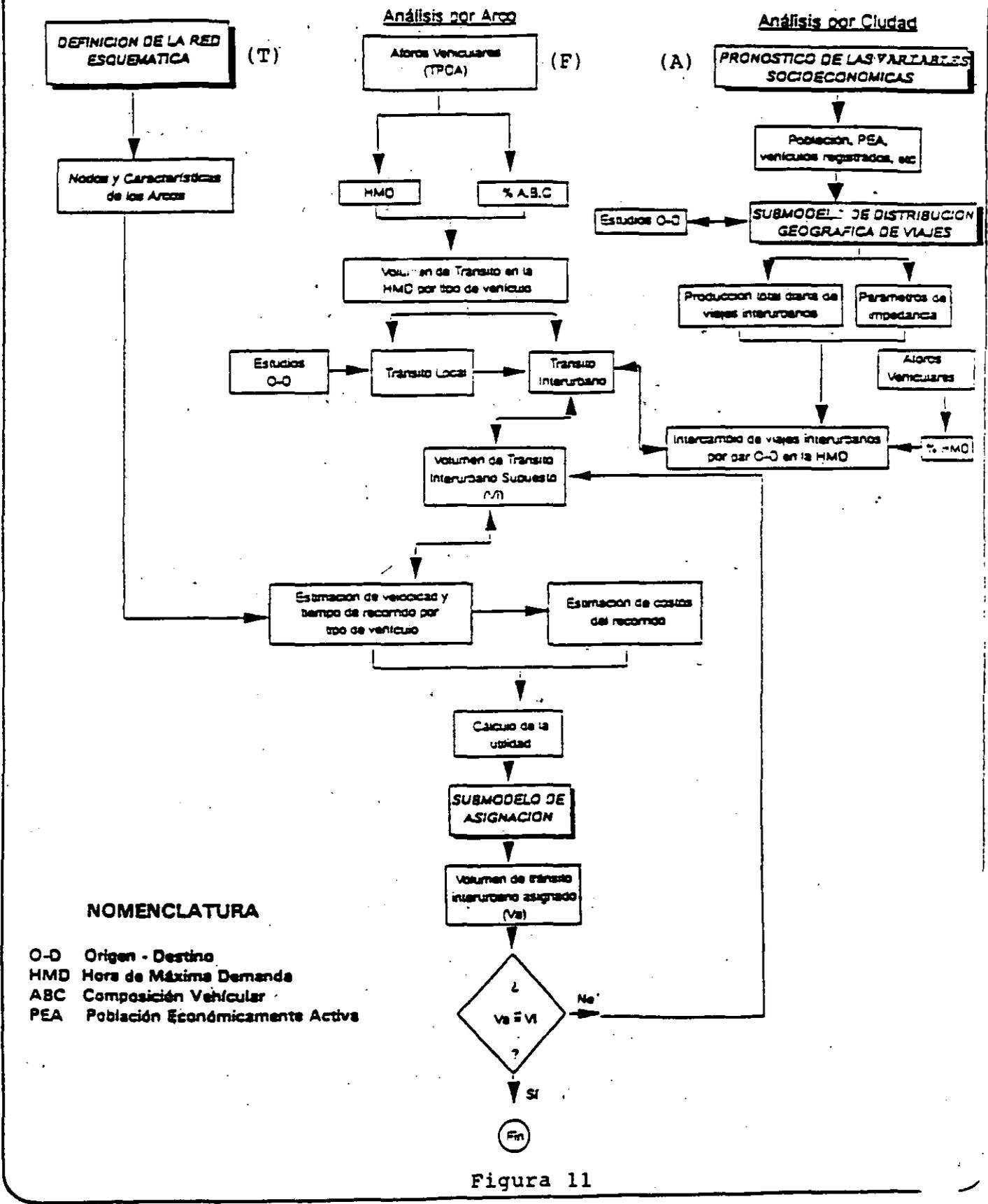
En el primer submodelo se combinan los submodelos tradicionales de generación de viajes y de distribución geográfica de viajes, considerando para una ciudad dada solamente los recorridos interurbanos que se realizan en los diversos tramos de las redes de influencia identificadas.

El submodelo de asignación del tránsito vehicular utilizará como insumo básico los flujos vehiculares estimados por el primer submodelo para cada combinación de origen y destino de las redes de influencia. En lo que sigue, por simplicidad, se utilizará el término modelo para referirse a estos submodelos.

En el análisis de sistemas de transporte generalmente se han utilizado tres variables básicas para la predicción de la demanda de viajes (figura 11).

1. El sistema de transporte (T).

ESTRUCTURA DEL MODELO PARA PRONOSTICO Y ASIGNACION DE TRANSITO



NOMENCLATURA

- O-D Origen - Destino
- HMD Hora de Máxima Demanda
- ABC Composición Vehicular
- PEA Población Económicamente Activa

Figura 11

Que engloba todas las características de dicho sistema como son: (i) nodos, (ii) enlaces o arcos, (iii) tipo de vehículos, etc.

2. El sistema de actividades, o socioeconómico (A).

Incluye características o variables como: (i) población, (ii) número de empleos, (iii) número de unidades productivas, (iv) producto interno bruto y otras.

3. El patrón de flujos en el sistema (F).

Que considera la magnitud y la dirección de los flujos en movimiento o por movilizar, ya sea como transporte de pasajeros o de carga.

Existen interrelaciones importantes de estas tres variables, las cuales se consideran explícitamente en los modelos de predicción de demanda de viajes.

Las características del sistema de transporte se especifican mediante funciones de servicio (J). Para una red carretera dada, el nivel de servicio (S) que recibirá un usuario normalmente será función del volúmen de vehículos que se encuentren en la red, y del sistema de transporte que utilice:

$$S = J(T, V) \quad (1)$$

Este nivel de servicio que cada usuario percibe puede estar representado por diferentes indicadores, entre los que destacan el tiempo de viajes, los costos de operación, y los desembolsos directos, p.e. peajes, que dicho usuario tenga que hacer.

Por otra parte, en el sistema socioeconómico se establecen funciones de demanda (D), con las que se estima el volumen de tránsito (V) con base en el nivel de servicio:

$$V = D(A, S) \quad (2)$$

Lo que significa que el volumen de viajes estará determinado por el sistema de actividades económicas (A) de la región, zona o ciudad; y por el nivel de servicio (S) que el sistema de transporte le proporcione al usuario.

En el caso del patrón de flujos, normalmente se utiliza la siguiente función para indicar sus características:

$$F = (V, S)$$

Lo que significa que el patrón de flujos consiste de un volumen de usuarios V que utilizan un sistema de transporte - con un nivel de servicio S.

Para una combinación dada de los sistemas T y A, el patrón de flujos que realmente se presentará en la red corresponde a la solución de equilibrio de las relaciones indicadas en las Esc. 1 y 2, que se conoce comúnmente como el equilibrio del mercado de viajes.

Sin embargo, con el transcurso del tiempo se presentan cambios en el sistema socioeconómico, representados por un aumento en la demanda debido a variaciones en las principales variables socioeconómicas, tales como la población.

Las fuerzas que inducen estos cambios son externas al sistema de transporte y teóricamente producen un desplazamiento de la función de demanda (Ec. 2), de tal manera que para un valor constante de S, se presenta un incremento del volumen de tránsito con respecto al que se registraba originalmente. La solución de equilibrio cuando ocurre un desplazamiento en la función de demanda se denomina equilibrio del sistema socioeconómico.

Debido a que, en general, la puesta en operación de las autopistas concesionadas sucederá después de que se obtengan los datos de los trabajos de campo considerados, es necesario tomar en cuenta los cambios que se podrían presentar en la demanda de tránsito y que éstos se vean reflejados en la asignación de volúmenes vehiculares.

Asimismo, es importante que los modelos de predicción de la demanda vehicular cubran el horizonte de planeación de la autopista concesionada.

Por tales motivos, se desarrolla un modelo adicional que permita predecir el aumento en la producción total de viajes interurbanos en carretera, debido al incremento en la población y otras variables socioeconómicas, de las principales ciudades de la red de influencia de la autopista de cuota que se está analizando. A este modelo se le denomina modelo de pronóstico de cambios socioeconómicos.

6.5.- El Financiamiento.

El esquema financiero de los primeros proyectos instrumentados bajo el esquema de concesión utilizó la modalidad del Fideicomiso en el que participaban ^{con} un capital de riesgo el Gobierno y las empresas constructoras; y un banco aportando

un crédito. A su vez el Banco intervino como fiduciario al que se le otorgó la concesión para la construcción, operación y explotación de las autopistas por un período de 20 años, renovable por una sola vez, tiempo en el que se calculó que se recuperaría la inversión.

Bajo esta concepción, el fideicomiso se constituyó en el receptor y administrador de las aportaciones de capital y del crédito, así como de los flujos provenientes del cobro de las cuotas para ejecutar la obra, hacer frente a la conservación y mantenimiento de las propias carreteras, recuperar el préstamo y pagar el rendimiento ofrecido a los inversionistas en su calidad de fideicomitentes. Una vez recuperada la inversión y habiendo pagado en forma alícuota a los participantes, el fideicomiso se extinguirá y las carreteras serán entregadas en propiedad al Gobierno Federal.

Dada la extraordinaria dinámica del Programa de Concesión - de Carreteras de Cuota fue necesario desarrollar esquemas financieros novedosos y flexibles. Así, mediante la figura de crédito por aval los Bancos pudieron hacer uso de su capacidad crediticia, sin que ello gravitara sobre su techo financiero, situación que abrió de inmediato la posibilidad de acudir al mercado de valores para obtener el fondeo necesario de mediano y largo plazo.

De esta manera, en la primera autopista financiada bajo esta modalidad, la concesionaria recibió un crédito por aval, equivalente al 60% de la inversión total, para que mediante la emisión de papel comercial se financiara su construcción en dos etapas durante las cuales estará vigente como garantía, una fianza por el anticipo y otra por terminación de obra; una vez en operación, se emitirán Certificados de Participación Ordinarios de mediano plazo con riesgo proyecto, con lo que quedará liberado el compromiso del Banco para,

de considerarlo conveniente, continuar con otros proyectos.

La colocación del papel de corto plazo avalado, así como la que habrá de los Certificados una vez que esté en operación la autopista, corre a cargo de una Casa de Bolsa, la cual se compromete a la toma en firme en ambos casos, entregando el producto de la primera de las emisiones a un fideicomiso de administración constituido por el Banco, cuyo fin consiste en aplicar los recursos para sufragar los costos de construcción y emitir una vez concluidos cada uno de los tramos, Certificados de Participación Ordinarios Amortizables, que sustituyan al papel comercial. Asimismo, una vez en operación la carretera, recibirá el importe de las cuotas de peaje para cubrir los gastos de conservación y mantenimiento, así como los intereses y amortización de los títulos emitidos.

Como se sabe, el papel comercial y los certificados no son los únicos productos que maneja la Banca de Inversión Mexicana, sino que dentro de una clasificación un poco más amplia pueden citarse:

- Papel comercial Quirografario
 - Avalado
 - Indizado

- Obligaciones Quirografarias
 - Hipotecarias
 - Intereses capitalizables
 - Disposiciones múltiples
 - Indizadas
 - Convertibles

- Certificados de participación inmobiliarios
- Bono de prenda
- Acciones

A título de ejemplo, en el Apéndice se describen las ventajas y desventajas de las obligaciones y se describen con algún detalle adicional las obligaciones con disponibilidades múltiples.

La funcionalidad del esquema financiero depende en gran medida del diseño de instrumentos de captación compatibles con las características de cada proyecto, por lo que deben analizarse alternativas de instrumentos financieros para allegarse de recursos, y con ello lograr la factibilidad del proyecto con una estructura adecuada de capital de riesgo y de financiamiento.

OBLIGACIONES

USOS

Financiamiento de proyectos a largo plazo.

REQUISITOS

- a) Empresas preferentemente con capital mayoritario mexicano inscritas o no en bolsa.
- b) Se deberán destinar los recursos a nuevas inversiones, desarrollo de productos, inmuebles, capital de trabajo permanente, o adquisición de empresas, entre otros.
- c) La empresa debe tener capacidad de pago, o forma de garantizar la emisión.
- d) Que tenga administración competente y auditores externos reconocidos.
- e) Se recomienda por cuestiones de costo un mínimo de \$5,000 millones de pesos.

CARACTERISTICAS

Monto: De acuerdo a la capacidad de pago de la emisora.

Plazo: Aunque no existe un plazo máximo lo usual es hasta 7 años con 3 de gracia.

Forma de pago: El diseño de una obligación es muy flexible y permite adaptarse a las necesidades y capacidad de pago de una empresa en particular.

Garantías: Dependiendo de la capacidad de pago podrán ser quirografarias o garantizadas (hipoteca, aval, carta de crédito, etc.)

Tasas: De mercado. Generalmente se calcula un spread sobre CETES, CEDES, aceptaciones bancarias y bondes.

Limitaciones financieras: En obligaciones quirografarias: sobre apalancamiento, liquidez, venta de activos, pago de dividendos, entre otros.

VENTAJAS

- 1) Es un instrumento muy flexible que se adecúa a los requerimientos de las empresas en lo que se refiere a plazo amortizaciones, años de gracia, entre otros.
- 2) En épocas de contracción crediticia es una alternativa de financiamiento en moneda nacional a largo plazo.
- 3) En caso de ser quirografarias, los activos quedan libres de gravámenes.
- 4) Por lo general tienen un costo total competitivo contra otras alternativas de financiamiento.
- 5) Dan presencia en el mercado a las empresas.

DESVENTAJAS

- 1) Existen limitaciones financieras que deben cumplirse y que en algunos casos pueden entorpecer el desarrollo de la empresa.
- 2) La emisora se obliga a proporcionar información al público.

FONDEOS

- 1) Personas físicas o morales de nacionalidad mexicana o extranjera.
- 2) Sociedades de inversión (fondos de renta fija).
- 3) Fondos de pensiones y primas de antigüedad.
- 4) Instituciones de seguros y fianzas.

OBLIGACIONES CON DISPONIBILIDADES MÚLTIPLES

Se denominan Emisión de Obligaciones con Disponibilidades Múltiples de (nombre de la empresa).

La modalidad de este tipo de obligaciones, estriba en que la emisora va disponiendo el monto total conforme lo necesite, es decir, no se allega del total de los recursos en un inicio, sino en formas parciales.

Tiene la obligación de disponer del total antes de que realice su primera amortización.

En caso que no requiera del monto total, amortizará lo que realmente se utilizó.

Los intereses se pagarán sobre el saldo insoluto de las obligaciones.

Costos (Fijos).

En primer término, las obligaciones a partir de su fecha de colocación generan un interés bruto anual sobre su valor nominal.

Dicho interés se determina obteniendo la tasa más alta que resulte de comparar usualmente Cetes, Certificados de Depósito Bancarios, Aceptaciones Bancarias y Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal.

A la tasa más alta, se le sumará una sobretasa pactada desde el inicio, la cual será el rendimiento que obtiene el tene

dor de los títulos.

Ante Comisión Nacional de Valores:

- La cuota a cubrirse por estudio y trámite (ingreso de documentación)
- Por inscripción en la Sección Valores del Registro Nacional de Valores e Intermediarios.

Ante Bolsa Mexicana de Valores, S.A. de C.V.

- Por Estudio Técnico-Económico.
- Por concepto de inscripción en la Bolsa Mexicana de Valores.

Este pago deberá hacerse una vez que hayan sido colocadas las obligaciones.

Durante el primer año, la cuota de inscripción se calculará en forma anualizada, conforme al número de días que resten para que concluya el año.

El resto, se calculará en base a un año completo sobre el saldo insoluto del monto de la emisión en circulación.

Ante Indeval, S.A. de C.V., Institución para el Depósito de Valores. (Depositario de los títulos).

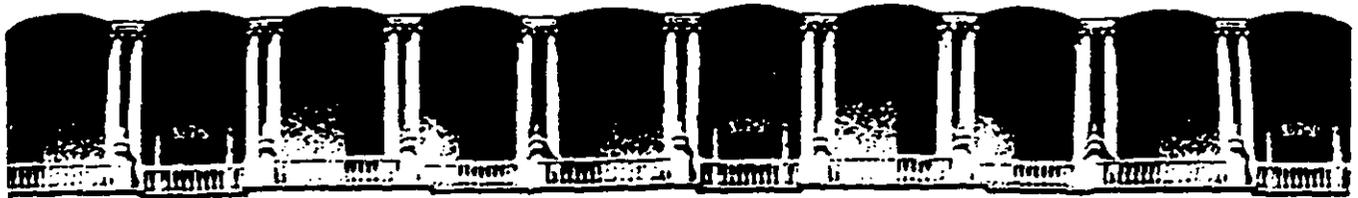
- Por custodia guarda y administración del macrotítulo

que ampara la emisión y hasta el momento del canje -
por los títulos definitivos.

(VARIABLES)

Ante el Representante Común de los Obligacionistas:

- a) Por la aceptación del cargo.
- b) Por manejo de la emisión (Cálculo de la tasa de interés) durante la vida de ésta misma.
 - Por impresión de los títulos definitivos.
 - Por publicaciones en los diarios.
 - Por la impresión de los prospectos de colocación.
 - Ante el Notario por la protocolización e inscripción del Acta de Emisión en el Registro Público - de Comercio.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**CURSO INTERNACIONAL DE GESTION
DE PROYECTOS DE INVERSION**

MODULO IV: INGENIERIA FINANCIERA

**OPTIMIZACION DE CARTERAS DE
INVERSION**

M. I. DE O'CIRO F. FLORES RIVERA

13 de OCTUBRE - 1992

*CURSO INTERNACIONAL DE GESTION
DE PROYECTOS DE INVERSION*

**OPTIMIZACION DE
CARTERAS DE INVERSION**

M. I. DE O. CIRO F. FLORES RIVERA

OCTUBRE DE 1992

MEXICO. D.F.

CONTENIDO

III. ALGUNOS MODELOS PARA CARTERAS DE INVERSION

3.1 Estado del Arte

3.2 Modelo de Markowitz

3.3 Un Modelo Dinamico

3.4 Modelo de Desviacion Media Absoluta

3.5 Modelos CAPM

3.6 Modelos APT

3.7 Modelos Binarios

IV. EL MODELO DE DESVIACION MEDIA ABSOLUTA

V. APLICACIONES

5.1 Descripcion

5.2 Conclusion

VII. BIBLIOGRAFIA

III. ALGUNOS MODELOS PARA CARTERAS DE INVERSION

3.1 Estado del Arte

La observación del comportamiento de muchos inversionistas sugiere que prefieren mantener un grupo de inversiones en vez de una sola inversión que aparentemente ofrece una mayor tasa de rendimiento esperado. Esto implica que el rendimiento no es el único aspecto que interesa al inversionista; también desea evitar el riesgo.

El rendimiento esperado en una cartera de inversión está directamente relacionado con los rendimientos de sus componentes individuales; sin embargo, el riesgo de la cartera depende no sólo de los riesgos de cada uno de sus componentes sino también de la interacción que haya entre ellos (su correlación).

En tiempos pasados se tenía la tendencia a tomar las decisiones de inversión en base a una "buena" intuición y se consideraba que no era necesaria la aplicación de técnicas cuantitativas demasiado refinadas. Sin embargo la introducción de modelos matemáticos formales fue ganando terreno poco a poco y en la actualidad son cada vez más los inversionistas que están convencidos de que la aplicación del método científico en sus decisiones de inversión les brinda mejores resultados tanto a corto como a mediano plazo.

Dentro de la Teoría de Cartera se han desarrollado una gran cantidad de modelos para la optimización de carteras de inversión. Los enfoques

son diversos y una de las clasificaciones los separa en Estáticos y Dinámicos.

De manera inevitable y por derecho propio citamos el clásico modelo de Markowitz [17] que sentó las bases para el desarrollo de la teoría de cartera en la actualidad (se citará como MM). A partir de este modelo estático se han propuesto toda una serie de modelos de optimización que extienden o modifican estas ideas originales.

Se encuentran en la literatura especializada modelos dinámicos que consideran el rendimiento esperado de una cartera como función de las inversiones realizadas en periodos anteriores, así como de las expectativas a corto plazo. Asimismo se analizan los cambios que sufre la cartera con el paso del tiempo (se les indicará con MD).

Al revisar las dificultades técnicas que surgen en la implementación del modelo de Markowitz, se señala como principal obstáculo la función objetivo de tipo cuadrático. Surgen como alternativa los modelos del tipo cuasilineal cuya función objetivo es lineal a trozos (dentro de este tipo se mostrará el modelo indicado por MAD).

Dentro de los modelos cuasilineales una línea de investigación actual propone considerar los momentos de mayor orden de la distribución de los rendimientos (o beneficios) obtenidos, como medio para caracterizar aquellas carteras de inversión con propiedades óptimas de rendimiento y riesgo.

Como complemento a estos modelos que consideran activos con riesgo se tienen los modelos tipo CAPM (modelos de fijación de precios de activos de capital), los cuales incluyen un activo libre de riesgo y lo combinan con una cartera de activos con riesgo. Esta es otra de las áreas de interés por donde se puede seguir investigando.

En forma más reciente y dada la característica aleatoria de los rendimientos de activos con riesgo ha surgido una gran cantidad de modelos que consideran esta importante cualidad, son los llamados modelos estocásticos. Una amplia gama de ellos se encuentra en revistas especializadas de actualidad. Sin lugar a dudas este es un campo bastante fértil donde la investigación de frontera puede encontrar resultados prometedores.

Creciente es el interés en el modelaje de problemas de carteras de inversión, como creciente es también la literatura sobre el tema; libros y revistas que aparecen hoy en día con frecuencia casi permanente a nivel internacional.

De este modo encontramos que el ambiente es propicio para explotar las ideas que tienen su origen en la Investigación de Operaciones y que tienen aplicación, en forma cada vez más fecunda, en el apasionante tema de las inversiones. Una prueba clara de ello es la corriente que actualmente se desarrolla en el Departamento de Sistemas y Planeación de la DEPMI - UNAM, en cuyo contexto ubicamos a esta Tesis.

3.2 Modelo de Markowitz [17]

Sea R_j la variable aleatoria que representa la tasa de rendimiento (por periodo) del activo S_j , $j = 1, \dots, n$. Denotemos por x_j el porcentaje del dinero disponible (presupuesto) para invertir en el activo j .

El rendimiento esperado (por periodo) de esta inversión está dado por:

$$r(x_1, \dots, x_n) = E \left[\sum_{j=1}^n R_j x_j \right] = \sum_{j=1}^n E [R_j] x_j$$

donde $E [\cdot]$ representa el valor esperado de la variable aleatoria dentro de los corchetes. Un inversionista desea tener un $r(x_1, \dots, x_n)$ tan grande como sea posible y al mismo tiempo mantener un nivel de riesgo mínimo.

Harry Markowitz (1959) empleó la desviación estándar (por periodo) del rendimiento:

$$\sigma(x_1, \dots, x_n) = \left[E \left[\left(\sum_{j=1}^n R_j x_j - E \left[\sum_{j=1}^n R_j x_j \right] \right)^2 \right] \right]^{1/2}$$

como medida del riesgo y formuló el modelo de optimización de cartera como el Problema de Programación Cuadrática siguiente:

$$\begin{array}{l}
 \text{Min} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} x_i x_j \\
 \text{s. a.} \quad \sum_{j=1}^n r_j x_j \geq \rho \\
 \sum_{j=1}^n x_j = 1 \\
 0 \leq x_j \leq u_j \quad j = 1, \dots, n
 \end{array}$$

(MM)

donde $r_j = E[R_j]$, $\sigma_{ij} = E[(R_i - r_i)(R_j - r_j)]$ y ρ es un parámetro que representa la mínima tasa de rendimiento requerida por el inversionista. Además, u_j es el porcentaje máximo de dinero que puede ser invertido en el activo S_j .

Para que este modelo sea válido se requiere que las variables aleatorias R_j tengan distribución normal multivariada y que el inversor muestre aversión al riesgo en el sentido de preferir la menor desviación estándar de la cartera.

Se reconoce ampliamente que este modelo es el punto de partida de la moderna Teoría de Cartera. En el Capítulo V se muestra un ejemplo de aplicación de este modelo.

3.3 Un Modelo Dinamico [19]

Este modelo es presentado por Javier Márquez Díez-Canedo (1981) y se construye como sigue:

Sean: x_{ijt} = cantidad de dinero que se invierte en el activo i , a plazo j durante el periodo t

$$i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T$$

γ_{ijt} = el rendimiento que produce el activo tipo i , a plazo j , comprado en el periodo t

$$i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T$$

L_t^0 = el requisito bruto de liquidez para el periodo t

$$t = 1, \dots, T$$

P_t = presupuesto de inversión para el periodo t

$$t = 2, \dots, T$$

x_{ijt}^0 = la inversión actual en activos de tipo i a plazo j comprados en un periodo anterior t , pero que vencen dentro del horizonte de planeación.

$$i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; t = 0, -1, -2, \dots$$

γ_{ijt}^0 = el rendimiento asociado al activo i a plazo j de la cartera actual, comprado en un periodo anterior t , que vence dentro del horizonte de planeación.

$$i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; t = 0, -1, -2, \dots$$

P_1 = presupuesto disponible en el periodo actual

Adicionalmente se calculan:

$$R_t = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (1 + \gamma_{i,j,t-j}) x_{i,j,t-j}^0$$

las sumas se hacen en todos los posibles instrumentos, a todos los plazos posibles, que se compraron antes del periodo actual $t=0$, pero que vencen dentro del periodo de planeación

$$L_t = L_t^0 - R_t$$

$t = 1, \dots, T$

que representan el requisito neto de liquidez en el periodo t

Entonces, el modelo dinámico expresado como un Problema de Programación Lineal queda como sigue:

Max $\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \gamma_{i,j,t} x_{i,j,t}$

s. a. $\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (1 + \gamma_{i,j,t-j}) x_{i,j,t-j} - L_t = P_t; \quad t = 2, \dots, J$

(MD) $\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (1 + \gamma_{i,j,t-j}) x_{i,j,t-j} - L_t = P_t; \quad t = J+1, \dots, T$

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{i,j,t} &\leq P_t \\ P_t &\geq 0 \end{aligned} \right\} \quad t = 1, \dots, T$$

$x_{i,j,t} \geq 0 \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T$

Debe señalarse que este modelo es determinístico pues supone un conocimiento tanto de los rendimientos de los activos para cada uno de los periodos del horizonte de planeación, como de los requisitos de liquidez que se deberán satisfacer.

3.4 Modelo de Desviación Media Absoluta [10, 11, 12]

Propuesto por Hiroshi Konno y Hiroaki Yamazaky (1989) el Modelo de Desviación Media Absoluta (MAD) es un modelo estático que permite la obtención de la Frontera Eficiente del conjunto de carteras factibles, en el plano Rendimiento-Riesgo. A diferencia del modelo de Markowitz, propone como medida del riesgo la desviación media absoluta de los datos lo cual conduce, como se verá en el capítulo IV, a un Problema de Programación Lineal. Conservando la notación introducida en el apartado 3.2, los elementos de este modelo son:

La función objetivo, que mide el riesgo de la cartera:

$$w(x) = E \left[\left| \sum_{j=1}^n R_j x_j - E \left[\sum_{j=1}^n R_j x_j \right] \right| \right]$$

en lugar de la desviación estándar del modelo de Markowitz. Por lo que el modelo MAD es:

	$\text{Min } w(x) = E \left[\left \sum_{j=1}^n R_j x_j - E \left[\sum_{j=1}^n R_j x_j \right] \right \right]$
(MAD)	$\text{s. a. } \sum_{j=1}^n E[R_j] x_j \geq \rho$
	$\sum_{j=1}^n x_j = 1$
	$0 \leq x_j \leq u_j \quad j = 1, \dots, n$

3.5 Modelos CAPM [27]

En este apartado se expone la lógica fundamental del *modelo de fijación de precios de activos de capital* (CAPM). La figura 3 muestra un conjunto factible de carteras de activos con riesgo y un conjunto de curvas de indiferencia (I_1, I_2, I_3), que representan las ventajas y desventajas que existen entre el riesgo y el rendimiento respecto de un inversionista. El punto N, donde la curva de utilidad es tangente a la curva de oportunidades de cartera, ANMB (que es precisamente la frontera eficiente para ese conjunto), representa un equilibrio: es el punto en que el inversionista obtiene el rendimiento más alto por una cantidad determinada de riesgo (σ_N) o el riesgo más bajo a la vez que obtiene un rendimiento esperado específico $E(R_N)$.

Sin embargo, el inversionista puede tener mejores alternativas que la cartera N si alcanza una curva de indiferencia más alta. Además de los valores de riesgo que están representados en el conjunto factible de carteras, existe un activo libre de riesgo que otorga un rendimiento R_f ; este también se muestra en la figura 3. Con la alternativa adicional de invertir en el activo libre de riesgo, el inversionista puede crear una nueva cartera que combine el activo libre de riesgo con una cartera de activos con riesgo. Esto permite al individuo poder alcanzar cualquier combinación de riesgo y de rendimiento que se encuentre a lo largo de la línea recta R_f y que tenga una tangente con la frontera eficiente. Tal punto de tangencia ocurre en M. Todas las carteras que se encuentren sobre la línea R_f MZ son preferibles a la

demás oportunidades de cartera con riesgo que se encuentran sobre la curva ANMB (excepto la cartera M, que es común a ambas); los puntos que se encuentren sobre la línea $R_F MZ$ representan las combinaciones factibles más altas de riesgo y de rendimiento.

Dado el nuevo conjunto de oportunidad $R_F MZ$, el inversionista se desplazará hacia el punto P, sobre una curva de indiferencia más alta de riesgo y rendimiento. Obsérvese que la línea $R_F MZ$ domina las oportunidades que podrían haberse obtenido a partir de la sola curva de oportunidades de cartera ANMB. En general, si los inversionistas pueden incluir el valor libre de riesgo y una fracción de la cartera con riesgo, M, en sus propias carteras, tendrán la oportunidad de desplazarse hacia un punto como P.

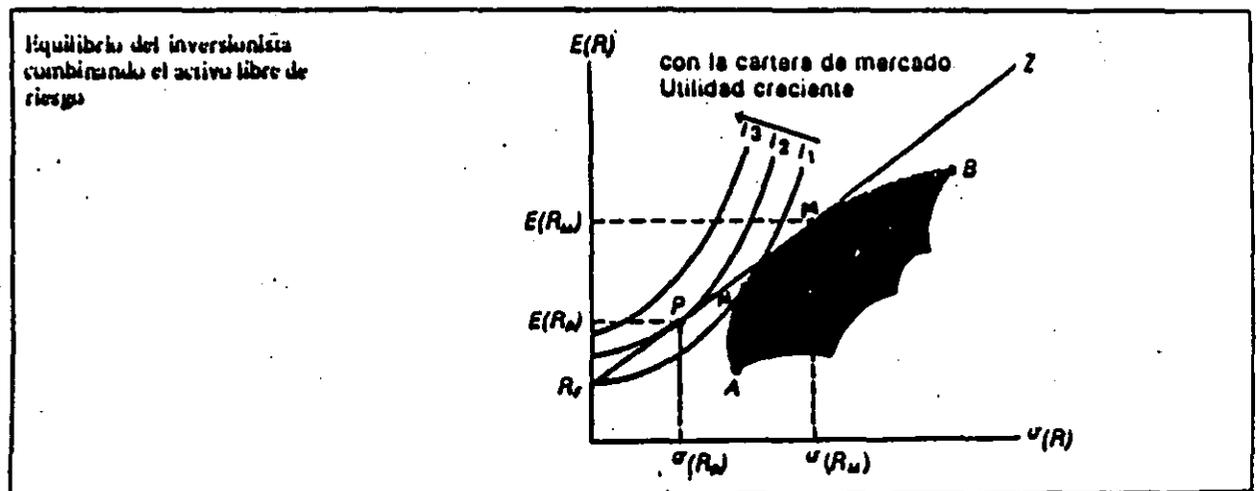


Figura 3

Bajo las condiciones que se exponen en la figura 3, todos los inversionistas mantendrían carteras que se encontrarán sobre la línea $R_f MZ$; esto implica que conservarían sólo carteras eficaces, las cuales son combinaciones lineales del valor libre de riesgo y de la cartera con riesgo M . Para que el mercado de capitales (operaciones a largo plazo) esté en equilibrio, M debe ser una cartera que contenga cada activo en proporción exacta a la fracción del activo, tomando como base el valor total de mercado de todos los activos; es decir, si el activo j es el $w\%$ del valor total de mercado de todos los activos de inversión, entonces el $w\%$ de la cartera de mercado M estará formado por el activo j . La ubicación particular de un individuo sobre la línea estará determinada por el punto en el cual la curva de indiferencia de ese individuo sea tangente a la línea, y esto a la vez reflejará la actitud de esta persona hacia el riesgo.

La línea $R_f MZ$ de la figura 3 queda determinada por la siguiente ecuación:

$$E(R_p) = R_f + \frac{E(R_M) - R_f}{\sigma_M} \sigma_p \quad (3.5.1)$$

Por lo tanto, el rendimiento esperado sobre cualquier cartera es igual a la tasa libre de riesgo, más una prima de riesgo igual a $[E(R_M) - R_f] / \sigma_M$ multiplicada por la desviación estándar de la cartera. Por lo tanto, la *recta del mercado de capitales* (CML) para carteras eficaces (o eficientes) mantiene una relación lineal entre el rendimiento esperado y el riesgo, y queda determinada de la siguiente forma:

$$E(R_p) = R_f + \lambda^* \sigma_p \quad (3.5.2)$$

Donde:

$E(R_p)$ = Rendimiento esperado sobre una cartera eficaz

R_f = Tasa de interés libre de riesgo

λ^* = Precio de mercado del riesgo: $\lambda^* = [E(R_M) - R_f] / \sigma_M$

σ_p = Desviación estándar de los rendimientos provenientes de una cartera eficaz

$E(R_M)$ = Rendimiento esperado sobre la cartera de mercado

σ_M = Desviación estándar de los rendimientos provenientes de la cartera de mercado

Todas las carteras eficaces, incluyendo la cartera de mercado, yacen sobre CML. Por lo tanto:

$$E(R_M) = R_f + \lambda^* \sigma_M \quad (3.5.3)$$

Las ecuaciones 3.5.2 y 3.5.3 indican que el rendimiento esperado sobre una cartera eficaz en equilibrio es igual a un rendimiento libre de riesgo más el precio de mercado del riesgo multiplicado por la desviación estándar de los rendimientos de la cartera. Esta relación se dibuja en la figura 4. CML se ha trazado como una línea recta que tiene una intercepción en R_f , el rendimiento libre de riesgo, y una pendiente igual al precio de mercado del riesgo λ^* , que es la prima de riesgo del mercado $[E(R_M) - R_f]$ dividida entre σ_M . De tal forma, el precio de mercado del riesgo, λ^* , es una prima de riesgo normalizada.

El precio de mercado del riesgo refleja las actitudes de los individuos en forma conjunta hacia el riesgo.

Este tipo de modelos constituye una extensión para los modelos como el de Markowitz o el de Desviación Media Absoluta que, bajo el marco de los modelos CAPM, se ven enriquecidos.

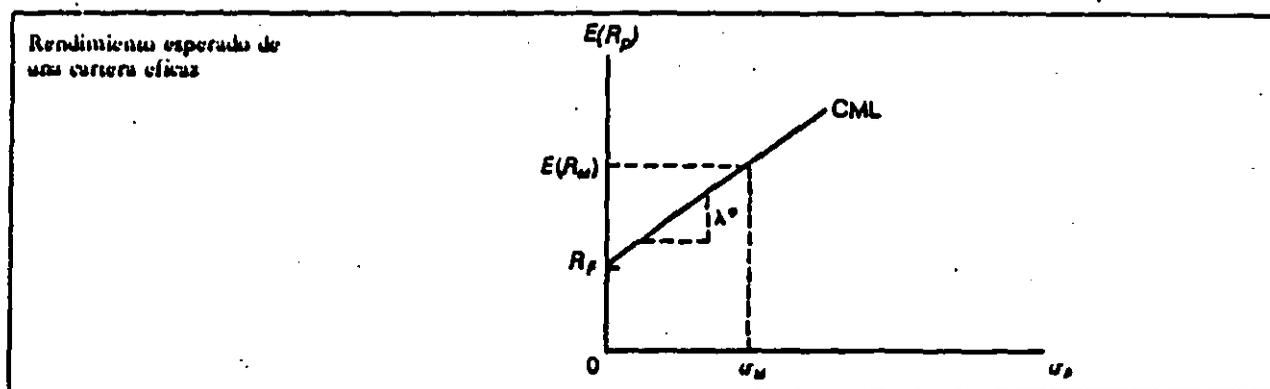


Figura 4

3.6 Modelos APT [30]

Como una generalización para los modelos CAPM presentados en el apartado 3.5 anterior se tienen los modelos llamados APT (modelos de fijación de precios por arbitraje). Mientras que en los modelos CAPM la tasa de rendimiento de la cartera es una función lineal de un solo factor (la tasa de rendimiento de la cartera de mercado), en los modelos APT esta dependencia lineal se extiende a k factores, como se muestra a continuación:

$$\bar{R}_i = E(\bar{R}_i) + b_{i1}\bar{F}_1 + \dots + b_{ik}\bar{F}_k + \bar{\epsilon}_i$$

donde:

\bar{R}_i = tasa de rendimiento aleatoria del i -ésimo activo.

$E(\bar{R}_i)$ = valor esperado de la tasa de rendimiento del i -ésimo activo.

b_{ik} = sensibilidad del rendimiento del i -ésimo activo con respecto al k -ésimo factor.

\bar{F}_k = k -ésimo factor (de media cero) común a los rendimientos de todos los activos bajo consideración.

$\bar{\epsilon}_i$ = término aleatorio de ruido (con media cero) para el i -ésimo activo.

Estas carteras reciben el nombre de carteras con arbitraje. Para construirlas definimos:

w_i = cambio en la cantidad de dinero invertida en el i -ésimo activo, expresada como porcentaje del total a invertir.

Como estas carteras no requieren de dinero extra, normalmente se forman vendiendo algunos de sus activos para comprar otros. El cambio total en la cantidad invertida debe ser cero, así que se tiene la condición:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 0 \quad (3.6.1)$$

Si hay n activos en la cartera con arbitraje, entonces el rendimiento adicional ganado es:

$$\begin{aligned} \bar{R}_p &= \sum_{i=1}^n w_i \bar{R}_i \\ &= \sum_i w_i E(\bar{R}_i) + \sum_i w_i b_{i1} \bar{F}_1 + \dots + \sum_i w_i b_{ik} \bar{F}_k + \sum_i w_i \bar{\epsilon}_i \end{aligned}$$

Por otro lado, para obtener una cartera con arbitraje libre de riesgo se deben eliminar tanto los riesgos sistemáticos como los no sistemáticos. Esto se logra estableciendo tres condiciones:

- i) seleccionando cambios w_i que sean pequeños.
- ii) diversificando la cartera mediante la inclusión de un gran número de activos.
- iii) seleccionando w_i para cada factor k , de modo que la suma ponderada de los componentes del riesgo sistemático, b_k , sea cero.

Es decir:

$$w_i \cong 1/n$$

n es un número grande.

$$\sum_i w_i b_{ik} = 0, \text{ para toda } k \quad (3.6.2)$$

Para n grande, la Ley de los Grandes Números garantiza que el promedio ponderado de los errores no sistemáticos, $\bar{\epsilon}_i$, se aproxima a cero. De modo que resulta:

$$\bar{R}_p = \sum_i w_i E(\bar{R}_i) + \sum_i w_i b_{i1} \bar{F}_1 + \dots + \sum_i w_i b_{ik} \bar{F}_k$$

A primera vista el rendimiento de la cartera con arbitraje parece ser una variable aleatoria, pero debido a la condición iii) anterior se elimina todo el riesgo sistemático. Es decir, R_p se convierte en una constante gracias a una adecuada selección de las w_i ; por lo tanto se tiene:

$$R_p = \sum_i w_i E(\bar{R}_i)$$

Resumiendo se puede decir que las carteras con arbitraje, construidas como se ha indicado, tienen las siguientes dos propiedades que las caracterizan:

- A) No requieren dinero extra.
- B) Están libres de riesgo.

Para que el mercado se encuentre en equilibrio, se debe cumplir que:

$$R_p = \sum_i w_i E(\bar{R}_i) = 0 \quad (3.6.3)$$

Como una consecuencia de las ecuaciones 3.6.1, 3.6.2 y 3.6.3 resulta que el rendimiento esperado debe ser una combinación lineal de los coeficientes b_{ik} , es decir, deben existir constantes $\lambda_0, \dots, \lambda_k$ tales que:

$$E(R_i) = \lambda_0 + \lambda_1 b_{i1} + \dots + \lambda_k b_{ik}$$

Si existe un activo libre de riesgo con rendimiento R_f , entonces $b_{0k} = 0$, $R_f = \lambda_0$, y se tiene:

$$E(R_i) - R_f = \lambda_1 b_{i1} + \dots + \lambda_k b_{ik}$$

La figura 3.6.1 ilustra esta última relación para el caso de un solo factor estocástico, el k -ésimo. En equilibrio, todos los activos deben caer sobre la línea de precios con arbitraje; λ representa el premio por el riesgo para ese factor.

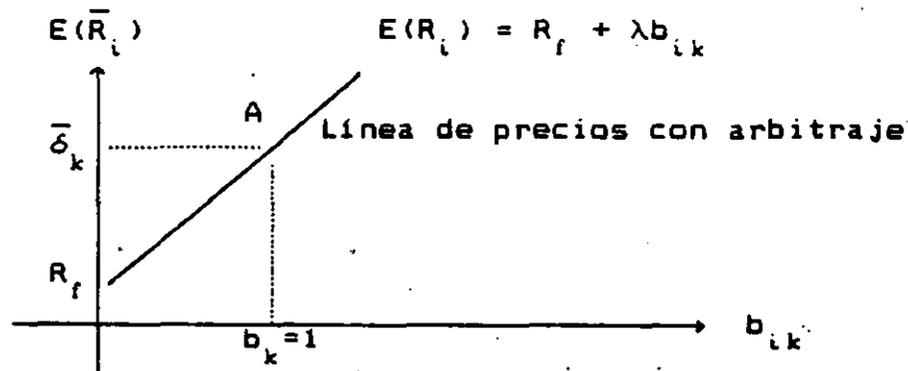


figura 3.6.1

Para el caso de la figura la última ecuación se puede reescribir como:

$$E(R_i) = R_f + [\bar{\delta}_k - R_f] b_{ik}$$

donde:

$\bar{\delta}_k$ = rendimiento esperado de una cartera con sensibilidad unitaria con respecto al k-ésimo factor y cero con respecto a todos los demás.

Por lo que resulta:

$$\lambda_k = \bar{\delta}_k - R_f$$

Para el caso general, el modelo APT puede escribirse como:

$$E(R_i) - R_f = [\bar{\delta}_1 - R_f] b_{i1} + \dots + [\bar{\delta}_k - R_f] b_{ik}$$

Finalmente se resumen a continuación las características que permiten afirmar que los modelos APT constituyen una generalización para los modelos CAPM, conformando una teoría más amplia:

1. APT no hace suposiciones sobre la distribución empírica de los rendimientos de los activos.
2. APT permite que el equilibrio en el rendimiento de los activos dependa (linealmente) de muchos factores, en vez de uno solo como lo hace CAPM.
3. No hay un requisito especial para la cartera de mercado en APT mientras que en CAPM es fundamental que esta cartera

eficiente.

3.7 Modelos Binarios [21]

Es estos modelos se debe escoger entre diversas alternativas la, o las más prometedoras para invertir un capital fijo disponible. Se les llama binarios porque la variable de decisión sólo puede tomar los valores cero o uno, dependiendo de si la alternativa se elige o no.

Se tienen diversos planteamientos para este caso, desde el que sólo considera al beneficio, hasta los que consideran los momentos de más alto orden de la distribución de probabilidad de los beneficios.

Las variables a utilizar se definen a continuación:

- X_j variable de decisión vale 1 ó 0 según se invierta o no en el instrumento j
- C_{jt} variable aleatoria que representa el valor del beneficio neto del j -ésimo instrumento de inversión en el tiempo t donde $j=1, \dots, n$ $t=1, \dots, T$
- A_{jt} variable aleatoria que representa el costo neto del j -ésimo instrumento de inversión en el tiempo t
- B_t variable aleatoria que representa al presupuesto disponible en el tiempo t

Se supone que, o se conocen las funciones de distribución o se tienen datos suficientes para determinar sus tres primeros momentos.

i) En el primer modelo se asume certeza, ya que cada variable aleatoria está representada por su valor esperado. Así el modelo determinista que se usará es el siguiente:

$$(I) \quad \max \sum_{j=1}^n E(C_j) X_j$$

$$\text{s. a.} \quad \sum_{j=1}^n E(A_{jt}) X_j \leq E(B_t) \quad t=1, \dots, T$$

$$X_j = 0, 1$$

En este modelo la función objetivo es lineal, pues no toma en cuenta el riesgo que es la dispersión.

ii) El segundo modelo que sí toma en cuenta el riesgo, es el siguiente:

$$(II) \quad \max Y = E(Z) - KV(Z)$$

$$\text{s. a.} \quad \sum_{j=1}^n E(A_{jt}) X_j \leq E(B_t) \quad t=1, \dots, T$$

$$X_j = 0, 1$$

Donde:

$$E(Z) = \sum_{j=1}^n E(C_j) X_j \quad \text{es la esperanza de los beneficios}$$

$$V(Z) = \sum_{i,j} X_i \sigma_{ij} X_j \quad \text{con } (i,j) = 1, \dots, n \text{ es la varianza de } Z, \sigma_{ij} \text{ es la covariancia de } (C_i, C_j) \text{ y } K \text{ es un factor de peso que dará el decisor}$$

En esta función objetivo se maximiza $E(Z)$ y se minimiza $V(Z)$; K significa el grado de aversión al riesgo, de tal manera que una K grande refleja una actitud conservadora y los valores pequeños indican que casi no se toma en cuenta la posibilidad de perder.

iii) El tercer modelo que se propone maximiza beneficios sujetos a un riesgo máximo fijo como sigue:

$$\begin{aligned} \text{(III)} \quad & \max \sum_{j=1}^n E(C_j) X_j \\ \text{s. a.} \quad & V \left\{ \sum_{j=1}^n E(C_j) X_j \right\} \leq M \\ & X_j = 0, 1 \end{aligned}$$

La notación es la misma que se ha definido renglones arriba.

iv) El cuarto modelo minimiza el riesgo sujeto a un rendimiento mínimo como sigue:

$$\begin{aligned} \text{(IV)} \quad & \min V \left\{ \sum_{j=1}^n E(C_j) X_j \right\} \\ \text{s. a.} \quad & \sum_{j=1}^n E(C_j) X_j \geq M \\ & X_j = 0, 1 \end{aligned}$$

En cualquier caso se obtiene en cuáles instrumentos se debe invertir y cuánto.

En estos modelos la programación entera, en particular la programación binaria, es fundamental para obtener la solución requerida. Destacan en este punto algoritmos como el de Balas Geoffrion [26].

IV. EL MODELO DE DESVIACION MEDIA ABSOLUTA

El Modelo de Desviación Media Absoluta (MAD) presentado en el capítulo anterior, propuesto como una alternativa al clásico modelo cuadrático de Markowitz (MM), fue diseñado por los autores japoneses [10, 11, 12] Hiroshi Konno y Hiroaki Yamazaki en 1989.

Este modelo tiene la importante característica de que puede formularse como un Problema de Programación Lineal, según veremos a continuación:

Sea r_{jt} la realización de la variable aleatoria R_j ($j = 1, \dots, n$) durante el periodo t ($t = 1, \dots, T$), la cual suponemos está disponible por datos históricos (en nuestro caso consultamos [3]), o bien mediante alguna proyección a futuro. Suponemos también que su valor esperado puede aproximarse mediante el promedio de estos datos. Sea

$$r_j := E[R_j] = \frac{\sum_{t=1}^T r_{jt}}{T} \quad j = 1, \dots, n$$

entonces,

$$E\left[\sum_{j=1}^n R_j x_j\right] = \sum_{j=1}^n r_j x_j$$

por lo que:

$$w(x) = E\left[\left|\sum_{j=1}^n R_j x_j - E\left[\sum_{j=1}^n R_j x_j\right]\right|\right] =$$

$$\begin{aligned}
&= E \left[\left| \sum_{j=1}^n R_{jt} x_j - \sum_{j=1}^n r_j x_j \right| \right] = \\
&= \sum_{t=1}^T \left\{ \left| \sum_{j=1}^n r_{jt} x_j - \sum_{j=1}^n r_j x_j \right| \right\} / T = \\
&= \sum_{t=1}^T \left\{ \left| \sum_{j=1}^n (r_{jt} - r_j) x_j \right| \right\} / T
\end{aligned}$$

y definiendo $a_{jt} = r_{jt} - r_j$ (desviaciones de la realización del activo j respecto de su promedio, en el periodo t), se tiene que:

$$w(x) = \sum_{t=1}^T \left| \sum_{j=1}^n a_{jt} x_j \right| / T \quad (4.1)$$

de modo que el modelo MAD se puede reescribir como:

$$\begin{aligned}
&\min \sum_{t=1}^T \left| \sum_{j=1}^n a_{jt} x_j \right| / T \\
&\text{s. a. } \sum_{j=1}^n r_j x_j \geq \rho \\
&\sum_{j=1}^n x_j = 1 \\
&0 \leq x_j \leq u_j \quad j=1, \dots, n
\end{aligned}$$

(MAD1)

que es equivalente [10, 11, 12], al siguiente Problema de Programación Lineal:

$$\begin{aligned}
 & \min \sum_{l=1}^T y_l \\
 & \text{s. a. } y_l - \sum_{j=1}^n a_{jl} x_j \geq 0 \quad l = 1, \dots, T \\
 \\
 & \text{(MADL)} \quad \sum_{j=1}^n r_j x_j \geq \rho \\
 \\
 & \sum_{j=1}^n x_j = 1 \\
 \\
 & 0 \leq x_j \leq u_j \quad j = 1, \dots, n \\
 \\
 & y_l \geq 0 \quad l = 1, \dots, T
 \end{aligned}$$

donde el valor de $w(x)$ puede recuperarse a partir de la definición de a_{jl} y la expresión 4.1.

Esta última expresión del modelo puede aplicarse directamente con los paquetes de programación lineal usuales y que son fácilmente accesibles.

La minimización de $w(x)$ que propone el modelo MAD es equivalente a la minimización de la variancia $\sigma(x)$ propuesta en el modelo clásico MM si (R_1, R_2, \dots, R_n) tiene distribución normal multivariada, de acuerdo a la siguiente:

PROPOSICION-4.1 Si (R_1, R_2, \dots, R_n) tiene distribución normal multivariada, entonces:

$$w(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sigma(x)$$

Prueba: Sean (μ_1, \dots, μ_n) la media de (R_1, \dots, R_n) y $(\sigma_{ij})_{n \times n}$ su matriz de covariancias. Entonces, los resultados básicos de estadística matemática establecen que $\sum_{j=1}^n R_j x_j$ tiene distribución normal con media $\sum_{j=1}^n \mu_j x_j$ y desviación estándar

$$\sigma(x) = \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} x_i x_j \right]^{1/2}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} w(x) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma(x)} \int_{-\infty}^{\infty} |u| \exp[-u^2/2\sigma^2(x)] du = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma(x)} \left[\int_{-\infty}^0 -u \exp[-u^2/2\sigma^2(x)] du + \int_0^{\infty} u \exp[-u^2/2\sigma^2(x)] du \right] = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma(x)} [\sigma^2 + \sigma^2] = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sigma(x). \end{aligned}$$

De este resultado se desprende que el modelo MAD propone una medida de riesgo tan buena como la propuesta por el modelo MM. Se ha señalado [11] sin embargo, que ante dos carteras con el mismo rendimiento y desviación estándar (absoluta), puede ser importante considerar el tercer momento de su distribución (curtosis) ya que si dicha distribución no es simétrica (como lo muestran resultados estadísticos del Mercado de Valores de Japón [12]), un inversor prudente elegirá la de tercer momento más grande ya que esto implica un menor riesgo de pérdidas. En este sentido se han propuesto algunas variantes del modelo MAD, que también conducen a problemas de programación lineal y que en su conjunto constituyen toda una clase de modelos denominados

cuasilineales (o lineales por trozos). Sin profundizar en esta clase de modelos, se señalarán algunas particularidades del que nos ocupa y que lo colocan por encima del modelo MM.

i) *Calculos previos.* La construcción del modelo MM requiere del cálculo previo de $n(n + 1)/2$ covariancias, a partir de los datos históricos (o proyecciones futuras); mientras que la aplicación del modelo MADL es directa a partir de dichos datos.

ii) *Linealidad.* El modelo cuadrático MM para problemas de gran escala puede resultar muy poco manejable, en términos de tiempo-máquina; por su parte es bien conocida la existencia de algoritmos lineales que tienen una gran eficiencia computacional de modo que el modelo MADL aún cuando n es grande, digamos mayor que 1,000, se puede resolver en tiempos razonables.

iii) *Costos de administración.* La solución óptima del modelo MM usualmente contiene una gran cantidad de variables diferentes de cero. Esto en la práctica constituye una dificultad para administrar un gran número de activos, a parte de que algunos de los valores óptimos de las variables son tan pequeños que resultan incompatibles con las cantidades mínimas que se ofrecen en el mercado. Por su parte, la solución óptima del modelo MADL puede contener [11] a lo más $2T + 2$ componentes positivas, sin importar el número n de activos que se manejen.

iv) *Actualización de datos.* Como no se tiene que calcular la matriz de covariancias, el modelo MADL permite una actualización e incluso adición de los datos y variables que se vayan registrando al paso del tiempo.

Adicionalmente, resultados numéricos reportados por los autores mencionados al principio de este capítulo [10, 11, 12], evidencian las características que permiten justificar que el modelo MAD es una alternativa digna de considerarse para la optimización de carteras de inversión.

V. APLICACIONES

Manteniendo en mente la idea del objetivo central de esta Tesis, desarrollado en el Capítulo I, se complementa la descripción del modelo de Desviación Media Absoluta mediante la aplicación concreta que se presenta enseguida. Asimismo se muestra un ejemplo de aplicación del modelo de Markowitz señalando, renglones adelante, algunos de sus contrastes más característicos.

5.1 Descripción

A partir de la información obtenida en la Bolsa Mexicana de Valores S. A. de C. V. (BMV) [3], se procedió a la aplicación del modelo MADL. Para ello se consideraron activos formados por las acciones de 33 empresas que cotizan en la BMV [7] y que en su conjunto constituyen más del 90% del Índice de Precios y Cotizaciones (IPyC). La lista completa de ellas se cita en el Apéndice A1. Los reportes que se utilizaron corresponden a los rendimientos reales mensuales de dichas acciones (descontando la inflación correspondiente), de Enero de 1991 a Enero de 1992 y aparecen en el Apéndice A2. Debe señalarse que sólo se tomaron en cuenta ganancias de capital y no pagos de dividendos debido a la gran irregularidad (o a veces inexistencia) de éstos.

Refiriéndonos al modelo MADL del capítulo anterior, se tuvo que $T = 13$ (meses), $n = 33$ (activos) y se consideraron variaciones para el

rendimiento ρ del orden del 1% al 14%, se asumió también que $u_j = \infty$, para $j = 1, \dots, 99$.

La forma concreta del modelo resultante, con estos datos, se presenta en el Apéndice A3 (para el caso particular $\rho = 5\%$). Este se obtuvo como sigue:

En el Apéndice A2 aparecen los valores r_{jt} , $j=1, \dots, 99$, $t=1, \dots, 13$ obtenidos de [3], de los rendimientos reales mensuales de las 30 emisoras consideradas durante los 13 meses que se analizaron (de Enero de 1991 a Enero de 1992). Los valores r_j que requiere el modelo MADL son los promedios por renglón. Tomando en cuenta que se ha definido $a_{jt} = r_{jt} - r_j$ se calcularon estos valores y se muestran en dicho Apéndice. De este modo se tienen todos los elementos necesarios para al ser sustituidos en el modelo MADL permiten conocer la forma explícita del modelo la cual aparece en el Apéndice A3.

Como se mencionó en el Capítulo anterior, dicho modelo constituye un Problema de Programación Lineal el cual fue resuelto aplicando el conocido paquete computacional denominado "LINDO" (Linear, Interactive, Discrete Optimizer) versión 1991.

Las corridas efectuadas para diferentes valores de ρ en el rango arriba indicado permitieron construir la frontera eficiente que se muestra en la figura 5. Cabe aclarar que a partir de $\rho = 14\%$ el problema resultó no factible. Cada punto de dicha gráfica representa una cartera óptima en el sentido de que para un rendimiento dado ρ , es

la de menor riesgo $w(x)$; o bien, para un riesgo dado $w(x)$ es la de máximo rendimiento ρ . La construcción de dicha frontera se efectúa como se especifica a continuación:

Consideremos, a manera de ilustración, el caso en que $\rho=13\%$. De la corrida correspondiente (Apéndice A4), se obtienen los valores de x_j , $j=1, \dots, 33$ que para este caso son: $x_{11}=0.932723$, $x_{31}=0.067277$ y todas las demás son cero. Con estos valores se calculan los productos $a_{jt}x_j$ como se indica en el Apéndice A2 bajo el título "Recuperación de $w(x)$ ". Posteriormente se hacen las sumas $\left| \sum_{j=1}^{33} a_{jt}x_j \right|$, o sea, el valor absoluto de las sumas por columna. Finalmente estos valores se suman y se divide entre 13, es decir se obtiene $\sum_{t=1}^{13} \left| \sum_{j=1}^{33} a_{jt}x_j \right| / 13 = 10.68855$, que es justamente el valor de $w(x)$ que se deseaba recuperar.

Del mismo modo se procede para cada uno de los valores de ρ , obteniéndose la tabla siguiente, cuya gráfica se ha referido más arriba como la frontera eficiente (figura 5).

Rendimiento ρ (%)	Desviación Media Absoluta $W(x)$
1	1.29
2	1.29
3	1.29
4	1.34
5	1.65
6	2.02
7	2.51
8	3.30
9	4.16
10	5.10
11	6.42
12	8.50
13	10.69
14	no factible

Por otro lado y atendiendo a la Teoría de la Utilidad construí mi mapa de indiferencia personal rendimiento-riesgo (me declaro averso al riesgo), que se muestra en la figura 6 denominada "CURVAS DE INDIFERENCIA".

Finalmente, superponiendo este mapa de indiferencia sobre la gráfica de la frontera eficiente se determinó el punto de tangencia buscado (ver figura 7) con lo que se obtuvo la siguiente cartera óptima

personal:

Rendimiento esperado: 8% Riesgo esperado 3.3%

Composición de la Cartera Optima:

EMISORA	%
1) BANORTE B	12.64
2) INTENAL B	11.69
3) CEMEX A	19.85
4) CIFRA C	11.37
5) TELMEX	12.48
6) TEXEL	31.97

Estos resultados se ilustran en la gráfica titulada "CARTERA OPTIMA PERSONAL" (figura 7).

FRONTERA EFICIENTE

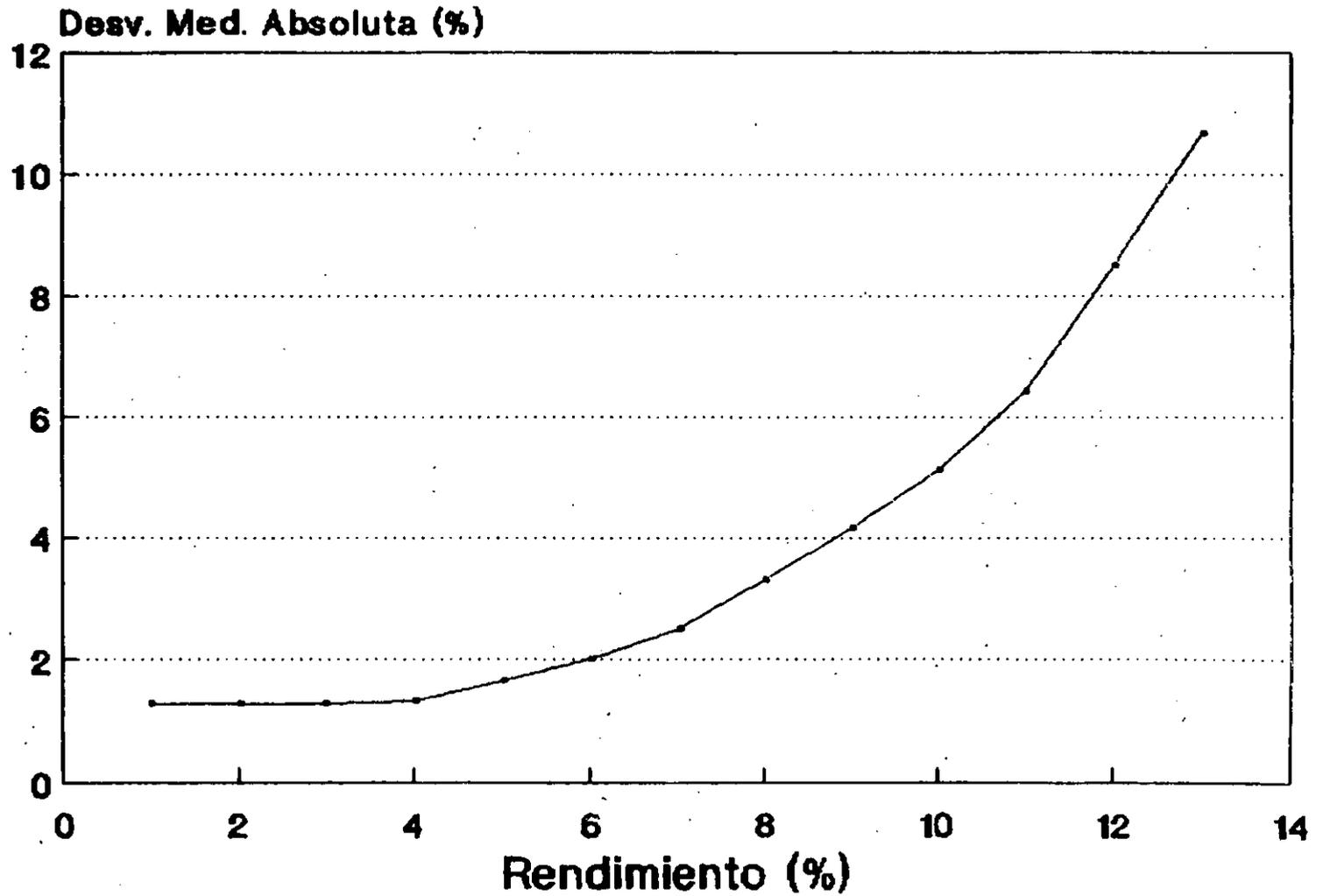


Figura 6

44

CURVAS DE INDIFERENCIA

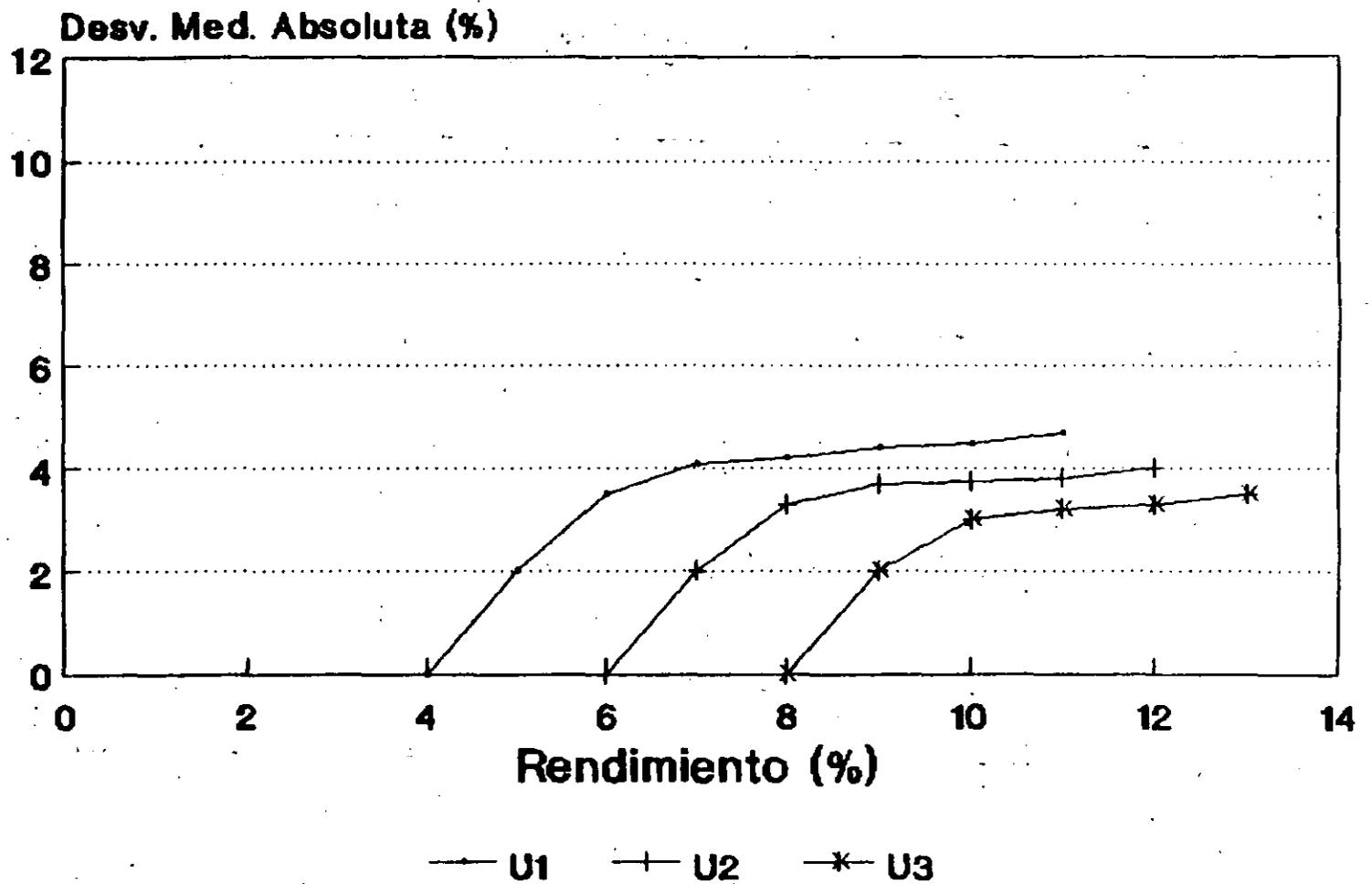


Figura 6

54

CARTERA OPTIMA PERSONAL

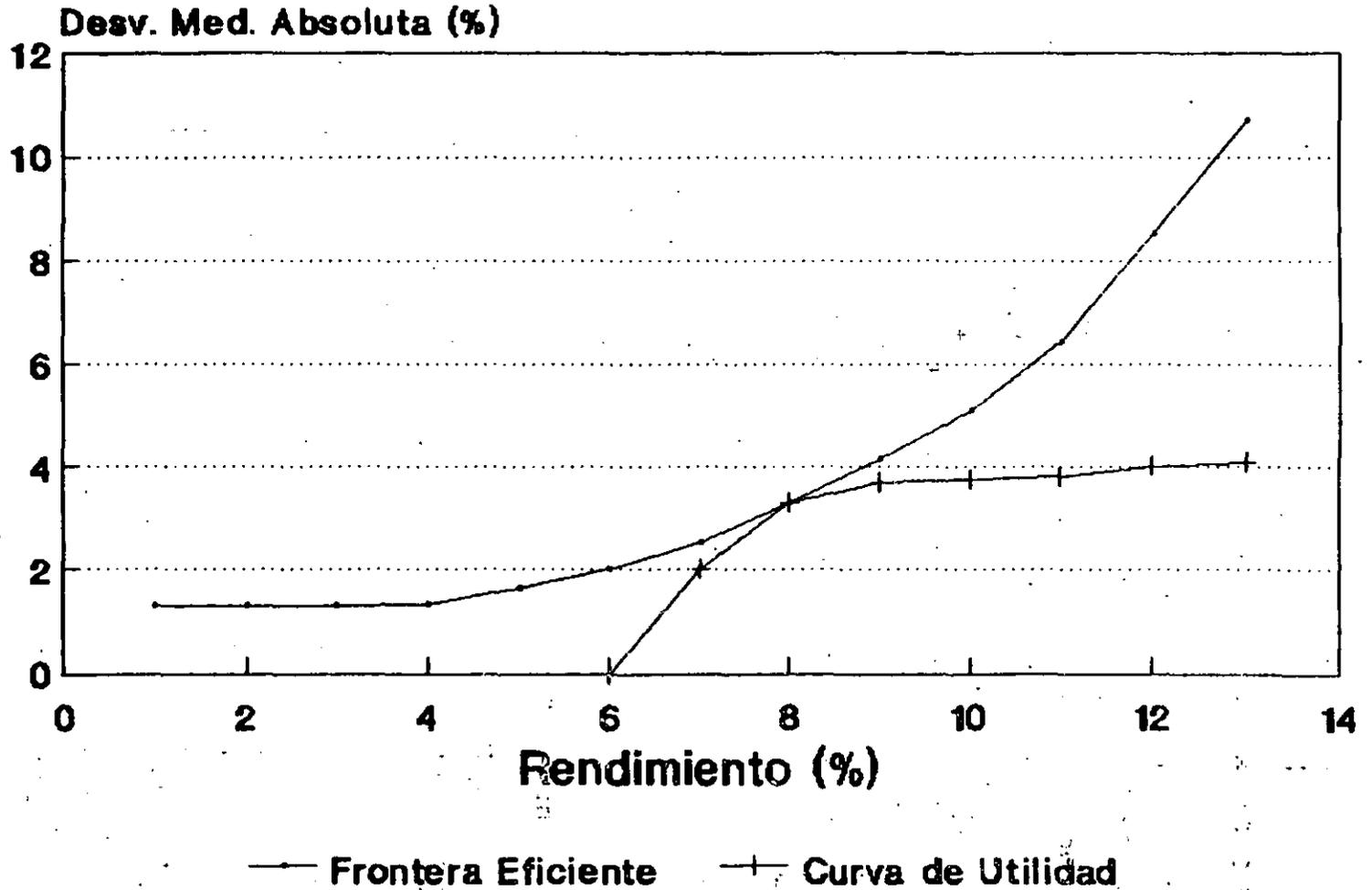


Figura 7

5.3 Conclusion

En relación a la aplicación del Modelo de Desviación Media Absoluta se puede establecer lo siguiente:

- La cartera óptima resultante está compuesta tan sólo por seis activos. La proporción invertida en cada uno de ellos supera en todos los casos al 10% del capital total disponible para la inversión. Esto, desde un punto de vista práctico, permite un manejo adecuado para el administrador de la cartera, quien puede ir registrando las modificaciones que presenten los rendimientos de sus activos para mantener en todo momento actualizado sus niveles de información, sin tener que manejar grandes volúmenes de datos [18].

- Se puede observar que el rendimiento de la cartera (8%) supera al rendimiento individual (promedio) de cuatro de los seis activos que la forman. Hay diversificación en los activos seleccionados pues se tienen empresas de los ramos [7] Bancos, Cemento, Casas Comerciales, Comunicaciones y Textiles.

- Nótese que el rendimiento del 8% real mensual de la cartera óptima, al compararse con el rendimiento actual (Marzo de 1992) de los CETES a 28 días (instrumento de renta fija, es decir, sin riesgo), que equivale [8, 7] a 1.06% real mensual, representa un avance bastante significativo, que compensa el riesgo asumido del 3.3% real mensual.

VII. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bicksler James and Samuelson Paul A.
INVESTMENT PORTFOLIO DECISION MAKING
Prentice-Hall Inc., New York, 1981.
- [2] B. Blog, Van Der Hoek, Rinnooy Kan and G. Timmer
THE OPTIMAL SELECTION OF SMALL PORTFOLIOS
Management Science, Julio 1983.
- [3] Bolsa Mexicana de Valores S. A. de C. V.
e Instituto Mexicano del Mercado de Capitales.
INDICADORES BURSATILES
Enero 1991 a Enero 1992.
- [4] Bowlin Oswald, Martin John and Scott
ANALISIS FINANCIERO
C. E. C. S. A., 1983.
- [5] Cohen Kalman J. and Fitch Bruce P.
THE AVERAGE INVESTMENT PERFORMANCE INDEX
Management Science, Febrero 1966.
- [6] Coss Bu Raúl
ANALISIS Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION
Trillas, 1985.

- [7] Diario de circulación nacional
EL FINANCIERO
1991 - 1992.
- [8] Diaz Mata Alfredo
INVIERTA EN LA BOLSA
Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1988.
- [9] Fischer and Jordan
SECURITY ANALYSIS AND PORTFOLIO MANAGEMENT
Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1979.
- [10] Konno Hiroshi
PIECEWISE LINEAR RISK FUNCTION AND PORTFOLIO OPTIMIZATION
Journal of the Operations Research Society of Japan, Junio 1990.
- [11] Konno Hiroshi and Yamazaki Hiroaki
MEAN-ABSOLUTE DEVIATION PORTFOLIO OPTIMIZATION MODEL AND ITS APPLICATIONS TO TOKIO STOCK MARKET
Management Science, Mayo 1991.
- [12] Konno Hiroshi and Yamazaki Hiroaki
A MEAN-ABSOLUTE DEVIATION-SKEWESS PORTFOLIO OPTIMIZATION MODEL
Tokio Institute of Technology, Julio 1991.

[13] Levy Haim and Sarnat Marshall
INVESTMENT AND PORTFOLIO ANALYSIS
Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1980.

[14] Mao James C. T. and Särndal Carl Erik
A DECISION THEORY APPROACH TO PORTFOLIO SELECTION
Management Science, Abril 1966

[15] Mao James C. T.
QUANTITATIVE ANALYSIS OF FINANCIAL DECISIONS
Mc Millan Company, 1972.

[16] Mariani O. René
DISEÑO DE UN MODELO PERSONAL DE INVERSION
Editorial IEESA, México, 1982.

[17] Markowitz, H.
PORTFOLIO SELECTION: EFFICIENT DIVERSIFICATION OF INVESTMENTS
John Wiley and Sons, New York, 1959.

[18] Marmolejo G. Martín
INVERSIONES
Instituto Mexicano de Ejecutivos en Finanzas, A. C. México, 1987.

[19] Márquez Díez-Canedo Javier

CARTERAS DE INVERSION. FUNDAMENTOS TEORICOS Y MODELOS DE SELECCION OPTIMA

Limusa, México, 1981.

[20] Mercado Ramírez Ernesto

METODOLOGIA DE LA TEORIA DE DECISIONES

Apuntes, México, 1984.

[21] Moreno Bonett Alberto y Jauffred Francisco J.

ALGUNOS MODELOS PARA LA SELECCION DE INVERSIONES

Notas del Departamento de Ingeniería de Sistemas, DEPTI, UNAM, 1990.

[22] Ochoa Rosso Felipe

INVESTIGACION DE OPERACIONES EN LA PROGRAMACION DE INVERSIONES

DEPTI, UNAM, 1982.

[23] Raiffa Howard

DECISION ANALYSIS: INTRODUCTORY LECTURES ON MAKING CHOICES UNDER UNCERTAINTY

Prentice-Hall, 1982.

[24] Renwick Fred B.

INTRODUCTION TO INVESTMENTS AND FINANCE

John Wiley and Sons, New York, 1965.

[25] Sharpe W. F.

A SIMPLIFIED MODEL FOR PORTFOLIO ANALYSIS

Management Science, Vol. 9, 1963.

[26] Syslo Maciej M, Narsingh and Kowalik

DISCRETE OPTIMIZATION ALGORITHMS WITH PASCAL PROGRAMS

Prentice-Hall Inc., U. S. A., 1983.

[27] Weston J. F. y Brigham E. F.

FINANZAS EN ADMINISTRACION

Interamericana, México, 1987.

[28] White Douglas John

FUNDAMENTALS OF DECISION THEORY

Prentice-Hall Inc., U. S. A., 1982.

[29] Wolfe P.

THE SIMPLEX METHOD FOR QUADRATIC PROGRAMMING

Econometrica, Julio 1959.

[30] Copeland, Thomas E. and Weston, J. Fred.

FINANCIAL THEORY AND CORPORATE POLICY

Addison Wesley, 3 ed., 1988.