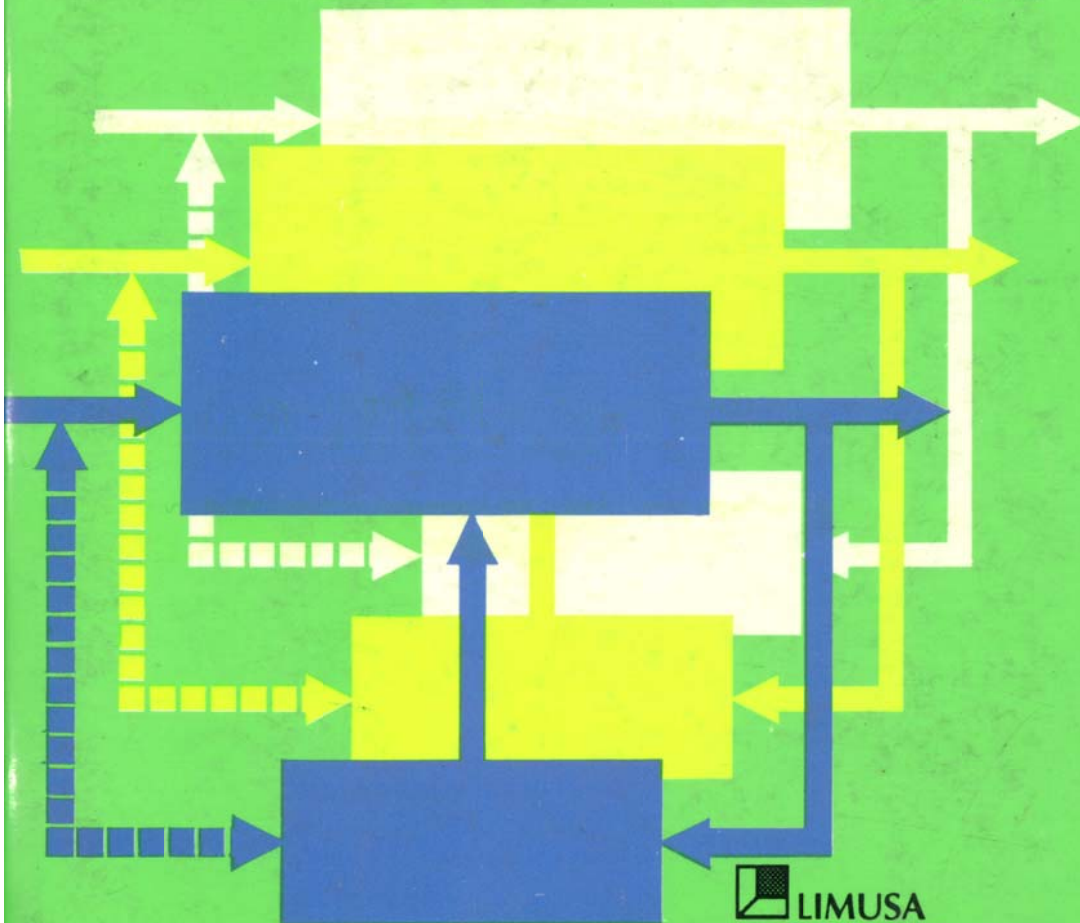


VELÁZQUEZ MASTRETTA

ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN



 **LIMUSA**
NORIEGA EDITORES

ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

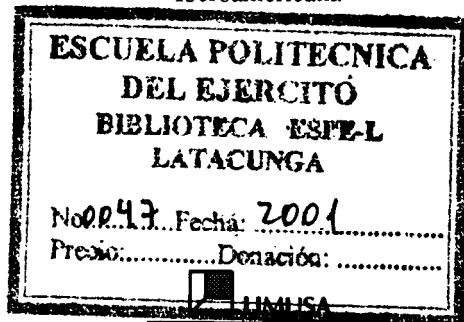
ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

GUSTAVO VELÁZQUEZ MASTRETTA

Doctor en Administración
Consultor de Organizaciones

Profesor de Administración
en la Facultad de Contaduría y
Administración de la U.N.A.M.

Profesor de Administración
en la Escuela de Administración
de Empresas de la Universidad
Iberoamericana



NORIEGA EDITORES

MÉXICO • España • Venezuela • Colombia


LA PRESENTACIÓN Y DISPOSICIÓN EN CONJUNTO DE


ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

SON PROPIEDAD DEL EDITOR. NINGUNA PARTE DE
ESTA OBRA PUEDE SER REPRODUCIDA O TRANS-
MITIDA, MEDIANTE NINGÚN SISTEMA O MÉTODO, ELEC-
TRÓNICO O MECÁNICO (INCLUYENDO EL FOTOCOPIADO,
LA GRABACIÓN O CUALQUIER SISTEMA DE RECUPÉ-
RACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN), SIN
CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL EDITOR.

DERECHOS RESERVADOS:

© 1996, EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V.
GRUPO NORIEGA EDITORES
BALDERAS 95, MÉXICO, D.F.
C.P. 06040

 521-21-05

 512-29-03

CANIEM NÚM. 121

DECIMATERCERA REIMPRESIÓN
DE LA QUINTA EDICIÓN

HECHO EN MÉXICO
ISBN 968-18-0154-7

*A mi madre y hermanos
con el cariño que nos une*

Prólogo

Nunca se insistirá lo suficiente, en que un verdadero administrador, no puede prescindir de la teoría, ya que sin ella “los hechos por sí mismos son mudos”.

Este libro trata de ser “una caja de herramientas” de conceptos para la interpretación y análisis de la administración científica de los sistemas de producción.

En esencia, traté de ajustar este libro a un conocimiento básico de la administración de la producción y de enmarcar a los estudiosos un certero planteamiento y el adecuado manejo de los problemas de la actividad productiva.

Este trabajo, naturalmente, está sujeto a la crítica. Al escribirlo, inmediatamente advertí las limitaciones de mis conocimientos y experiencia. Sin embargo, estoy seguro que todos los lectores: estudiantes y eruditos en la materia, comprenderán que este libro, como cualquier otro, tiene un lenguaje intelectual que puede enriquecerse.

GUSTAVO VELÁZQUEZ MASTRETTA



Reconocimientos

Este *libro de texto* es el resultado de los esfuerzos combinados de varias personas. Nuestro más profundo agradecimiento va dirigido a los profesores Francisco Mendoza Trejo y Guillermo López Tapia, sin quienes nunca habríamos podido completar este proyecto.

Apreciamos los esfuerzos del profesor Mendoza que tuvo la gentileza de contribuir al desarrollo del tema 11 de este libro.

Agradecemos también la ayuda del profesor López Tapia que nos asesoró en la redacción del tema 1 de este libro.

Ninguna de las personas mencionadas deberá considerarse responsable de las deficiencias de este libro, ni tampoco por su orientación general que es la responsabilidad del autor.

GUSTAVO VELÁZQUEZ MASTRETTA.

Contenido

INTRODUCCIÓN	13
TEMA 1 Concepto de sistemas	17
1. Conceptos, 19	
2. Clasificación de los sistemas, 23	
3. Parámetros, relaciones y restricciones de los sistemas de producción, 24	
4. Control y descripción de sistemas de producción, 25	
Bibliografía de consulta para el alumno, 28	
TEMA 2 La función productiva	29
1. Interrelación Productiva ¿qué, cómo y para quién?, 31	
2. La función productiva, 33	
3. Políticas de dirección de producción, 37	
4. La “toma de decisiones” en administración de producción, 39	
Referencias bibliográficas, 43	
Bibliografía de consulta para el alumno, 43	
TEMA 3 Localización de plantas	45
1. Importancia de la localización, de una planta, 46	
2. Un proyecto y sus etapas, 47	
3. Elementos a analizar para la localización de una planta, 48	
Anexo I: Factores de localización de plantas industriales, 53	
Anexo II: Impuestos y entidades, 56	
Apéndice I: La información de la planeación en la descentralización industrial, 57	
Referencias bibliográficas, 60	
Bibliografía de consulta para el alumno, 60	

10 Contenido

TEMA 4A Tipos de sistemas de producción 61

1. Sistemas modelo, 63
2. Sistemas primarios de producción, 67
3. Sistemas secundarios de producción, 70
4. Sistemas terciarios de producción, 74
- Referencias bibliográficas, 79
- Bibliografía de consulta para el alumno, 79

TEMA 4B Relación del sistema de producción con los sistemas de recursos humanos de mercadotecnia y de finanzas 83

1. La organización, 85
2. Producción ↔ Recursos humanos, 85
3. Producción ↔ Mercadotecnia, 88
4. Producción ↔ Finanzas, 95
5. Subsistemas de: conversión, adaptación, mantenimiento y coordinación, 98
- Anexo: Áreas de responsabilidad de la dirección, 99
- Referencias bibliográficas, 99
- Bibliografía de consulta para el alumno, 100

TEMA 5 Clasificación de los costos y análisis del punto de equilibrio 101

1. Tipos de costos, 103
2. El corto plazo y el largo plazo, 105
3. Análisis del punto de equilibrio, 114
- Apéndice, 120
- Referencias bibliográficas, 122
- Bibliografía de consulta para el alumno, 123

TEMA 6 La oferta, la demanda y los pronósticos 125

1. La demanda, 127
2. La oferta, 130
3. El precio de equilibrio de la oferta y la demanda, 132
4. Elasticidad-precio de la demanda, 134
5. Ingreso total, ingreso marginal e ingreso promedio, 136
6. La empresa industrial como factor económico, 139
7. Los pronósticos, 141
8. Métodos de pronóstico, 145
- Referencias bibliográficas, 151
- Bibliografía de consulta para el alumno, 152

TEMA 7	Planeación de la producción	153
	1. Sistema y requerimientos, 155	
	2. Ajustes en la producción, 163	
	3. Ingresos, costos y utilidades como factores de planeación, 165	
	4. El método del camino crítico, como instrumento de planeación, 167	
	5. Modelos gráficos de planeación y programación, 175	
	Referencias bibliográficas, 180	
	Bibliografía de consulta para el alumno, 180	
TEMA 8	Administración de materiales	181
	1. Importancia del sistema de materiales, 183	
	2. El sistema de compras, 185	
	3. El sistema de inventarios, 191	
	4. Generalidades de la distribución física, 204	
	Referencias bibliográficas, 207	
	Bibliografía de consulta para el alumno, 208	
TEMA 9	Control de la producción	209
	a) Definición, 211 b) La planeación de la producción como enlace entre el control del inventario y el control de la producción, 212 c) Naturaleza de la planeación agregada, 212 d) Sistema de control de la producción, 216 e) Producción continua e intermitente, 217 f) Organización del sistema, 218 g) Fases del sistema de control de la producción, 219 h) Alcances del sistema, 220 i) Programación cronológica del sistema, 211 j) Cómo medir la eficiencia del control de producción, 222	
TEMA 10	El sistema de control de calidad	227
	a) Introducción y definición, 229 b) Cuatro aspectos del control de calidad, 230 c) Sistemas de control de calidad, 232 d) Control de calidad dentro de la organización, 234 e) Políticas de producción y calidad, 234 f) Importancia y función del sistema de control de calidad, 232 g) Economía del sistema de garantía de calidad, 237 h) Control de calidad en la producción, 238 i) Control estadístico de calidad, 239 j) Muestreo de aceptación por variables, 240 k) Muestreo de aceptación por atributos, 242 l) Control de calidad en las fases de distribución, colocación y uso, 245 m) Curvas características de operación, 246 n) Gráficas de control; mecanismo	

12 Contenido

y usos, 247 o) Planes de muestreo, 251 p) Gráficas de diseño económico de control, 251 q) Círculos de Control de Calidad (CCC), 252 r) Conclusión.
Apéndice: La problemática del control de calidad, 254
Referencias bibliográficas, 262
Bibliografía de consulta para el alumno, 263

TEMA 11	Aplicación de la investigación de operaciones a los problemas de producción	265
	1. Programación lineal, 267	
	2. Método de transporte, 274	
	3. Simulación, 283	
	Referencias bibliográficas, 290	
	Bibliografía para el alumno, 290	

Introducción:

a) Enfoque Sistemático

Jamás en la historia de la Humanidad y en particular de nuestro país, se ha hecho tan necesaria la consideración de un “enfoque de sistemas” a nuestros núcleos sociales. Estos necesitan, como es sabido, infinidad de objetos, artículos, productos y materias primas para poder subsistir dentro del ambiente geográfico, político, religioso o social en que se desenvuelven.

El desarrollo cultural del hombre, unido a la vocación que le permite situarse en determinado ambiente, va dificultando enormemente el cambio que se realiza, en el sentido de que cada vez es más difícil la correspondencia entre los gustos e inclinaciones y es muy fortuito que coincidan dos sujetos en los cuales se den las circunstancias de que, lo que ofrece uno le apetezca al otro, y éste, a su vez, cumpla con los requerimientos que solicita el primero. Sin embargo, vale la pena tener presente que pocos problemas son de carácter único y que los administradores más capacitados están prestos a compartir sus experiencias; es decir, examinar los problemas comunes junto con otros administradores a menudo recompensa, aun en el caso que los productos, bienes y servicios que manejan sean totalmente disímiles.

¿Cómo lograr un examen de los problemas comunes? . . . Si bien la actividad que desarrolla un “gerente” de un expendio de tacos, es completamente diferente a las actividades que desarrolla un gerente de producción, un diputado, un médico, un estudiante o el Presidente de la República; hay un común denominador que permite analizar el comportamiento de la organización funcional pública o privada, ya sea ésta de manufactura, distribución o servicios.

Este común denominador es sencillamente el concepto de “*Enfoque Sistemático*”; o lo que un administrador llamaría “*Administración por Sistemas*”.

b) Generalidades del Enfoque Sistemático

Usted sabe, estimado lector, que el cuerpo humano es un organismo complejo, compuesto por un sistema esquelético, un sistema nervioso y otros sistemas.

14 Introducción

La necesidad de entender el enfoque sistemático aplicado a nuestro organismo se analiza fácilmente al interpretar a nuestro cuerpo como un sistema total, y a cada miembro que lo compone como un subsistema del sistema total o como un subconjunto del conjunto. Usted puede imaginar al sistema respiratorio recibiendo aire, o dicho de otro modo, “jalandó” aire por la nariz; aire que se procesa en los pulmones y que vuelve a salir por el mismo lugar que entró. Imagínese ahora la función que desempeña cada sistema de nuestro organismo y podrá aseverar que un sistema es un ensamble o combinación de cosas desiguales para cumplir un objetivo particular acorde a un plan.

La anterior aseveración nos permite afirmar categóricamente que todo sistema tiene una entrada, un proceso y una salida.

Nuestra afirmación categórica, estimado lector, podrá quedar establecida en su mente si analiza la figura correspondiente al modelo de un sistema básico.

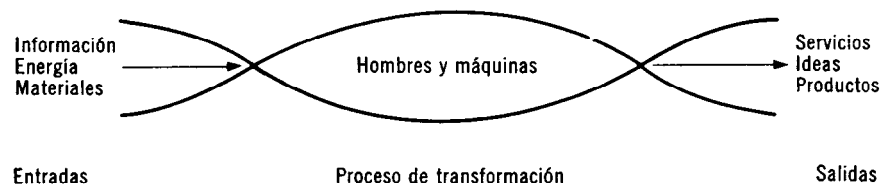


Figura I-1 Modelo de un sistema básico.

Anteriormente dijimos que todo sistema tiene entradas, proceso y salidas. En la figura I-1 se puede apreciar que los principales ingredientes de las entradas son información, energía y materiales, los cuales son procesados por hombres y máquinas para dar forma a los ingredientes de la salida; servicios, ideas y productos.

Si mencionamos anteriormente la “*Administración por Sistemas*” queremos hacer notar a nuestro lector que el común denominador que forma parte de cada una de las diferentes disciplinas (Administración, Medicina, Ingeniería, etc.) es el modelo del sistema básico.

No podemos negar que un médico, un ingeniero, un agricultor, un comerciante, un periodista, un filósofo, un senador o un poeta tienen como característica individual el modelo del sistema básico.

Lo que esencialmente queremos recalcar es que el término “Administración de los Sistemas de Producción” es enfocado a los sistemas de producción en oficinas, almacenes, tiendas de autoservicio, hospitales, fábricas y . . . etc. En todos estos sistemas hay entradas, algún tipo de proceso y salidas.

Aunque el desarrollo de este texto está enfocado a la Administración de la Producción, en el sentido de producir bienes o productos industriales, queremos inculcar en nuestro “lector administrador” (Médico, Abo-

gado, Presidente, Diputado, Estudiante, Ingeniero, Economista, Administrador, Contador, Actor y . . . etc.) la importancia que reviste el enfoque de sistemas en la administración moderna.

¿Cómo analizar entonces el común denominador? . . . Muy sencillo. Cada individuo tiene la ineludible responsabilidad de *Administrar el Sistema de Producción* que le corresponde, ya sea que produzca ideas, bienes o servicios.

c) Cuatro conceptos mágicos

Ya que cada individuo tiene la responsabilidad de administrar el sistema de producción que le corresponde, suceda esto en el sector público o privado, a nivel Dirección General o en cualquier otra área de trabajo, para llevar a cabo el proceso administrativo, todos los administradores *eficientes* cuentan con cuatro conceptos mágicos funcionales que son; Planeación, Organización, Dirección y Control.

Cabe señalar que las funciones gerenciales no deben confundirse con las funciones organizacionales, es decir; Recursos Humanos (personal), Ventas, Finanzas y Producción son ejemplos funcionales de organización, mientras que Planear, Organizar, Dirigir y Controlar son funciones gerenciales.

La figura I-2 ilustra la relación entre las funciones organizacionales y las funciones gerenciales.

Funciones Gerenciales	FUNCIONES ORGANIZACIONALES			
	Producción	Ventas	Finanzas	Personal
Planeación	↓	↓	↓	↓
Organización				
Dirección				
Control				

Figura I-2 La relación entre las funciones organizacionales y las funciones gerenciales ¹

La figura nos indica que un gerente asignado a la función organizacional de producción debe realizar su responsabilidad con el uso apropiado de las funciones gerenciales correspondientes a Planear, Organizar, Dirigir y Controlar.

¹ Kazmier Leonard J. Principles of Management. A Programmed-Instructional Approach. McGraw-Hill Book Co. 1974. Chapter two, page 36.

16 Introducción

A continuación detallamos las actividades que realizan las funciones gerenciales.

Planeación Directiva

ACTIVIDADES:

Pronósticos y previsiones.
Determinación de los objetivos.
Programación.
Cronología de los programas.
Presupuestos.
Procedimientos.
Formulación de políticas

Organización Directiva

ACTIVIDADES:

Estructura de la organización.
Delegación.
Determinación de relaciones.

Orientación Directiva (Dirección)

Función: Orientación directiva

ACTIVIDADES:

Formulación de decisiones
Comunicaciones.
Motivación.
Selección de personal.
Adiestramiento de personal.

Control Directivo

ACTIVIDADES:

Establecimiento de normas
de actuación
Medida de la actuación.
Valoración de la actuación.
Fórmulas para corregir
la actuación.

El lector podrá encontrar en el diagrama I-1 una explicación más detallada de estas funciones y actividades.²

² Tomado de: Allen Louis A. "La Función Directiva como Profesión". McGraw-Hill Book Co., 1964.

TEMA 1

Concepto de sistemas

Sumario:

1. *Conceptos.* — *a)* ¿Qué es un sistema? — *b)* Ejemplos de componentes y parámetros. — 2. *Clasificación de los sistemas.* — *a)* Físicos y abstractos. — *b)* Naturales y elaborados. — *c)* De hombres y máquinas. — *d)* Sistemas y subsistemas. — *e)* Sistemas de producción. — 3. *Parámetros, relaciones y restricciones de los sistemas de producción.* — 4. *Control y descripción de sistemas de producción:* Ejemplos.

En este primer tema, presentamos los conceptos de sistemas de producción de la manera más sencilla posible. Se parte de los conceptos generales de sistemas y se termina con los particulares de producción.

1. CONCEPTOS

a) *¿Qué es un sistema?* En forma muy general se puede decir que un sistema es alguna cosa o ente que recibe algo, lo procesa y produce algo. Un diagrama que ilustra lo anterior es el concepto de “sistema insumo-producto”.

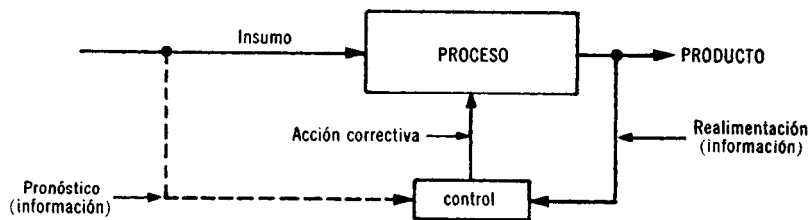


Figura 1-1. Sistema insumo-producto

Un sistema es un conjunto de objetos y/o seres vivientes relacionados de antemano, para procesar algo que denominaremos *insumo*, y convertirlo en el *producto* definido por el *objetivo* del sistema y que puede o no tener un *dispositivo de control* que permita mantener su funcionamiento dentro de los límites preestablecidos.

Algunos ejemplos de sistemas son los siguientes:

1. Una lavadora de ropa
2. Un avión en vuelo
3. La elaboración de las facturas de las ventas del día de una empresa, mediante una computadora electrónica
4. Una persona
5. El mercado mundial del petróleo
6. Una fábrica

Aprovechamos estos ejemplos para introducir los conceptos generales de sistemas.

Como *primer ejemplo*, tenemos una lavadora de ropa; el insumo es la ropa que se le introdujo, la corriente eléctrica que llega al motor, el agua y el jabón necesarios. El recipiente, el motor y demás mecanismos que forman la lavadora son los objetos relacionados; ellos, en forma independiente, no podrían procesar la ropa, es necesario que estén *relacionados* a través de poleas y bandas, y acomodados de manera tal que al funcionar realicen el trabajo de lavado. Este último es el *objetivo* del sistema, dentro de ciertos límites. En este caso, los límites quedan definidos, por ejemplo, por una duración prefijada y medida por un reloj, el cual desconecta el motor y cesa de funcionar el sistema al llegar al límite de tiempo fijado al iniciar el trabajo. Este es su dispositivo de control; además del dispositivo de control eléctrico del motor. Este sistema nos sirve para ilustrar el concepto de *subsistema* que es un sistema dentro del *sistema total*: lavadora de ropa. Un subsistema lo constituye el motor. Su insumo es la energía eléctrica, su proceso es la transformación de la electricidad recibida, su producto es el movimiento (de su eje que junto con la polea mueve la banda que impulsa las aspas del recipiente); su dispositivo de control está constituido por los mecanismos eléctricos y electrónicos que gobiernan su velocidad.

Como *segundo ejemplo* tenemos un avión en vuelo, que visto como sistema total está constituido por un objeto material, el avión, y los pilotos que lo tripulan. Es un sistema muy complejo. Su insumo es la gasolina que queman los motores; su proceso consiste en mantenerse en el aire y transportar pasajeros (objetivo del sistema), y el producto es el propio desplazamiento del avión. Su dispositivo de control lo forman tanto los cerebros de los pilotos que reciben información del desarrollo del vuelo, como los mecanismos de control del propio avión, que gobiernan sus diferentes funciones. Aprovechamos para introducir tres conceptos importantes: *estabilidad*, *pronóstico* y *realimentación*. Por *estabilidad* de un sistema definiremos la propiedad del mismo para resistir perturbaciones, evitando que deje de cumplir su objetivo. En este ejemplo, el avión tiene estabilidad si la presión del viento no lo desvía de su ruta; su objetivo es viajar de un punto a otro siguiendo una ruta, aunque el viento lo desvíe de su curso si sus dispositivos de control lo regresan, el sistema es estable. La acción del viento la definimos como una *perturbación* al sistema. El *pronóstico* es la función del piloto que evalúa si hay o no buenas condiciones de vuelo. También los dispositivos de radar y los medidores de velocidad de viento, al igual que otros instrumentos, desarrollan una función de pronóstico.

La línea punteada de nuestra gráfica ilustra este flujo de información hacia el dispositivo de control para que éste, después de evaluarla, produzca la acción correctiva necesaria.

La *realimentación* es la función que consiste en tomar informes de lo que se está produciendo y compararla con un criterio preestablecido para tomar inmediatamente una acción correctiva, según el resultado de esta comparación. En el presente ejemplo, dichos informes pueden ser la forma en que están trabajando los motores del avión, la altura alcanzada, los

kilómetros recorridos, el tiempo que ha transcurrido desde el despegue, etc. Esta información le sirve al piloto para evaluar la situación del avión y, de ese modo, tomar las decisiones correctivas del vuelo, necesarias para mantener el avión hacia el cumplimiento del objetivo del sistema.

El *tercer ejemplo* es la elaboración de un trabajo mediante una computadora electrónica. El objetivo, en este caso, es la impresión correcta de las facturas de un día de ventas de una empresa. El sistema consiste en una computadora, la persona que la opera, los archivos de datos de productos y clientes y el programa de facturación. El insumo es el papel en el que se imprimen las facturas, las tarjetas que entran a la computadora y que contienen los datos de los pedidos de los clientes, los datos que la computadora toma de los archivos de productos y clientes, así como la energía eléctrica que consume. El producto es la impresión de las facturas calculadas correctamente. El control se realiza en dos áreas:

1) *Física*, a través de los dispositivos de la propia máquina que controla la correcta ejecución de la impresión de los resultados, la lectura de las tarjetas, la lectura de los archivos y la transferencia interna de la información; y

2) *el proceso* del programa de facturación en el cual se verifica, que los datos de los pedidos correspondan a productos y a clientes, que efectivamente existan en los archivos y en las condiciones particulares de c/u de ellos, enviando mensajes al operador en caso de errores para que pueda corregir; o bien, se guardan los errores en archivos especiales cuyos datos se imprimen al final del trabajo en un informe especial para su investigación. Podría suceder que durante el trabajo se presente una baja de voltaje ocasionando la desconexión de la computadora, parando su trabajo. Esta perturbación volvió inestable el sistema, ya que no cumplió con su objetivo. Sin embargo, si la variación hubiese sido pequeña, la computadora hubiera continuado; en dicho caso, el sistema continúa estable. Podría suceder que el programa se suspenda antes de su terminación a causa de una situación especial prevista en el propio programa, por ejemplo, que un archivo haya crecido tanto que no cabe en el espacio asignado. Esta sería una acción directa del programa. En este caso, el operador interviene en forma secundaria (es decir, sólo tiene que activar la máquina y colocar el papel, las tarjetas y los archivos, y oprimir las teclas de iniciación del trabajo), no entra en la función de control.

En el *cuarto ejemplo* hemos puesto a una persona, ejemplo difícil de discutir. Su objetivo está compuesto por lo que desea y por los objetivos de sus subsistemas, que varían de persona a persona, de acuerdo con la edad, sexo, etc. Si se trata de un niño, su desarrollo biológico y mental es uno de los principales objetivos. El insumo es el aire y los alimentos y el producto es un conjunto variado de aspectos fisiológicos, reacciones espirituales y proceso mental que llamaremos "comportamiento". Aquí introducimos el concepto de *sistema abierto* cuyo comportamiento es difícil de predecir.

La mayoría de psicólogos aceptan que el comportamiento de una persona está totalmente sujeto a la ley de causa-efecto; es decir, a la relación es-

tímulo-respuesta. Sin embargo William T. Powers, en un artículo publicado en la revista *Science*, Vol. 179, Nº 4071, demuestra lo contrario: que el efecto o comportamiento no depende exclusivamente de la causa o estímulo sino que depende además del propio comportamiento. Para nuestros propósitos, el presentar este ejemplo nos permite hablar sobre un tipo de sistemas difícil de manejar.

Una parte importante del objetivo de este sistema es el comportamiento de la persona, que es casi impredecible. Afortunadamente para los efectos de este estudio los sistemas que se presentan son *sistemas de producción* que caen dentro de la categoría de *sistemas cerrados*, o sea aquellos que tienen objetivos, componentes, insumos, productos y relaciones claramente determinados.

El quinto ejemplo lo constituye el mercado mundial del petróleo. El objetivo es vender al precio más conveniente; pero éste no es el objetivo de una persona sino de muchas en diversos lugares. El sistema consta de vendedores y compradores de petróleo en todo el mundo. El insumo es la demanda de petróleo y el producto lo representan los acuerdos o ventas del mismo. El control es prácticamente inexistente porque los precios varían de acuerdo a los intereses de los negociantes, además de las presiones de los gobiernos de las naciones poseedoras de petróleo o que desean adquirirlo. Este es otro ejemplo de *sistema abierto*.

El último ejemplo es de una fábrica. Este sistema está compuesto por hombres y máquinas, relacionados por funciones específicas para cumplir el objetivo de producción de, digamos, muebles de comedor. Como sistema total, el insumo lo constituyen las materias primas y materiales (para los muebles como para el funcionamiento de la fábrica), el trabajo de las personas y la tecnología que se adopta. El producto son los muebles y los desperdicios. Nótese que visualizamos la fábrica como una empresa completa. Si la vemos como una parte de una empresa, el insumo sería entonces el que mencionamos, pero el producto sería el total de muebles producidos al igual que los desperdicios. Esto quiere decir que al hablar del sistema como un todo, deben especificarse claramente sus características, para no caer en errores. El control del sistema comprende el control de calidad, el cumplimiento de los planes de producción para que no rebasen los gastos e inversiones aprobadas para dichos planes y, antes que todo, obtener una utilidad conveniente.

Un concepto importante de sistemas en general es el *ruido*. Para presentarlo en forma sencilla, imaginemos que estamos observando un programa en la televisión y que pasa un avión; entonces observamos que esta perturbación deforma la imagen, pero, al poco tiempo, la imagen vuelve a la normalidad; esto, como ya se dijo, es una perturbación al sistema. Pero si la antena no estuviera orientada, la imagen tendría "fantasmas" y oiríamos mal; en este caso hay ruido en el sistema, ya que la antena es parte del sistema y está mal orientada. Ahora bien, si el sistema estuviese bien orientado y la transmisión fuera incorrecta, veríamos una imagen incorrecta y oiríamos un sonido defectuoso; entonces habría ruido en el insumo, que es señal de la transmisora y de la electricidad consumida por el televisor.

En ambos casos el producto-imagen y sonido están defectuosos, tienen ruido. Algo parecido sucede en las empresas o en los sistemas de hombres y máquinas, alguna persona o alguna máquina no funciona como se espera y mete ruido al sistema. Para eliminar el ruido es necesario corregir o substituir el componente del sistema que no funciona bien.

Las principales características de un sistema reciben el nombre genérico de *parámetro*; para ser más precisos, el insumo, el proceso, el producto, el dispositivo de control y las restricciones de un sistema, reciben el nombre de *parámetros*. Dichos parámetros describen al sistema. Un último concepto importante de sistemas lo constituye “el ambiente” es decir, el medio en el que se encuentra el sistema, y lo constituye todo aquello que rodea al sistema. Esto es importante porque los sistemas abiertos reciben una fuerte influencia del ambiente, mientras que los cerrados reciben una influencia menor, en ocasiones nula. El lector puede imaginar esta influencia ejercida por el clima en los ejemplos “lavadora” y “persona”.

2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

Como se ha dicho, la primera gran clasificación de sistemas consiste en *abiertos y cerrados*, definidos en el punto 1.

Otras clasificaciones pueden ser las siguientes:

a) Los físicos y los abstractos. Los *físicos* son aquellos sistemas que existen físicamente, como los arriba mencionados; los *abstractos* son aquellos que sólo existen en forma conceptual, en la mente de alguien, por ejemplo, un proyecto en la mente de un investigador.

b) Los naturales y los elaborados. Los *naturales* son aquellos creados por la naturaleza y los *elaborados*, por el hombre. El clima es un ejemplo de sistema natural mientras que una máquina lo es de uno elaborado.

c) Los sistemas de hombres y máquinas. Estos son los más importantes para los fines de nuestro estudio. Son aquellos integrados por hombres y máquinas cuya combinación tiene por objeto transformar algo, producir algún producto o servicio para satisfacer una necesidad. La función de cada humano como de cada máquina está claramente determinada. La fábrica ilustra este caso. Interesan los humanos y las máquinas desde el punto de vista de la función que desarrollan dentro del sistema y no como entidades totalmente independientes. Claro está, que el aspecto humano dentro de una fábrica es importante, pero está supeditado al objetivo que persigue la empresa.

Las funciones que desarrollan los humanos dentro del sistema son muy variadas; pueden variar desde la transformación de materia prima con herramientas básicas, pasando por la operación de maquinaria automática y supervisión de humanos, hasta la dirección, control y toma de las decisiones más trascendentales del sistema. Desde el punto de vista de sistemas, cualquier parte de un sistema es vital e importante; en consecuencia, el “enfoque” de sistemas, o sea, el análisis y solución de un problema se visualiza como un sistema ya que la solución contendrá una ponderación adecuada

de las partes en función del objetivo y no sólo en función de las partes afectadas. Por ejemplo, para resolver un problema de almacenes (visto desde el punto de vista de toda la empresa, como sistema total), necesariamente deberá tomar en cuenta los problemas de mercadotecnia (ventas, etc.), de producción y de finanzas de toda la empresa y no sólo los problemas particulares del almacén como departamento.

d) Sistemas y subsistemas. En realidad, un subsistema es un sistema en sí, sólo que el concepto sistema lo referimos al *sistema total* y los sistemas que lo componen los llamamos *subsistemas*. Esta denominación no es nueva ni contradictoria, es una forma de definir. Recordemos lo que significan en matemáticas los conceptos elementales de conjunto y subconjunto. En consecuencia, lo dicho para sistemas es válido para los subsistemas.

e) Sistemas de producción. Desde el punto de vista de producción se pueden clasificar los sistemas en dos grandes clases: en *procesos* y en *órdenes*. En el primero, por medio de un proceso común se elaboran todos los productos y en el segundo, cada lote de productos diferentes sigue un proceso especial. (En inglés, el primero se llama "Flow Shop" y el segundo "Job Shop".)

3. PARÁMETROS, RELACIONES Y RESTRICCIONES DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Se mencionó que a las características de un sistema los denominamos parámetros del sistema. Ampliaremos a continuación, lo dicho sobre las relaciones entre los parámetros de sistemas de producción.

La base de las *relaciones* entre *parámetros* la constituye la definición de funciones de las partes del sistema; esta definición muestra "lo que debe hacer" cada componente. El "cómo" deben hacerlo se encuentra (si los hay) en los instructivos de los procedimientos y en la mente de quienes los realizan.

La documentación adecuada, sencilla y fácil de mantener al corriente los procedimientos del sistema es importante para la planeación y el control del propio sistema y juega un papel decisivo.

Las *restricciones* del sistema son los límites del funcionamiento del sistema. Se pueden agrupar en dos clases: los objetivos del sistema y las limitaciones de recursos. El *objetivo principal* impone las restricciones al sistema para enfocar todo su poder hacia la producción del artículo o servicio deseado, con las especificaciones deseadas; esto causa que otros objetivos sean secundarios y supeditados al principal para cada subsistema, y sean nuevas restricciones para los subsistemas.

La segunda clase de restricciones la constituyen las *limitaciones* de los recursos del sistema total. Es obvio que todo sistema de producción cuenta con recursos: humanos, de equipo, materiales y financieros limitados. Esto constituye el marco de posibilidades de acción del sistema.

4. CONTROL Y DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Ahora reunamos todo lo anterior, orientándolo a los sistemas de producción. Ya hablamos sobre las partes del sistema, sus relaciones y restricciones, enfoquemos pues, a los elementos necesarios para mantenerlo funcionando adecuadamente, es decir, *bajo control*.

Primero, hay que reconocer que un sistema en movimiento está sujeto a *perturbaciones* de muchos tipos que varían el rendimiento del sistema.

Estas perturbaciones pueden clasificarse en dos grupos: perturbaciones que *puede controlar* el gerente de producción y las que *no puede controlar* por imposibilidades físicas o económicas. Nos referimos a las primeras exclusivamente, ya que es obvio que el conocimiento de las segundas queda fuera de control.

Para tomar las decisiones de control convenientes, es necesario contar con la *información*, ya sea del medio (externa) como del sistema (interna); aunque, sólo una pequeña parte de la externa es importante para control, aquella que está íntimamente ligada con el insumo.

En consecuencia, dividiremos en dos partes la información y su manejo. En primer lugar, la información derivada del análisis del insumo necesario para la función de *pronóstico* y en segundo lugar, la información obtenida del análisis del producto para la función de realimentación (en inglés "feedback"). Es decir, para fines prácticos se ha simplificado el flujo de información para control, observando únicamente lo que sucede a la entrada y a la salida del sistema. Esto no quiere decir que no se use otra información sino que, resulta conveniente hacerlo en forma continuada.

Así pues, el pronóstico (línea punteada del diagrama 1-1) y la realimentación (línea continua del mismo diagrama) son las dos funciones que dan información adecuada para compararlas con los patrones de comportamiento preestablecidos, las cuales nos permiten tomar las acciones correctivas necesarias. Por ejemplo, si en una empresa la demanda de su producto aumenta en forma apreciable, la función de pronóstico debe proveer la información para detectar este fenómeno oportunamente y para tomar la decisión de aumentar la producción convenientemente. Por otra parte, la realimentación nos da información, tanto de las cantidad que se está produciendo, como de la calidad y del servicio a clientes; con lo cual se pueden tomar las decisiones correctivas necesarias. Aquí surge un concepto de sistemas muy importante: *el tiempo de respuesta* del dispositivo de control. Es decir, el tiempo comprendido entre el momento en que sucede un fenómeno "fuera de lo normal" y el momento en que se toma la decisión correctiva. Si el tiempo de respuesta es tan grande y las decisiones se toman fuera de tiempo, de nada sirvió el dispositivo de control.

Otro concepto importante en el control de sistemas es el relativo a su costo: Es evidente, que el costo de control del sistema no debe ser igual o mayor que el valor de lo que se controla o sus consecuencias, porque si así fuese, resultaría más económico no tener control. Sin embargo, esto se olvida en muchos casos aduciendo razones inválidas o válidas, pero exagera-

das. Desgraciadamente no se pueden dar reglas generales y sólo se recomienda un análisis imparcial y profundo de cada caso, incluyendo un análisis cuantitativo y/o cualitativo de las consecuencias de la falta de control.

Finalmente y aprovechando lo dicho anteriormente, pasaremos a la descripción de sistemas de producción. La *interconexión* de los subsistemas se ejemplifica en dos casos sin ser las descripciones únicas. Un mismo sistema puede describirse de varias maneras, dependiendo del grado de análisis deseado, es decir, la descripción puede estar sintetizada o analizada de acuerdo con los deseos de quien usará la descripción. No se dan ejemplos de instructivos de operación ni especificaciones de objetivos y funciones, que son temas de otro estudio.

Ejemplo No. 1. Descripción de un sistema compuesto de tres subsistemas en serie. (En la figura 1-2, se ilustra esta descripción.)

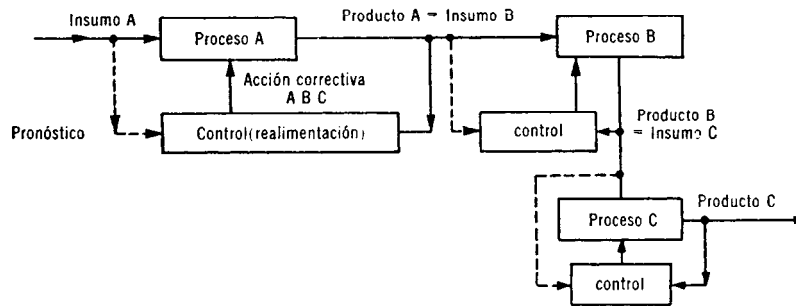


Figura 1-2. Sistema compuesto de tres subsistemas

Obsérvese que cada subsistema se representa como en el diagrama 1-1 del sistema insumo-producto. En la práctica puede suceder que no existan líneas punteadas para algunos subsistemas en virtud de que el control se efectúa en base a la información sobre el producto.

Ejemplo No. 2. Un departamento de cromado compuesto de siete secciones: recepción de artículos a cromar, limpieza, lavado y desengrasado, recubrimiento de cobre, niquelado y cromado, pulido y terminado, almacén de materiales y supervisión del departamento. Recuerde que éste es un ejemplo; en la realidad, las características pueden ser totalmente distintas.

Observaciones:

1. Sólo en algunos subsistemas se anotaron las palabras insumo y producto para evitar que el diagrama quedase más confuso.
2. Por la misma razón, algunas salidas de información terminan en Ⓢ. Esto quiere decir que se deben conectar al insumo Ⓢ de "SUPERVISIÓN" o sea, son información o documentos que deben llegar a SUPERVISIÓN.
3. Se puede observar que la función de SUPERVISIÓN tiene como finalidad la coordinación y la planeación. El producto llega de SUPERVISIÓN a los

Sistema total: Departamento de Cromado

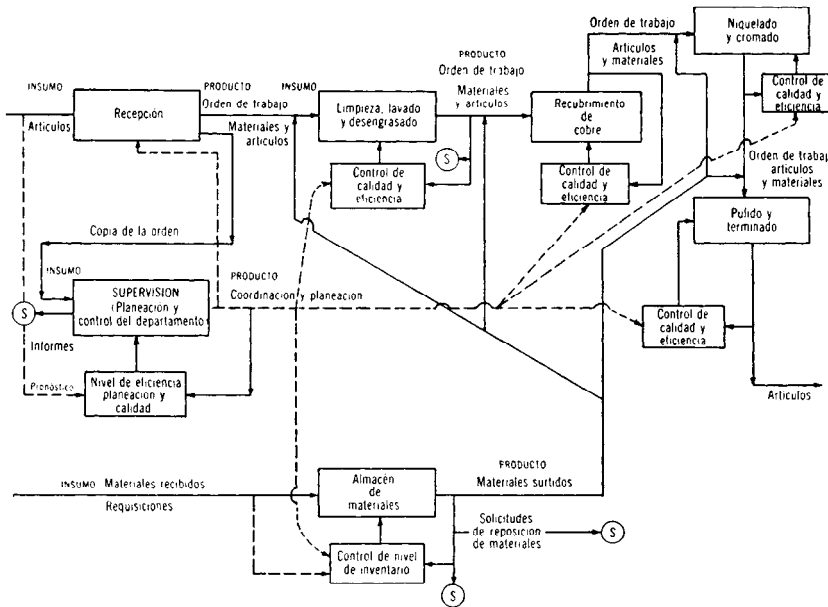


Figura 1-3

cuadritos de control de todas las secciones de donde parten las acciones correctivas. El objetivo principal es la entrega oportuna de los artículos cromados, con un grado de calidad predeterminado y cumpliendo determinado nivel de eficiencia del departamento. En consecuencia, los objetivos de las demás secciones se supeditan al principal y por lo tanto los dispositivos de control de los subsistemas cuidan de lo mismo: la calidad y el nivel de eficiencia. Se supone, que esta información debe llegar al supervisor \odot . Lo mismo sucede con el almacén; su objetivo es ayudar al sistema total cuidando que los niveles del inventario estén dentro de lo planeado para que no falte material y no baje el nivel de eficiencia.

4. Obsérvese que el producto de un subsistema es a veces el insumo del siguiente subsistema, pero puede suceder que, el insumo de éste lo constituya el producto del anterior más otros insumos que puedan venir del exterior o de otros subsistemas.

Lo importante en este diagrama es ver la interrelación de las partes del sistema total, usando el diagrama básico de la figura 1-1 para lograr la sencillez de la descripción del sistema. Si se desea una descripción más detallada, se recomienda describir cada subsistema por separado, siguiendo las ideas antes mencionadas.

Ejemplo No. 3 Cuando una sala para 2,000 personas está atiborrada al punto que hay cientos en pie durante una sesión vespertina en-

tera, el tema debe interesar de veras al auditorio. Tal fue la situación en el concierto que ofreció la “Orquesta Sinfónica de Balalaika”, bajo la dirección de “Dimitri Mitropoulos”.

Las entradas del sistema (insumos), ya sean múltiples o compuestas, pueden ser caracterizadas empleando la analogía de esta “famosa” orquesta. La música de cámara puede ser vista como un sistema productor de sonidos. Enfocada y organizada como un sistema se ilustra en la figura 1-4.

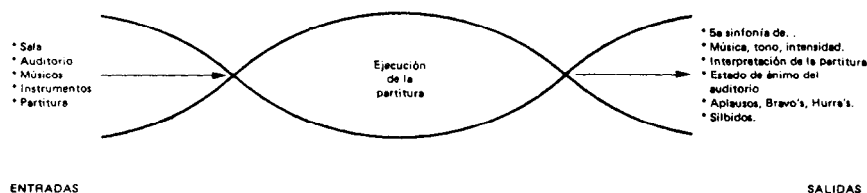


Figura 1-4. La música de cámara enfocada y organizada como un sistema.

En este modelo de ejecución musical se interrelacionan muchos sistemas. Los músicos, tanto solistas como acompañantes, la partitura y sus tiempos cambiantes, el director de la ejecución y la sala que proporciona condiciones específicas del ambiente tales como la distribución de las instalaciones y la acústica. El público asistente incluido en el proceso de audición. Su receptividad y cultura musical, así como la libertad de seleccionar una forma de diversión, entre otras cosas.

Ejemplo No. 4. En la figura 1-5 nuestro lector puede apreciar la estructura de los parámetros que integran un sistema de producción. Es útil pensar en términos de sistemas, lo que hace que se reconozcan las relaciones recíprocas entre las partes, es decir, cada actividad (o subsistema) se relaciona directamente con cada una de las otras actividades.

Con la expansión creciente de la actitud y enfoque de sistemas, los estudios al respecto han sido objeto de renovado escudriñamiento. Los sistemas de producción están por doquier. Desde los temas reservados a la ciencia pura, hasta las empresas industriales y de servicios. No dudamos que nuestro lector podrá resumir ahora, la repercusión de los sistemas productivos a fin de bosquejar la naturaleza del problema que implica el administrarlos.

TEMA 2

La función productiva

Sumario:

1. *Interrelación Productiva* = ¿qué, cómo y para quién?— a) ¿Qué producir?— b) ¿Cómo producir? — c) ¿Para quién producir? — 2. *La función productiva*. — a) ¿Qué es la productividad? — b) ¿Cómo funciona? — c) Objetivo. — d) Función física: genera productos. — e) Función económica: genera utilidades. — f) Función social: genera cambios. — 3. *Políticas de dirección de producción*. — a) Políticas a largo plazo relacionadas con el diseño de un sistema de producción. — b) Políticas relacionadas con la planeación de operaciones y sistemas de control. — 4. *La toma de decisiones en administración de producción*. — a) El método de los 4 pasos. — b) El arte de tomar decisiones.

1. INTERRELACION PRODUCTIVA = ¿QUE? ¿COMO? Y ¿PARA QUIEN?

El sentido de la expresión “El todo es más que la suma de sus partes” reside simplemente en que las características constitutivas no son aplicables a partir de las características de partes aisladas. Sin embargo, si conocemos el total de las partes contenidas en un sistema productivo, en un sistema económico y en un sistema social, además de la relación que hay entre ellos, el comportamiento del sistema es derivable a partir del comportamiento de las partes.

La tecnología actual ha acabado pensando no ya en términos de máquinas sueltas, sino de sistemas productivos. Un receptor de radio, una máquina de vapor o un automóvil, caían dentro de la competencia de los ingenieros especializados en sus respectivas disciplinas. Pero cuando se trata de coches, aviones, maquinaria y equipo, hay que armarlos usando componentes que proceden de tecnologías heterogéneas: química, electrónica, mecánica, etc., aquí empiezan a intervenir relaciones entre hombres y máquinas y salen al paso innumerables problemas productivos, económicos, comerciales, sociales y políticos.

Se hace necesario, pues, un enfoque de sistemas, aplicado al análisis de la función productiva. El análisis debe integrar los conceptos correspondientes a qué, cómo y para quién producir y a su interrelación con las funciones: físicas, económicas y sociales, mismas que le dan un carácter tridimensional a la productividad.

La función productiva está, pues, enmarcada en una filosofía que acepta la premisa de que el único modo de estudiar la organización es estudiarla como sistema y el análisis de sistemas trata de la organización como sistema de variables, mutuamente dependientes. Las decisiones directivas de quien coordina los sistemas de producción, deben apoyarse en el enfoque de sistemas y en condiciones razonables derivadas de ellos.

a) ¿Qué producir? En cierto sentido estas palabras son demasiado amplias para traducirlas en un resultado específico. Establecen la interrogante que no sólo abarca la fabricación de vestidos de papel. La elaboración de un libro, la fabricación de autos, la producción de gasolina, la manufactura de hule sintético, etc., todos constituyen ejemplos de ¿qué producir?

Muchos de los objetos que nos rodean y que forman parte de la vida cotidiana no existían hace veinticinco años. Algunos de ellos son enteramente nuevos y satisfacen las necesidades que nos ha aportado el progreso, tales como la televisión, los antibióticos, los transistores, los plásticos, las fibras sintéticas..., etcétera.

Otros responden, en versión moderna, a las necesidades de siempre, pero han sido mejorados en su concepción, aspecto, modo de empleo y resultados. Por ejemplo, la alimentación elaborada y congelada, relojes antichoque, vehículos, aviones, etcétera.

Esta proliferación resulta espectacular y el fenómeno es reciente. Podemos decir que es la consecuencia indirecta y el resultado final del proceso que, utilizando los grandes descubrimientos tecnológicos y las aplicaciones industriales que de ellos se derivan, nos han hecho penetrar en una era de producción masiva, la cual nos plantea indefinidamente la interrogante ¿qué producir?

Ahora bien; considerando la situación socioeconómica nacional, ¿qué podemos producir para acelerar nuestro desarrollo?... ¿Cuáles son los bienes que pueden producir los sectores subdesarrollados: marginal y tradicional para incorporarse al sector moderno del país y lograr con esto una economía integrada, que impulse a nuestro país hacia una actividad productiva más adecuada...?

Estas interrogantes deben resolverse ahora; es más, debieron resolverse ayer. No podemos continuar en actitud puramente pasiva, debemos actuar de manera diferente... el mercado no es creación de la naturaleza, el mercado es creación de la actividad económica. Los hombres de empresa y las empresas tienen una ingerencia directa en la estructuración y el desarrollo del ¿qué producir?

El administrador de empresa mexicano necesita imbuirse de un espíritu de innovación influyendo en los cambios del mercado y en las transformaciones internas del negocio, de acuerdo con los nuevos requerimientos y peculiaridades del medio económico y social.

b) ¿Cómo producir? ¿Cómo producir? encierra una diversificación enorme de tecnologías integradas para desarrollar un sistema de producción y, a la vez, una planeación a veces compleja y al mismo tiempo concreta, de los programas de producción.

¿Cómo producir? no comprende sólo los factores tecnológicos de la gama del conocimiento analítico y abstracto, sino que también los lineamientos económicos y administrativos.

El objetivo de ¿cómo producir? exige el equipo requerido, material, recursos humanos, mano de obra, tiempos de producción, ingeniería de métodos y sistemas, determinación de los costos correspondientes y establecer al mismo tiempo las normas adecuadas de control.

¿Cómo producir? plantea un problema fundamental. Este problema es la formación de cuadros humanos capaces y de alto nivel que estén dispuestos a motivar a otros con su ejemplo a planear y desarrollar mejores técnicas para hacer que la productividad se caracterice por "crear" y deseche lo negativo, como poseer índices productivos criminalmente bajos.

Nuestra conciencia nos pregunta... ¿tenemos realmente una filosofía o una política clara, concreta y realista sobre lo que debemos de hacer científica y tecnológicamente en México?

¿Cómo producir...? Nos lanza un reto en el plan competitivo, reto que, como administradores de empresa, debemos aceptar.

El progreso administrativo consiste en hacer de la producción una actividad sistemática, apoyada en datos subjetivos, en posibilidades reales, en estudios técnicos, para que éstos sirvan de fundamento sólido a las polí-

ticas y programas, y sean a su vez instrumentos eficaces y de verdadera utilidad.

c) ¿Para quién producir? Esta pregunta es la base para la investigación y reconocimiento de las ideas convenientes para las posibilidades de la empresa y para las necesidades del mercado.

¿Para quién producir? considera a la planeación de ventas como básica ya que de ella dependen todos los demás programas que pueden elaborarse. Es de suma importancia para cualquier empresa pública o privada conocer detalladamente a los clientes, dónde localizarlos, cuáles son sus necesidades y deseos, dónde y cómo compran, en qué cantidad, y cuánto pagan.

¿Para quién producir? implica discriminar con el máximo de precisión, quiénes van a ser los consumidores del producto a fabricarse, es decir, las categorías sobre las cuales deberá concentrarse el esfuerzo, y en función de las cuales habrá de estar especialmente concebido el producto.

¿Para quién producir? no solamente lanza un reto competitivo que debemos aceptar, exige también superar los factores adversos al subdesarrollo elaborando productos que compitan en calidad y en precio con los artículos de importación.

En resumen: ¿qué, cómo y para quién? demanda una integración administrativa.

Guzmán Valdivia la expone atinadamente:

“Es necesario integrar el conjunto humano que va a desarrollar las múltiples actividades de la empresa y poner a esos hombres en contacto con los materiales, las máquinas, los equipos, los recursos económicos, los modelos y sistemas, y también con los productos ya elaborados para que la ejecución se realice en sus diferentes formas.” [2]

2. LA FUNCIÓN PRODUCTIVA

a) ¿Qué es la productividad? La productividad puede definirse de la manera siguiente:

La productividad es la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla.

Esta definición puede aplicarse a una empresa o a una industria.

Aunque la productividad no es más que la relación aritmética entre la cantidad producida y la cuantía de cualquiera de los recursos empleados en la producción, forma sólo parte del medio ambiente total de la función productiva.

En el medio ambiente económico, es de esperarse que las utilidades tengan un valor mayor que los valores de las inversiones. Esto resulta totalmente distinto a los propósitos físicos o de ingeniería en los que, en el óptimo teórico, la cantidad producida puede ser igual a los insumos de entrada. “A causa de las pérdidas debidas al rozamiento y al calor, la

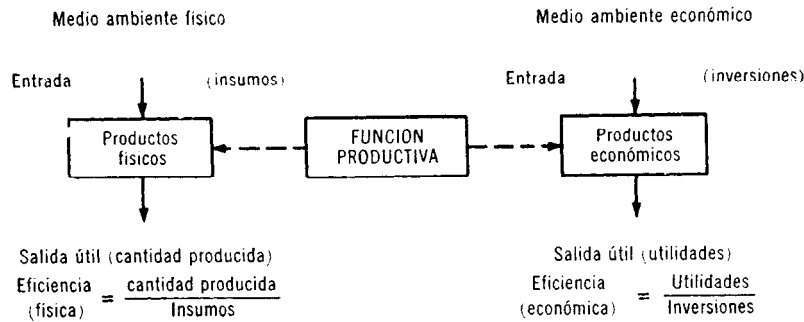


Figura 2-1. El medio ambiente total de la función productiva

salida utilizada en el mundo físico es inferior a la suma de las energías de entrada.” Así pues, la eficiencia de un proceso en términos de ingeniería o propósitos físicos es: [3]

$$\text{Eficiencia física} = \eta_f = \frac{\text{salida útil}}{\text{entrada}} \leq 1$$

“Considerar solamente esta circunstancia produciría la bancarrota del mundo económico. Los sectores de producción están relacionados entre sí de muy diversos modos. La eficiencia de un proceso de producción, desde el punto de vista de un sistema físico, es susceptible de ser medida en los términos anteriormente expuestos (parte izquierda de la figura 2-1). Al mismo tiempo la administración de la producción está supeditada a criterios económicos (parte derecha de la figura 2-1). En los sistemas económicos, la eficiencia tiene que ser mayor que la unidad para que se puedan obtener beneficios.” [4]

$$\text{Eficiencia económica} = \eta_e = \frac{\text{salida útil}}{\text{entrada}} > 1$$

Para hacer esto más objetivo, supongamos que medimos la eficiencia física de una empresa que fabrica tornillos;

$$\eta_f = \frac{95 \text{ kg de tornillos}}{100 \text{ kg de varilla de hierro}} = 0.95 < 1$$

Esto nos dice que por c/100 kg de varilla de hierro, la empresa obtiene 95 kg de tornillos fabricados, debido a las pérdidas por rechazos defectuosos de piezas en el proceso.

Si medimos la eficiencia económica de la empresa tendremos:

$$\begin{aligned} \text{Ventas} &= 95 \text{ kg de tornillos} \times \$1.50 \text{ kg/tornillos} \\ &= \$142.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costos} &= 100 \text{ kg de varilla} \times \$ 1.00 \text{ kg/varilla} \\ &= \$ 100.00\end{aligned}$$

$$\eta_e = \frac{\text{ventas (utilidades)}}{\text{costos (inversiones)}}$$

$$\eta_e = \frac{\$ 142.50}{\$ 100.00} = 1.42 > 1$$

Esto nos indica que por c/peso de inversión la empresa obtiene \$ 0.42 pesos de utilidades.

La función productiva debe enfocar ambas actividades: la física y la económica. Es decir, aunque el valor físico de las actividades de fabricación, es el resultado de numerosas fuerzas que actúan recíprocamente, no hay duda de que el desempeño de las actividades en el medio ambiente económico, representa una influencia de importancia superior.

b) ¿Cómo funciona? La función productiva puede explicarse analizando el propósito u objetivo de un sistema:

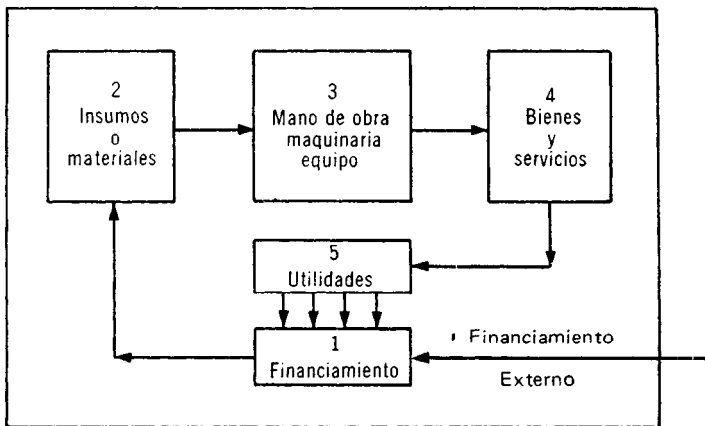


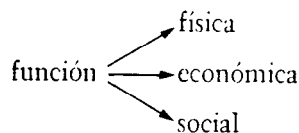
Figura 2-2. La función productiva como un sistema

El financiamiento (bloque 1) circula, como lo indica la flecha, hacia el (bloque 2) que encierra los insumos o materiales que son adquiridos por una empresa manufacturera (bloque 3), la cual distribuye eficientemente su mano de obra, maquinaria y equipo de proceso, aprovechando cuantitativa y cualitativamente el flujo proveniente del bloque 2.

El sistema optimiza convenientemente los bienes y servicios (bloque 4) para generar utilidades, las que a su vez marchan de regreso hacia el bloque 1. Como puede apreciarse, esto representa un ciclo cerrado que se inicia y termina en el bloque 1, y así sucesivamente. Al enfocar la función productiva como un sistema, tratamos simplemente de insistir en la relación del medio ambiente físico con el medio ambiente económico. Es de

suma importancia que el administrador moderno considere esta relación, para sincronizar eficientemente las operaciones de una empresa.

c) **¿Cuál es el objetivo de la función productiva?** Podemos considerar que el objetivo del sistema productivo tiene una función tridimensional;



d) **Función física: genera bienes y servicios.** Cabe señalar que una empresa, tiene la opción de producir bienes tangibles e intangibles. Bienes tangibles son aquellos que pueden palparse, mientras que bienes intangibles son aquellos que no pueden palparse. En consecuencia, al producir un automóvil, una empresa tendrá como objetivo la producción de cosas o bienes tangibles. Por el contrario, si una institución bancaria proporciona un servicio, el enfoque de este objetivo estará ligado con la producción de bienes intangibles.

La característica de la función física de producción es la generación de cosas (bienes) y de servicios.

“Una compañía impresora es fabricante; una empresa editora no lo es necesariamente; a menos de que haya optado por conservar la capacidad de imprimir. El impresor genera productos, en tanto que el editor proporciona un servicio. Tal vez sea esencial o deseable complementar la función de fabricación con una amplia actividad de servicio. La supervisión de las instalaciones, la capacitación de operadores, la orientación administrativa, el mantenimiento preventivo y las reparaciones son servicios representativos que, con frecuencia, pueden constituir elementos importantes en un sistema de manufactura total. Son bien conocidos los ejemplos de prominentes fabricantes cuyo éxito y aceptación en el mercado han sido el resultado de un fuerte apoyo de servicio más que de cualquier superioridad objetiva del producto.” [5]

e) **Función económica: genera utilidades.** La función económica de producción plantea al administrador de empresas preguntas tales como:

¿Puede el producto ser fabricado o vendido de manera competitiva?

¿Disminuirá nuestros costos?

¿En cuánto podría estimarse la rentabilidad del producto?

¿A partir de qué momento podrá ser rentable el producto?... etcétera.

Estas preguntas y muchas otras están en función de generar utilidades a la empresa, la cual, tiene que escoger entre las diversas alternativas ofrecidas por el mercado para planificar sus operaciones y controlarlas convenientemente para que la relación

$$\frac{\text{utilidad}}{\text{inversión}} \times 100$$
 le reditúe porcentajes aceptables de ganancias.⁶

⁶ La relación $\frac{\text{utilidad}}{\text{inversión}} \times 100$, se refiere financieramente hablando, al rendimiento de la inversión.

f) Función social: genera cambios. Para darnos cuenta de la importancia que reviste la función social de la productividad, citamos a Faulhaber quien dice:

“En la mayoría de las industrias, la tecnología de la fabricación avanza con tanta rapidez, que los métodos y máquinas de producción son anticuados e incapaces para competir —en ocasiones, ha sucedido en un lapso de sólo 2 o 3 años, y más a menudo, en seis o diez años. Se están generalizando las revisiones a fondo, en forma anual, tanto de los canales como de los métodos físicos de distribución. La tecnología de la distribución ejerce una influencia primaria en la configuración del producto y su uso final. Aun los objetivos empresariales se definen de nueva cuenta para dar paso a nuevos apremios del medio y las oportunidades. La presencia universal y extendida del cambio, es por lo general, un parámetro dominante en cualquier actividad manufacturera. Así pues, las perspectivas de las presentes decisiones de los fabricantes son apreciablemente más sensibles a los cambios de situación, de lo que pueden ser las perspectivas de las decisiones que afectan a otras áreas de funcionamiento.” [7]

Con esto no queremos decir que la tecnología es la única fuente de cambio en la sociedad. Las conmociones sociales pueden ser provocadas por una transformación química en la atmósfera, por alteraciones del clima, por variaciones en la fertilidad y por muchos otros factores. Sin embargo, la tecnología es, indiscutiblemente, una fuerza importante que promueve, al igual que otras, la función social de la producción.

En consecuencia, los efectos sociales de la producción no consisten solamente en los productos que una empresa lanza al mercado, sino también en las repercusiones sobre el nivel de la superación técnica de la población y de las modificaciones importantes en la estructura social que se deriven de la urbanización.

De no menor importancia es el cambio social que genera la productividad al aumentar la ocupación de mano de obra o al incrementar el número de horas de trabajo.

3. POLÍTICAS DE DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN

El administrador de producción está frecuentemente en contacto con problemas que conciernen a su dirección. Describiremos brevemente las políticas que la gerencia de producción debe seguir para lograr una administración eficiente.

a) Políticas a largo plazo relacionadas con el diseño de un sistema de producción. [8] 1. Selección de equipo y procesos. Usualmente se dispone de equipo y procesos distintos para una necesidad determinada. La dirección de la producción debe tomar decisiones que comprometen al capital de la empresa y su enfoque básico de la producción.

2. Diseño de producción de artículos procesados. El costo de producción se relaciona estrechamente con el diseño de partes, productos, for-



mas, etc. Las decisiones de diseño a menudo establecen las características de costos y de procesos para el sistema.

3. Planeación de tareas. La planeación de tareas es una parte integral del sistema total de planeación, involucrando la organización básica del trabajo, así como la integración de los datos de la ingeniería humana, para realizar tareas óptimamente planeadas. Esta planeación puede ser también a corto plazo.

4. Localización del sistema. Las decisiones de localización pueden, en algunos casos, ser importantes cuando el equilibrio de los factores de costos se determina por su proximidad a los mercados, y cuando es crítico el suministro de materiales.

5. Distribución de instalaciones en el sistema. Deben realizarse las decisiones relacionadas con la planeación de la capacidad, formas básicas de producción, turnos, utilización de tiempo extra y de subcontrato. Además, las operaciones y el equipo deben situarse en relación de las unas con el otro, en forma que se minimicen los costos totales del manejo de materiales. Esta última condición es muy difícil para el complejo modelo intermitente en el cual varían los itinerarios. Muchos problemas detallados se asocian unos con otros para especificar en forma adecuada la distribución en un sistema de producción, tales como calefacción, alumbrado y otras instalaciones auxiliares, la distribución de espacio para almacén, etc., y el diseño del edificio en donde se distribuye el equipo.

b) Políticas relacionadas con la planeación de operaciones y sistemas de control. [9] 1. Control de inventarios y de la producción. Deben realizarse decisiones concernientes a la manera de distribuir la capacidad productiva, de acuerdo con la demanda y la política de inventarios. Deben establecerse programas eficientes, y deben controlarse las cargas en hombres y máquinas y el flujo de la producción.

2. Mantenimiento y confiabilidad del sistema. Deben tomarse decisiones en lo que respecta al esfuerzo de mantenimiento, al reconocimiento de la naturaleza aleatoria de la descompostura del equipo y tener en cuenta que el tiempo improductivo de la máquina puede asociarse con costos importantes o pérdidas de ventas.

3. Control de la calidad. Deben tomarse decisiones para establecer los niveles adecuados del riesgo de que sean producidas y remitidas partes defectuosas o que se cometan errores, así como el riesgo de que se desperdicien partes buenas. Los costos de inspección deben estar balanceados en relación a las probables pérdidas causadas por materiales o servicios defectuosos que se envían.

4. Control del trabajo. El trabajo es aún el mayor elemento de costo en la mayoría de los productos y servicios. El planeamiento de la producción requiere una evaluación del componente trabajo; por esto, se ha dedicado mucho esfuerzo para desarrollar medidas de trabajo y sistemas de pago de salarios.

5. Control de costos y mejoras. Los supervisores de la producción deben, día tras día, tomar decisiones que involucren un balance de trabajo, materiales y algunos costos generales.

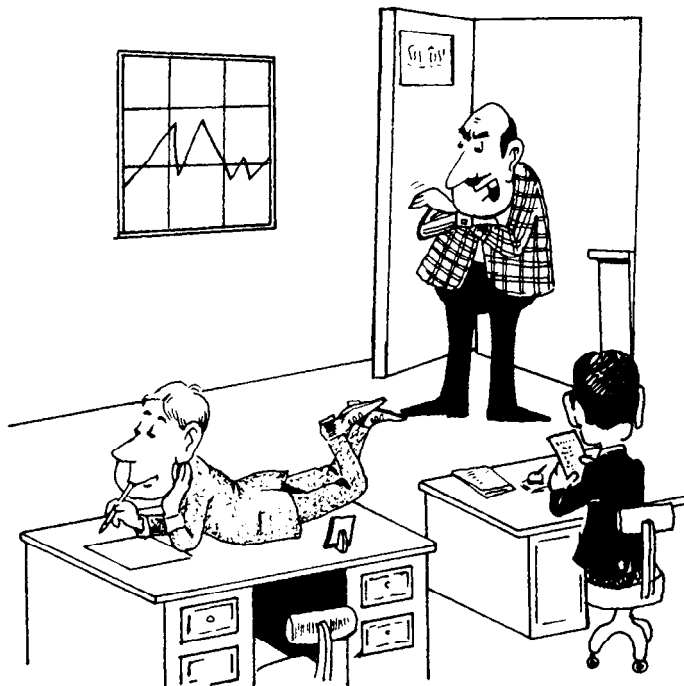
4. LA "TOMA DE DECISIONES" EN ADMINISTRACIÓN DE PRODUCCIÓN

a) El método de los cuatro pasos

El método científico para resolver problemas administrativos requiere del análisis sistemático de una situación dada y de las medidas correctivas necesarias planeadas cuidadosamente. Cuando un administrador reconoce la naturaleza de un problema y entiende lo que puede hacer al respecto, pondrá en práctica la ciencia administrativa.

Para lograr objetivos hechos en bases de juicio y madurez, la administración de producción debe considerar cuatro pasos al tomar decisiones:

Toma de decisiones → 1 Problema → 2 Alternativa → 3 Conclusión → 4 Acción



¿No crees, Gustavo, que ya es hora que tomes una decisión?

Cabe señalar, de Grace L. Elliot, [10] el bosquejo de procedimiento en la decisión de grupo:

Ver cuál es el problema

a) ¿Cuál es la situación (¿Qué, quién, por qué?)

- b) ¿Qué factores en la situación son importantes y deben ser tomados en cuenta?
- c) ¿Cuáles son los problemas específicos por decidir?

Considerar alternativas posibles

- a) Examen de posibilidades:
 - 1) Encararse a la situación y al problema delineados. ¿Cuáles son los posibles caminos de acción y las razones para cada uno?
 - 2) ¿Qué lazos parecen unir al grupo? ¿Sobre qué hay avenencia de hechos, principios u objetivos?
 - 3) ¿Cuáles son las diferencias principales, si las hay (sobre realidades, objetivos, principios, deseos)?
- b) Exploración de diferencias respecto a hechos y puntos de vista:
 - 1) ¿Qué información adicional se requiere? ¿Cómo puede ser obtenida?
 - 2) ¿Pueden ser discutidos los distintos puntos de vista?

Llegar a una conclusión

- a) ¿Qué decisión tomará mejor en cuenta los factores pertinentes, los propósitos y deseos del grupo, los varios puntos de vista?
- b) ¿Cuáles son las razones para esta decisión?

Moverse hacia la acción

- a) ¿Cuáles son los sistemas y medios de poner en efecto la decisión?
- b) ¿Cuáles son los pasos siguientes? ¿De quién son responsabilidad? (¿Qué, dónde, cómo?)

Cuando la gerencia de Producción reconoce los diferentes aspectos de la "Toma de decisiones" y sabe imprimir un tinte de espíritu de equipo a sus colaboradores, integrando con ellos una gerencia funcional, no cabe duda que es como el guía que conoce a su grupo, como el director de orquesta que conoce a los distintos músicos y lo que pueden hacer y harán.

Las técnicas y las herramientas de la gerencia de producción continuarán siendo una materia especializada con la cual el gerente de producción debe familiarizarse.

La organización funcional necesariamente da el mayor énfasis a una especialidad y al hecho de que un hombre adquiriera el conocimiento y la experiencia relativos a la misma; pero el administrador de producción, debe ampliar su visión administrativa para que ello lo impulse a lograr una gerencia integral.

b) El arte de tomar decisiones

Durante mucho tiempo se ha considerado que la toma de decisiones es el epítome de la labor administrativa. En el mundo de los negocios suelen oírse frases así:

“Un ejecutivo es tan bueno como lo sea su última decisión”.



El arte de tomar decisiones

“Cuéntenme cuánto gana, y les diré qué clase de decisiones toma”.

El ejecutivo eficiente posee dos características: toma sus decisiones con confianza pese a los riesgos implícitos, y confía en sus intuiciones. Sabe que a veces no podrá adoptar una decisión simplemente después de haber sumado los hechos. Cuando haya que actuar será capaz de ‘saltar con fe’, confiando en tener más factores a favor que en contra.

Algunas personas nacen con este talento natural. Lo tiene el ejecutivo de primera clase. Pero también puede adquirirlo la persona promedio, hasta distinguirse por su acierto al razonar sobre problemas espinosos.

Estos son los pasos a recorrer para tomar una decisión: defina la situación que requiere la decisión; enuncie los objetivos; reúna los datos pertinentes; explore los caminos posibles de acción; considere las consecuencias buenas y malas de cada uno de ellos; seleccione el camino con menores consecuencias adversas y más cercano a la satisfacción del objetivo; finalmente, tome la acción requerida para que la decisión se ejecute.

El proceso básico de la toma de decisiones siempre ha sido el mismo. Y siempre se corren peligros:

Decisiones prematuras: “Tenemos que definirnos en cuanto a este producto: insiste un ejecutivo joven “Estamos gastando \$ 36,000.00 pesos semanales en la campaña de promoción, y no está vendiéndose”.

“No sabremos antes de tres meses si este producto va a imponerse o a fracasar”, dice el jefe.

En ocasiones se impone posponer una decisión hasta el momento oportuno. Quizás haya que esperar sucesos relacionados.

Decisiones no pertinentes: De vez en cuando los ejecutivos de empresas toman decisiones sin sentido, porque no pueden implantarse. No tiene objeto aprobar que el próximo mes comience un programa ambicioso de clases de entrenamiento en la compañía, si no hay tiempo para planearlas, ni se cuenta con gente capaz para dictarlas.

Decisiones tomadas por la persona inadecuada: Esto puede suceder a cualquier nivel. Si un ejecutivo llega a dudar de que le corresponda decidir sobre cierta materia, ha de formularse dos preguntas: ¿Se encuentra esto totalmente dentro de mi área de responsabilidad? ¿Se dispondrá de información más completa a algún otro nivel —más arriba o más abajo? Generalmente las decisiones deben ser tomadas por la persona más vecina al problema— sometiénolas a la revisión de quienes ocupen el nivel superior de administración. Es igualmente importante que la persona adecuada implante una decisión. Si una compañía resuelve estudiar la posibilidad de suprimir un departamento de la oficina principal, instalando en cambio un computador y transfiriendo el personal desplazado a otras secciones, sería un error pedir al jefe del departamento en cuestión que haga el estudio. Tendría interés en probar que el plan no es práctico.

Decisiones por consenso: El ejecutivo que sondea la opinión de todos y cada uno de sus colaboradores antes de resolver algo, a menudo justifica su irresolución diciendo que cree en el ‘liderazgo democrático’. En realidad pertenece a la peor clase de quienes toman las decisiones, ya que no confía en su propio juicio.

Decisiones irrevocables. Aun una decisión que fue acertada en cierto momento puede requerir modificaciones, o el cambio completo en sentido opuesto, si se alteran las circunstancias o se conocen evidencias nuevas. Desafortunadamente muchos gerentes nunca reconocen este hecho de la vida. Algunos temen las consecuencias de variar cualquier decisión ya tomada. Otros temen que se les reproche por contradecirse, y se aferran a la decisión esperando que algún milagro pruebe que no se habían equivocado.

Decisiones fuera de orden. Algunas situaciones exigen subdecisiones. Por ejemplo, una compañía puede decidir que le interesa lanzar un producto nuevo, pero no puede autorizarse el dinero necesario para el desarrollo de ese producto hasta que se vea si su manufactura será económica. Aun si lo fuese todavía puede hacer falta una investigación de mercado antes de proseguir con ese desarrollo.

Adoptar una decisión no significa terminar un trabajo. Hay que hacer todo lo posible porque se produzcan los resultados.

Es indispensable motivar a los participantes en el plan, para asegurar su éxito. No basta con decidir sobre un plan y encomendarlo a su 'mejor gente'. Hay que entusiasmar a otros para que la decisión salga adelante.

Algunos pueden sentirse amenazados por los cambios. Se evitará comunicándolos desde las primeras etapas, para que los empleados los entiendan y se sientan participando.

Otros pueden estar en desacuerdo con la decisión. Por ello conviene invitar a expresar 'críticas en las primeras etapas del juego'.

Puede requerirse trabajo extra. A nadie le gusta hacerlo si no significa una recompensa individual. Comunique a su personal claramente cómo se mejorarán su posición o su retribución si la decisión trae beneficios para todos.

La etapa final de la toma de decisiones es el control: estudiar la marcha de las responsabilidades que se hayan delegado; fijar fechas específicas para recibir informes sencillos sobre el progreso obtenido; contar, en fin, con un sistema de alerta en caso de que se presenten dificultades.¹¹

Referencias bibliográficas

1. Toffler Alvin: *El Shock del Futuro*. F. C. E. México 1972. pág. 68.
2. Guzmán Valdivia Isaac. *Problemas de la Administración de Empresas*. Editorial Limusa, S. A. México 1969, pág. 26.
3. *Production Management. Systems and Synthesis*. Martin K. Starr, Prentice-Hall, Inc. Second Edition. Capítulo 2, pág. 26.
4. *Production Management. Systems and Synthesis*. Martin K. Starr, Prentice-Hall, Inc. Second Edition. Capítulo 2, pág. 26.
5. Faulhaber Thomas A. *Planeación Estratégica de la Producción*. Editora Técnica, S. A. México 1969, pág. 29.
7. Faulhaber Thomas A. *Planeación Estratégica de la Producción*. Editora Técnica, S. A. México 1969, págs. 22 y 23.
8. Elwood S. Buffa. *Administración y Dirección Técnica de la Producción*. Editorial Limusa, S. A. México 1971. Capítulo 3, págs. 45 y 46.
9. Elwood S. Buffa. *Administración y Dirección Técnica de la Producción*. Editorial Limusa, S. A. México 1971, Capítulo 3, pág. 46.
10. Elliot Grace L. *Cómo ayudar a los grupos a tomar decisiones*. Editorial Diana. Mexico 1972, pág. 38.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. *Administración y Dirección Técnica de la Producción*. Elwood S. Buffa. Editorial Limusa, S. A. México 1972. Capítulo 3, pág. 39.
2. *Planeación Estratégica de la Producción*. Thomas A. Faulhaber. Editora Técnica, S. A. México 1969. Capítulo I, pág. 15.
3. *Organización para la Producción*. E. S. Roscoe. Compañía Editorial Continental, S. A. Capítulo 1, pág. 17.
4. *Dirección de Producción, Sistemas y Síntesis*. Martin K. Starr. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. México 1968. Capítulos 1, 2 y 3.

¹¹ Este artículo se ha condensado del libro *The Turned-on Executive* por Auren Uris y Marjorie Noppel, publicado por McGraw-Hill Publishing Company Ltd., Maidenhead, Inglaterra.

TEMA 3

*Localización de plantas*¹

Sumario:

1. *Importancia de la localización de una planta.* — 2. *Un proyecto y sus etapas.* — 3. *Elementos a analizar para la localización de una planta.* — a) *Situación geográfica de mercados y materias primas.* — b) *Factores económicos.* — c) *Disponibilidad de recursos y servicios.* — d) *Otros factores.* — e) *Algunas consideraciones especiales.* — f) *Descentralización industrial.* — g) *Contaminación ambiental.* — h) *Promoción de exportaciones.* — **Resumen:** *Anexo I: Factores de localización de plantas industriales.* — *Anexo II: Impuestos y entidades.* — *Apéndice I.* — *La información de la planeación en la descentralización industrial.*

Mucho se ha escrito, tanto en libros de ingeniería de proyectos, como en artículos de revistas especializadas, sobre los aspectos clave a considerar en la selección del lugar donde debe ubicarse una planta u operación industrial de acuerdo con la naturaleza de la misma. Por ello más que tratar de cubrir el tema en una forma académica, tratamos de exponer algunos aspectos prácticos relacionados con el análisis para la selección de la localización más adecuada de plantas industriales.

1. LA IMPORTANCIA DE LA LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA

Uno de los aspectos más importantes de un proyecto y que con mayor cuidado debe analizarse, es precisamente el de localización. El impacto económico que la localización de la Planta puede tener sobre un proyecto es definitivo y de un alto significado



Como puede usted ver señor Bucay, Gabriel tiene algunos problemas para localizar la nueva planta.

Es definitivo, porque una vez seleccionado el lugar más adecuado y ejecutado el proyecto, aquél no tiene flexibilidad en cuanto a corrección, simplemente se hizo una elección adecuada o inadecuada; en cualquier situación, la selección que se haya hecho subsistirá durante la vida del proyecto o llamémosle ahora “empresa” cualesquiera que sean las actividades de ésta.

Con el fin de enfatizar este punto, es posible decir que hay aspectos de un proyecto que pueden corregirse o cuya trascendencia no es de tanto significado para la vida de la empresa. Por ejemplo, un equipo mal diseñado, un problema de calidad, el hecho de que el diseño de capacidad no se alcance satisfactoriamente, y aun el proceso mismo, en algunos casos, es

posible cambiarlo o adaptarlo, usando substancialmente el equipo instalado, todo ello a un costo menor que tratar de corregir una mala localización. Esta, desde un punto de vista práctico, no puede modificarse o "corregirse" una vez que el proyecto ha sido llevado a cabo.

2. UN PROYECTO Y SUS ETAPAS

Teniendo en mente el objetivo de establecer una referencia respecto del punto en donde un estudio de localización se vuelve importante, vale la pena revisar someramente algunas de las etapas por las que pasa la vida de un proyecto, sin que esto tenga en modo alguno un carácter limitativo; simplemente es una forma práctica de ver la evolución natural de un proyecto, de acuerdo con nuestra propia experiencia.

Se puede considerar el nacimiento de un proyecto a raíz de una idea concebida acerca o alrededor del potencial de un producto o mercado. En esta etapa, y nuevamente enfático, se está viendo el enfoque práctico, se visualizaría una "Primera Apreciación" del potencial y características del proyecto involucrado.

La información de esta etapa será superficial, pero permite apreciaciones de órdenes de magnitud que en caso favorable, justifican el invertir trabajo y esfuerzo adicional para desarrollar el proceso, o si éste (por las características del proyecto) se va a adquirir, para obtener mejor información relevante al desarrollo del proyecto. La localización en esta etapa juega todavía un papel muy secundario, dado que todo esfuerzo por el momento está enfocado a definir una factibilidad técnico-económica del proyecto, "per se" independientemente (para todo fin práctico) de su localización.

En la siguiente etapa: Evaluación Preliminar o Estudio de Factibilidad Técnico-económica, empiezan a definirse con más detalle y precisión diversos aspectos que tendrán eventualmente una gran trascendencia en la definición del lugar adecuado para instalar la planta. Aquí se empiezan a conocer aquellas características trascendentales del proceso, que pueden tener importancia en la definición de la localización. Los estudios de mercados definen con mayor precisión el volumen o tamaño de los mercados, su potencial de crecimiento, su distribución geográfica, y en fin, una serie de factores importantes para la justificación misma del proyecto, los que obviamente serán de vital trascendencia para la continuación o la suspensión de las actividades del mismo.

Supongamos que hasta ahora todo ha resultado favorable; por tanto llegamos a la parte crucial, la estructuración real de un proyecto, que requiere de multitud de consideraciones de la definición de cada uno de sus elementos. A manera de ejemplo, esta etapa abarca actividades críticas para el proyecto como son:

Definición de los objetivos y alcances del proyecto.

Confirmación de los elementos críticos de mercado: volumen, localiza-



ción geográfica, precios, competencia, calidad requerida, etc.

Análisis, evaluación y selección de tecnología.

Desarrollo de la logística del proyecto estimación de capital, elementos de costos, distribución, fletes, costo de mano de obra, servicios, etc.

Análisis y selección de localización, en función de aspectos técnicos, de mercado, etc.

Evaluación económica y justificación del proyecto.

Definición de actividades y programas. Organización del proyecto para su ejecución.

Ingeniería de proceso. Ingeniería de detalle. Compra de equipo. Construcción e instalación. Pruebas mecánicas. Arranque.

Demostración.

3. ELEMENTOS A ANALIZAR PARA LA LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA

En una forma sintetizada y muy simplista, se han mencionado algunas de las etapas más críticas en el desarrollo y ejecución de un proyecto. Una de ellas, en la fase crucial de la concreción final del proyecto, es la definición y selección del lugar más adecuado para ubicar las instalaciones productivas.

Antes de proceder a evaluar y analizar posibles sitios para “instalar” un proyecto, es necesario contar con informes técnicos, económicos, y comerciales del mismo, que aportarán elementos de evaluación en la consideración de zonas de interés. Cualquier análisis, por sus características, tendrá dos factores: el primero que incluye elementos de juicio cuantificables y el segundo que considera aspectos cualitativos cuya cuantificación, en todo caso, podrá ser hecha sobre bases meramente apreciativas.

El Anexo I muestra una relación de algunos aspectos que son importantes y que es necesario considerar en el análisis y selección de sitios industriales.

Obviamente esta lista ni es nueva, ni trata de ser limitativa; simplemente trata de dar una referencia de algunos factores importantes para efectuar un análisis comparativo de situaciones para aquellos proyectos que ofrezcan una posibilidad real de ser localizados con ventajas atractivas en varios lugares.

A continuación quisiera revisar brevemente sólo algunos de estos conceptos y su impacto sobre un análisis de localización.

Aun cuando los conceptos a considerar en un análisis sean muy numerosos, una primera conclusión de nuestra experiencia es que, en la realidad, el factor localización de un proyecto gravita generalmente alrededor de uno, dos o tres, pero no más consideraciones que a la larga son las que acaban determinando, para todo fin práctico, la selección, toda vez que el resto de los factores son “acomodables” o no tienen un impacto muy significativo sobre el proyecto.

a) Situación geográfica de mercados y materias primas. Indudablemente que este aspecto es de vital trascendencia para definir la localización de una operación. La situación geográfica en este caso, se refiere al balance de los elementos contribuyentes a la operación involucrada, fundamentalmente representada por el balance de localización de materias primas, localización de mercados, medios y costos de transporte, y la logística resultante de estas consideraciones.

El impacto económico de estos factores generalmente es determinante. En ocasiones se incurre en un tratamiento unilateral al considerar por ejemplo que los precios de venta serán libres a bordo, LAB,² y que por tanto el costo de fletes será incurrido por el cliente; se descuida sin embargo, el efecto que el costo de fletes finalmente incurrido por alguien, el productor o el consumidor intermedio o final, tiene sobre el costo final del producto, que si resulta excesivo tendrán un efecto negativo sobre el desarrollo del mercado.

Existen situaciones donde la localización o fuente de materias primas es un factor determinante, por sus características, por la incoasteabilidad de su manejo, o por otras razones. Obviamente, el estudio deberá abarcar la consideración sobre la existencia de los medios y rutas adecuadas de transporte para llegar a los mercados.

Es de lamentar que en muchas ocasiones, tal vez demasiadas, se da exagerada importancia al mercado, sin tener en cuenta que las materias primas se encuentran alejadas. En México existen numerosos ejemplos de situaciones de esta índole, en donde la operación productiva se localiza cerca del mercado, pero las materias primas se traen de lugares alejados.

Una pregunta obvia en nuestro caso de sobreconcentración industrial en el valle de México es la siguiente: ¿No es lo mismo y en muchas ocasiones mejor, transportar productos terminados a los centros de consumo, que transportar materias primas? Si esta pregunta se hubiera hecho conscientemente, muchas industrias alrededor del D. F. no estarían aquí.

b) Factores económicos. Otros factores cuyo impacto se refleja en la economía del proyecto, pero que generalmente no suelen ser tan determinantes, son el costo de la mano de obra, que se reflejará en el capital invertido y en los costos de producción (costos de mano de obra directa e indirecta, mantenimiento, supervisión, laboratorio, etc.). Esto está generalmente determinado por los altos costos de vida que prevalecen en ciertas regiones, donde los tabuladores reflejan esta situación. Todo ello es producto del efecto de la localidad, escasez de servicios, factores de competencia, influencia de un sector o industria específica, por ejemplo sindicatos, etc. Esta situación se encuentra en algunas zonas fronterizas, zonas de desarrollo industrial, etc.

Igualmente, el costo de los servicios que requiere el proyecto puede verse afectado por éstos y otros factores, teniendo finalmente un impacto económico en el proyecto. Algunos factores que pueden influir en forma

² LAB significa "Libre a bordo". O sea, cuando el flete es absorbido o pagado por el cliente.

importante son la disponibilidad y calidad del agua, combustible, energía eléctrica, etc.

La localización puede tener también un impacto en la inversión, particularmente en situaciones como en México, en que por la altura sobre el nivel del mar en algunas localidades y de acuerdo con el proceso involucrado, aquélla tenga un efecto importante en el tamaño del equipo, por ejemplo compresores. También la propensión de ciertas zonas a sufrir temblores, ofrecerán elementos de diseño que afectan la inversión.

c) Disponibilidad de recursos y servicios. Este es un renglón que depende muy significativamente del tipo de industria de que se trate y la extensión de servicios que requiera. Existen proyectos que por su naturaleza requieren de la disponibilidad específica de ciertos recursos y servicios en abundancia, por ejemplo el agua en la industria textil, en algunos laboratorios químicos, etc. La cantidad y/o calidad del agua disponible puede volverse un factor de gran trascendencia en la selección del lugar.

Igualmente, en cierto tipo de industria por ejemplo operaciones electrolíticas, fierro y acero, etc., la disponibilidad de energéticos, gas, energía eléctrica, etc., en cantidades suficientes y a un costo adecuado puede tener un impacto verdaderamente importante en los análisis de localización.

d) Otros factores. Otros factores importantes se mencionan aparte por su significado, e incluyen aspectos de descentralización industrial, control ambiental y promoción de exportaciones.

Evidentemente hay muchos otros factores, la mayor parte de ellos cualitativos, que deben tomarse en cuenta como se indica al ver la tabla de factores de localización. Algunos de estos elementos en situaciones específicas pueden volverse de particular importancia, dadas las características de un proyecto. Todos estos factores merecen atención y consideración, con el fin de obtener una apreciación clara de su posible efecto sobre el proyecto. En casos de un efecto negativo debe darse importancia a la posibilidad y modos de suprimir o por lo menos minimizar tal efecto.

Merece mención específica y también una llamada de atención, la situación resultante en proyectos de "expansión" de operaciones existentes. Es este un factor que en muchas ocasiones, más de las que se pueden esperar, elimina o por lo menos transfiere a un segundo plano de importancia, la realización de un análisis adecuado y sobre todo objetivo de localización. Es necesario reconocer las ventajas que en una operación existente ofrece, pero no debemos descartar *a priori*, sin un debido análisis, otras opciones disponibles. Nuevamente, en México existen situaciones de este tipo en un número mucho más alarmante de lo que pudiera parecer lógico, siendo éste un factor que contribuye en forma importante a la sobreconcentración industrial. Esto también puede ser fuente de operaciones con desventajas económicas que a largo plazo pueden ser más significativas de lo que se pueda imaginar.

e) Algunas consideraciones especiales. Por ser de particular interés y trascendencia y por su alto grado de aplicación práctica a nuestra situación en México, es importante hacer algunos comentarios especiales

respecto de ciertos elementos o factores de localización que representan verdaderos tópicos de actualidad en nuestro medio.

f) Descentralización industrial. Es innegable que en México afrontamos, muy particularmente en la ciudad de México y su zona de influencia, un problema de proporciones mayúsculas. Se refiere éste a la sobreconcentración industrial y por ende de población en esta zona. Este es un problema tangible y real que existe actualmente. Es importante, sin embargo, que se reconozca el problema adicional existente de que esta situación se agrave aún más en el futuro al continuar concentrando industria, y aparejada con ella, población en determinadas zonas muy localizadas.

El Gobierno Federal y las entidades estatales han emprendido campañas muy importantes en el sentido de promover la descentralización industrial, a través del otorgamiento de incentivos de diferente naturaleza.

Estos dos elementos son entonces ingredientes importantes en un estudio de localización, debiendo dársele al aspecto descentralización una atención muy especial. Desgraciadamente hay todavía muchos conceptos que es necesario definir con mayor claridad. Por otro lado, mucho se está hablando y haciendo por parte de diversos organismos oficiales y privados para definir en forma adecuada los elementos que deben formar parte de una ley de promoción de descentralización y fomento de desarrollo regional.

Es muy posible que todos ustedes estén ya suficientemente familiarizados con los decretos del 23 de noviembre de 1971 y del 20 de julio de 1972, ambos de gran actualidad y los cuales ofrecen una serie de incentivos importantes, con el fin de promover la descentralización industrial y el desarrollo regional de zonas que han sido marginadas. Indudablemente estos decretos son factores que representan incentivos y al mismo tiempo restricciones convenientes para detener el avance del problema actual de sobreconcentración.

Todos sabemos los incentivos fiscales que algunas entidades estatales ofrecen para atraer a los industriales a sus localidades. El Anexo II muestra un cuadro comparativo que incluye algunas características de impuestos locales y exenciones aplicables a algunos Estados de la República. Es de notarse que el decreto del 20 de julio de 1972, especifica la necesidad de no acogerse a los beneficios estatales, a fin de calificar para la obtención de exenciones federales. Esto tiene una gran importancia pues con ello el Gobierno Federal promueve por su cuenta el desarrollo regional, sin afectar los ingresos locales o estatales de las industrias que ahí se localicen.

Como nota de precaución, debe apuntarse que toda clase de incentivos podrán representar un aspecto económico importante para un proyecto, pero no por ello deberán descuidarse otros factores igualmente importantes. Podemos encontrarnos ante situaciones en las que, en el mejor de los casos, se igualen éstas económicamente por la contribución especial de incentivos fiscales, pero que en otros aspectos no resulten todo lo atractivo que se desea. La competencia económica en igualdad de circunstan-

cias deberá ser en estos casos un catalizador para analizar, con mayor cuidado, otros renglones de importancia para el proyecto.

g) Contaminación ambiental. Es este un factor relacionado muy íntimamente con lo expuesto en el punto anterior, y tiene un significado muy especial ahora que mundialmente se ha tomado conciencia del problema que representa la contaminación del ambiente. Por ello todo estudio de localización deberá dedicar capítulo aparte a este tema, analizando con todo detenimiento las características de los efluentes producidos, las reglamentaciones Federal, Estatal y Local sobre contaminación y, combinando ambos, los medios y posibilidades que los diversos sitios sujetos del análisis puedan ofrecer para la adecuada disposición de efluentes y desperdicios y el tratamiento que éstos requieren antes de ser descargados a tierra, ríos, mar u otras corrientes. La posibilidad de descargar efluentes industriales a los medios adecuados de "transportes", es un factor importante.

h) Promoción de exportaciones. Igualmente, merece capítulo aparte el renglón de exportaciones; aunque es éste un renglón que, en estricto rigor, forma parte de la situación de mercados, su mención como un aspecto importante a analizar y que en muchas ocasiones no tenemos en cuenta, hace que se le trate explícitamente en esta sección.

Es obvio que las necesidades y posibilidades en esta área son muy variables y dependen de cada caso particular. Debemos tener, sin embargo, una conciencia clara y abierta a este sector. El promover exportaciones y pensar en ellas como parte integrante y no sólo accidental de un proyecto es de suma trascendencia.

Desde este punto de vista, puede volverse crítica, en un estudio de localización, la atención que se le dé a los aspectos importantes relacionados con esta posibilidad. El colocar una operación en un sitio que ofrezca facilidades adecuadas para la exportación, resultará necesariamente en la mayor factibilidad de estar en una posición competitiva para llevar a cabo la exportación de productos terminados o semielaborados.

RESUMEN:

Esperamos que estas consideraciones, que no tratan de teorizar sobre el tema, sino hacer una aportación muy pequeña pero con amplia orientación al aspecto práctico, resulten de alguna utilidad en sus experiencias en este campo. Es importante concluir y resaltar lo que creemos resulta la parte con mensaje de este análisis. En la actualidad y cada vez más en el futuro, en nuestra situación particular de México, hay 3 elementos que por mucho tiempo pasaron desapercibidos o al menos no se les dio la importancia debida en los análisis de selección de localización de plantas industriales. Estos son la necesidad de descentralizar la industria, de contar con los medios de cumplir con la reglamentación para evitar la contaminación del ambiente y de situarnos en lugares estratégicos que permitan competir en exportación de nuestros productos.

ANEXO I

Factores de localización de plantas industriales

1. Mercados

- a)* Características del producto. Precio actual y futuro.
- b)* Localización y distribución geográfica actual y futura.
- c)* Industrias consumidoras. Tendencias. Nuevos usuarios.
- d)* Logística de distribución. Distancias. Costos de flete. Inventarios. Tiempos de transportación.
- e)* Competencia presente y futura. Localización.

- f)* Aspectos relacionados con exportaciones.

2. Materias primas

- a)* Fuentes de materias primas.
- b)* Disponibilidad presente y futura.
- c)* Logística de distribución: Distancia. Costo de fletes. Inventarios. Tiempos.
- d)* Materias primas substitutas.
- e)* Aspectos relacionados con importaciones.

3. Aspectos fiscales

- a) Impuestos federales y locales.
- b) Incentivos federales y estatales.
- c) Política de descentralización industrial y desarrollo regional.
- d) Otros impuestos y obligaciones.

4. Condiciones climáticas

- a) Altura sobre el nivel del mar.
- b) Condiciones de temperatura y humedad.
- c) Exposición a temblores, huracanes, etc.
- d) Efecto de factores climáticos en inversión.

5. Agua

- a) Disponibilidad. Cantidad. Requisitos legales.
- b) Calidad. Características biológicas y químicas.
- c) Confiabilidad.
- d) Costos.

6. Energía eléctrica y combustibles

- a) Disponibilidad. Cantidad.
- b) Calidad. Características de las fuentes.
- c) Confiabilidad de fuentes de corriente eléctrica.
- d) Necesidad de fuente de emergencia.
- e) Costos.

7. Control ambiental

- a) Leyes y especificaciones relacionadas con el control ambiental: aire, agua, tierra.
- b) Concentración industrial. Contaminación atmosférica.
- c) Medios de disposición de efluentes.
- d) Medios de disposición de desperdicios.

8. Medios de transporte

- a) Ferrocarriles.
- b) Carreteras.
- c) Vías fluviales y marítimas.
- d) Transportación aérea.
- e) Aspectos de logística. Frecuencia. Costos. Confiabilidad. Tiempos. Distancias.

9. Mano de obra

- a) Disponibilidad. Calidad.
- b) Relaciones sindicales. Influencia de sindicatos locales. Problemas.
- d) Costos. Tabuladores.

10. Desarrollo del lugar

- a) Características del terreno. Espacio. Costo.
- b) Resistencia del terreno.
- c) Acceso a FF. CC., carreteras.
- d) Acceso a fuentes de agua, energía, corriente eléctrica.

- e) Espacio para expansión.
- f) Provisiones y espacio para expansión en plantas existentes. Planes futuros en otras líneas.

11. Factores de la comunidad

- a) Urbana o rural.
- b) Disponibilidad y costo de casas.
- c) Aspectos culturales y religiosos: Iglesias. Bibliotecas. Teatros. Cines.
- d) Escuelas.
- e) Servicios municipales en general.
- f) Hospitales, médicos, servicios médicos de emergencia.

- g) Hoteles y restaurantes.
- h) Instalaciones y actividades recreativas.

12. Comunicaciones

- a) Facilidades para transportación del personal. Terrestre. Aérea. Otras.
- b) Teléfono y telégrafo.
- c) Servicio de correo.
- d) Radio.

13. Otros aspectos varios

- a) Legislación local.
- b) Refacciones. Disponibilidad.

ANEXO II. IMPUESTOS POR ENTIDADES

ANEXO II Impuesto Entidad	Veracruz 1-10 años		Tlaxcala		Puebla 10 años		Hidalgo 1-20 años		Estado de México	
Ingresos Mercantiles	1%	Hasta 100%	1.2%	100% 20 años	1.2	Escalona- dos: 3-A100% 3A-75 2A-50 2A-25	1.2	Hasta 100%	Escalonado 5 años 75% 5 años 50% 5 años 25%	
Predial	0.8%	Hasta 100%	1.4%	100% 25 años	1%	—	1.248	Hasta 100%		
Traslación de Dominio	3% tasa a valor catastral	Hasta 100%	2%	Exento	2%	100%	.15%	Hasta 100%		
Impuesto sobre Sueldos	0		—	—	—	—	0			
Vigilancia a empresas exen- tas	1%		0		0		0			
Municipales	75% de estata- les	Hasta 100%		100% 20 años	De acuer- do a la- yes loca- les	—	—	Hasta 100%		
Registro de derecho Pub. Prop. Impuesto adicional	15%/ta- sas Imp. y dere- chos	Hasta 100% Propor- cional	15% Pre- dial y Reg. Pub. 50%/todos menos IM 40% D. RP. P.	100% Propor- cional	100% so- bre todos Imp. y de- chos sobre IM	50% Pro- porcional	30% Imp y Der salvo IM	Hasta 100%	Prod. a Ing Merc.	
Productos del capital por créditos			6% Resid. 12% No Resid.	100% x créditos	10%	50% x créditos	6%			
Licencia Sanitaria			250 a 3000 P\$	—	50P\$	—				
Diversos			Coop. de 30-50% costo de obra	—		Coop. al 50% del costo				
Otros puntos	Ayuda para localiza- ción de terrenos. Asesoría Técnica No son bases muy reales.		Corredor Sn Martín Tlaxcala (6P\$ ^{m²} Apizaco (2 50P\$ ^{m²}) Huaman- tia.		Prod. personal capi- citado No da Incen- tivos a Emp. que go- cen de incentivos de descentralización.		Tula (2 50P\$ ^{m²})		Posición del Gobier- no Estatal no da más estímulos fisca- les.	

Nota:

Cabe señalar, que el decreto del 20 de julio de 1972 sobre incentivos fiscales, especifica la necesidad de no acogerse a los beneficios estatales a fin de calificar para la obtención de exenciones federales.

Es probable, debido al mismo decreto, que algunos de los datos que aparecen en el Anexo II, carezcan de validez. Sin embargo, es de gran importancia que el lector considere a los incentivos fiscales, como un factor importante en la localización de industrias.

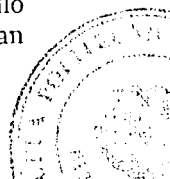
APENDICE I

La información de la planeación en la descentralización industrial [3]

La planeación del desarrollo regional, que es la envolvente de la descentralización industrial, requiere de una perspectiva global de los problemas del desarrollo del país y de un mecanismo flexible que permita hacer la vinculación entre los amplios objetivos nacionales y las restringidas posibilidades de cada región.

El desarrollo regional y urbano se basa en el conocimiento de que una región o una ciudad no pueden planearse nada más para que sean sistemas que funcionen en un momento dado, sino que su planeación deberá prever que este sistema funcione y se desarrolle de acuerdo con las tendencias que le impongan el crecimiento demográfico, los objetivos de bienestar individual y colectivo y muy especialmente la capacidad de todo grupo humano de generar riquezas. Es decir, la planeación no puede hacerse considerando un solo momento en el tiempo, sino que debe considerar un sistema dinámico, en el que aun los objetivos pueden irse modificando gradualmente en el tiempo.

Por estas razones, la información necesaria para planear el desarrollo regional debe incluir parámetros económicos y sociales que comprendan



la infraestructura existente y sus proyecciones, abarcando también, desde luego, los servicios tales como urbanización, transporte, comunicaciones, educación, y muy especialmente los servicios de apoyo tecnológico que la industria requiere.

En el aspecto específico del desarrollo industrial, es indispensable que se cuente con información sobre disponibilidad y costo de los recursos naturales de la región y con la información tecnológica relacionada con la industrialización de esos productos que permita realizar anteproyectos que sirvan como base para interesar a los inversionistas y, en su caso, para desarrollar estudios más profundos con el auxilio de firmas de ingeniería, facilitando así la concertación de las acciones que conduzcan a nuevas industrias.

La descentralización de la industria depende fundamentalmente de las decisiones de inversionistas que estén interesados en iniciar nuevas empresas y, en mucho menor grado, de la relocalización de las empresas que ya se encuentran establecidas. Por esta razón, es de vital importancia el conocer nuevas oportunidades de inversión en el campo industrial, para formular e implementar un programa de descentralización de la industria.

Recientemente se ha otorgado la responsabilidad de planear el desarrollo regional a oficinas especializadas que dependen de organismos estatales, en algunos casos y nacionales en otros. Son ellas las encargadas de sentar las bases que permitan el desarrollo de la infraestructura y posteriormente el desarrollo industrial en los estados y territorios de la República.

FUENTES QUE PROPORCIONAN INFORMACIÓN PARA LA LOCALIZACIÓN DE INDUSTRIAS

Condiciones climatológicas en general

1. Dirección General de Estadística
2. Dirección General de Geografía y Meteorología (SAG)
3. Secretaría de Comunicaciones y Transportes
4. Gobierno de los Estados

Estudio de la comunidad

1. Dirección General de Estadística
2. Secretaría de Comunicaciones y Transportes
3. Instituto Mexicano del Seguro Social

4. Secretaría de Educación Pública
5. Gobiernos Municipales
6. Secretaría de Industria y Comercio
7. Cámaras de Industria (de Transformación, Comercio, etc.)
8. Instituciones Bancarias y Fiduciarias
9. Gobierno de los Estados
10. Secretaría de Salubridad y Asistencia

Seguros y finanzas

1. Banco de México
2. Nacional Financiera, S. A.
3. Instituciones Bancarias y Fiduciarias

4. Comisión Nacional Bancaria
5. Comisión Nacional de Seguros y Finanzas
6. Asociación Nacional de Banqueros
7. Bolsa de Valores

Mano de obra

1. Dirección General de Estadística
2. Comisión Nacional de los Salarios Mínimos
3. Gobierno de los Estados
4. Secretaría de la Presidencia
5. Banco de México
6. Secretaría del Trabajo

Mercados

1. Secretaría de Industria y Comercio (SIC)
2. Asociación Nacional de Importadores y Exportadores de la República Mexicana
3. IMCE (Instituto Mexicano de Comercio Exterior)
4. Centro de Estudios Económicos del Sector Público
5. CONCAMIN (Confederación de Cámaras Industriales)
6. CANACINTRA (Cámara Nacional de la Industria de Transformación)

Fuentes de energía

1. Dirección de Electricidad (SIC)
2. Comisión Federal de Electricidad
3. Petróleos Mexicanos
4. SEPANAL (Secretaría del Patrimonio Nacional)

Materias primas

1. Secretaría de Industria y Co-

2. Proveedores
3. Cámaras y Asociaciones
4. Consejo de Recursos Naturales No Renovables
5. IMCE (Instituto Mexicano de Comercio Exterior)

Impuestos

1. Secretaría de Hacienda
2. Gobiernos Municipales

Transportes y comunicaciones

1. Dirección General de Estadística
2. SOP (Secretaría de Obras Públicas)
3. Transportación Marítima Mexicana
4. Ferrocarriles Nacionales de México
5. SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

Eliminación de efluentes

1. Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente

Disponibilidad de agua

1. Dirección General de Estadística
2. Recursos Hidráulicos
3. Gobierno de los Estados
4. Secretaría de Salubridad y Asistencia

Factores generales

1. Secretaría de Industria y Comercio
2. Secretaría de la Presidencia

Referencias bibliográficas

1. Agradecemos al Sr. Ing. Gabriel García Moreno C., gerente de Planeación y Desarrollo de Industrias Resistol, S. A., su valiosa contribución en el desarrollo de este tema, al autorizarnos la reimpresión de su artículo "Algunas consideraciones sobre la localización de plantas industriales", editado en la revista IMIQ (Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos) número 12 volumen XIII, diciembre de 1972, página 44.

3. Condensado de: "La información como parte de la infraestructura para la descentralización industrial" de Guillermo Fernández de la Garza. Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, diciembre de 1972, número 12, volumen XII, página 28.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. "Administración y Dirección Técnica de la Producción", Elwood S. Buffa. Editorial Limusa, S. A. Sexta impresión, 1972. Capítulo 14.
2. "Organización para la producción", E. S. Roscoe. Compañía Editorial Continental, S. A. Primera edición en español de la cuarta edición en inglés. Capítulo 8.
3. Dirección de Producción, Sistemas y Síntesis. Martin K. Starr. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. Primera edición, 1968. Capítulo 9.

TEMA 4A

Tipos de sistemas de producción

Sumario:

1. *Sistemas modelo.* — *a)* Sistema de producción continua. — *b)* Sistema de producción intermitente. — *c)* Sistema de producción modular. — *d)* Sistema de producción por proyectos. — 2. *Sistemas primarios de producción.* — *a)* Sistema agrícola. — *b)* Relaciones entre la economía agrícola y la administración agrícola. — *c)* Sistema de extracción. — 3. *Sistemas secundarios de producción.* — *a)* Sistema de transformación. — *b)* Generalidades sobre el sistema de artesanías. — Clasificación de las ramas artesanales. — Entidades del país que son fuentes de artesanías. — 4. *Sistemas terciarios de producción.* — *a)* Sistema de producción de servicios.

1. SISTEMAS MODELO

a) **Sistema de producción continua.** Cuando hablamos de producción continua, enfocamos las situaciones de fabricación, en las cuales las instalaciones se adaptan a ciertos itinerarios y flujos de operación, que siguen una escala no afectada por interrupciones.

El sistema de producción continua, como el que aparece en la figura 4A-1, nos ilustra este tipo de sistemas:

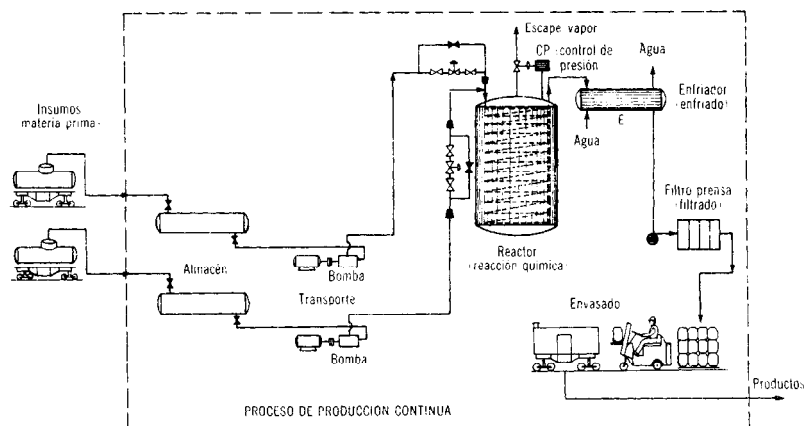


Figura 4A-1. Sistema de producción continua

Los materiales o materias primas, se reciben continuamente de los proveedores para ser almacenados, transportándose convenientemente, para su procesamiento químico. A continuación se reduce su temperatura enfriando el producto químico resultante, filtrándolo posteriormente para ser envasado.

En este tipo de sistemas, todas las operaciones se organizan para lograr una situación ideal, en la que estas mismas operaciones, se combinan con el transporte de tal manera que los materiales son procesados mientras se mueven.

Se utiliza este sistema cuando la economía de fabricación favorece a la producción continua. Es decir, cuando la demanda de un producto determinado es elevada, nos veremos obligados a trabajar continuamente.

La producción en gran escala de artículos estándar es característica de

estos sistemas. Obreros especializados y semiespecializados son empleados generalmente en este tipo de sistemas. En consecuencia, los costos de producción son relativamente bajos.

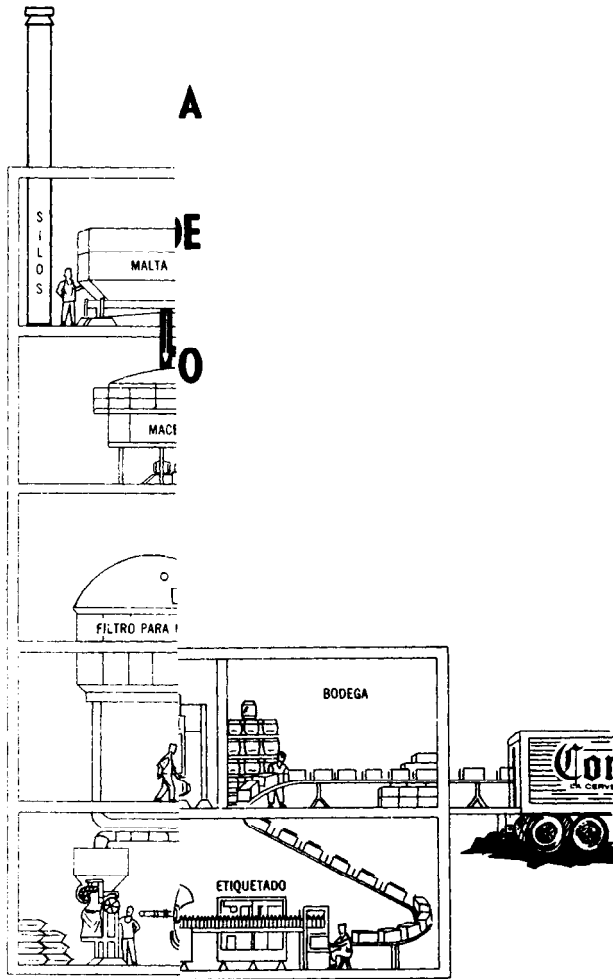
b) Sistema de producción intermitente. La producción intermitente se caracteriza por el sistema productivo de "lotes" de fabricación. En estos casos, se trabaja con un lote determinado de productos que se limita a un nivel de producción, seguido por otro lote de un producto diferente.

La producción intermitente será inevitable, cuando la demanda de un producto X no es lo bastante grande para utilizar el tiempo total de fabricación continua, de tal suerte, que la economía de manufactura favorecerá a la producción intermitente.

Dicho de otro modo, nuestro equipo de proceso nos servirá para fabricar el producto X, así como también, para manufacturar productos Y/o productos Z.

Tabla 4A-1. Características de operación en los diversos tipos de manufactura

	<i>Tipo de manufactura</i>		
	<i>Por pieza</i>	<i>Por lote</i>	<i>Continua</i>
<i>Ventas:</i>			
Formas de ventas	Sobre pedido	Sobre pedido o almacén	Almacén
Volumen del pedido	Bajo	Medio	Alto
<i>Medios de producción</i>			
Especialización de máquinas	Baja	Media	Alta
Flexibilidad para adaptar moldes y partes a las máquinas	Alta	Media	Baja
<i>Personal:</i>			
Especialización	Baja	Media	Alta
Habilidad	Alta	Media	Baja
<i>Riesgos:</i>			
Inversión inicial	Baja	Media	Alta
Costo unitario de producción	Alto	Medio	Bajo
Margen de utilidad por pieza	Alto	Medio	Bajo
Grado de control requerido	Alto	Medio	Bajo



En este tipo de sistemas, la empresa generalmente fabrica una gran variedad de productos. Para la mayoría de ellos, los volúmenes de venta y, consecuentemente, los lotes de fabricación, son pequeños en relación con la producción total.

El costo de la mano de obra especializada es relativamente alto y, en consecuencia, los costos de producción son más altos que los de un sistema de producción continua.

La tabla 4A-1, nos ilustra las tendencias generales de algunas características de operación en los diversos tipos de manufactura. [1]

c) Sistema de producción modular. Podemos definir la producción modular como “el intento de fabricar estructuras permanentes de conjunto, a costa de hacer menos permanentes las subestructuras”.

Ilustrando claramente este concepto Alvin Toffler nos dice: [2]

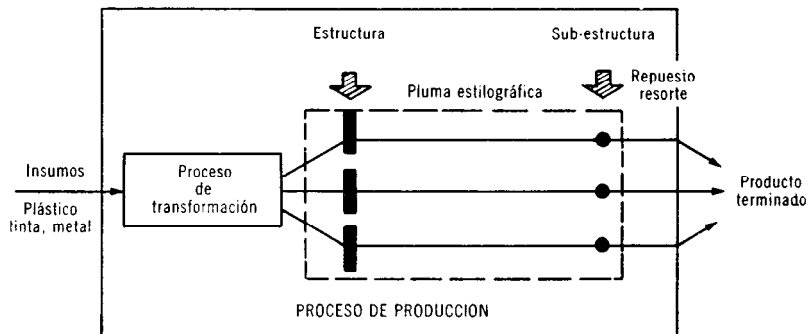


Figura 4A-3. Sistema de producción modular

“El simple y universal bolígrafo nos da un ejemplo de ello. Los insumos (plásticos, tinta, etc.) se transforman en estructura (la pluma estilográfica) y subestructura (repuesto, resorte, etc.) para intentar con esto un sistema de producción modular”. Esto se ilustra en la figura 4A-3.

En esencia, el concepto de modularidad consiste en diseñar, desarrollar y producir aquellas partes que pueden ser consideradas en un número máximo de formas.

d) Sistema de producción por proyectos. Se puede considerar el nacimiento de un proyecto a raíz de una idea concebida acerca o alrededor del potencial de un producto o mercado. Para satisfacer una necesidad primordial de objetivos empresariales, es necesario que se consideren todos los factores que deberán proyectarse con el fin de lograr que los objetivos se realicen óptimamente.

“Un proyecto es una actividad cíclica y única para tomar decisiones, por lo que el conocimiento de las bases de la ciencia de ingeniería y administración, la habilidad matemática y la experimentación, se conjugan para poder transformar los recursos naturales en sistemas y mecanismos que satisfagan las necesidades humanas”. [3]

El sistema de producción por proyectos, corre, por decirlo así, a través

de una serie de fases. Generalmente, una fase a seguir dentro de un proyecto, no se lleva a cabo hasta que la fase anterior a ésta queda resuelta. A menudo, particularmente cuando un proyecto es largo, gran parte del personal que trabaja en su desarrollo, lo hace asesorando determinada fase, así como la otra parte, permanece supervisando todas las fases que cubre el proyecto. A quienes ejecutan esta supervisión podemos llamarles *gerencia de producción por proyectos*. Esta gerencia actúa como líder, supervisando todas las fases que cubre el proyecto.

La figura 4A-4, nos detalla en forma general la producción por proyectos. [4] La producción por proyectos es un proceso difícil y amerita un esfuerzo conjunto. El progreso administrativo, a este respecto, consiste

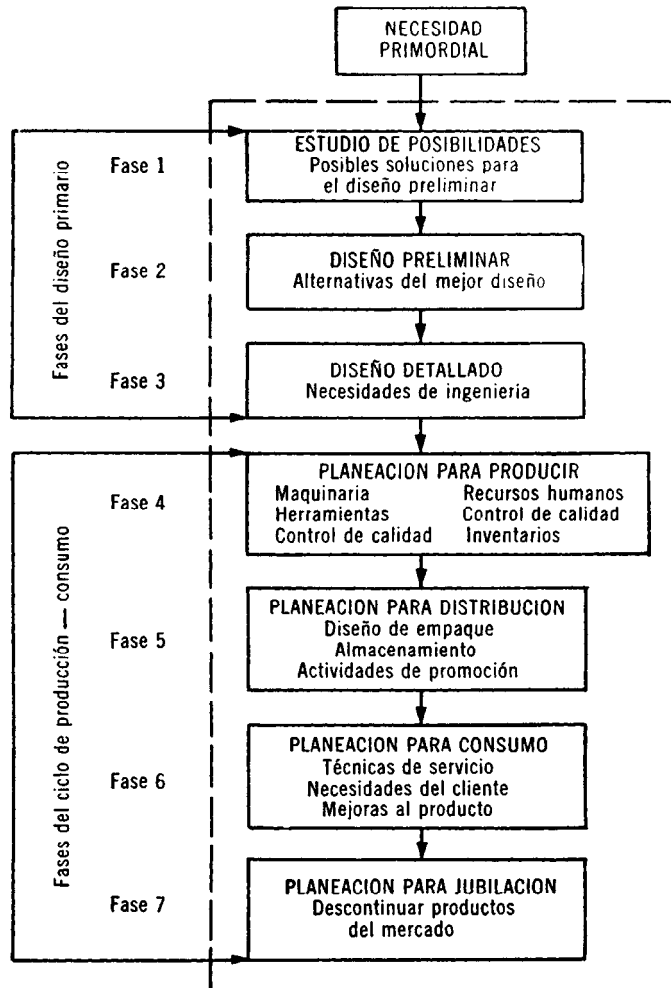


Figura 4A-4. Sistema de producción por proyectos.
Cada fase puede considerarse como un proyecto.

en hacer de esta técnica una actividad sistemática, apoyada en datos objetivos, en posibilidades reales, en estudios técnicos, etc. La sistematización de este método administrativo coincide con la clasificación de las funciones que son bien conocidas; planeación, organización, integración, dirección y control. Sin embargo, "para que un método sea verdaderamente tal, es indispensable que no solamente constituya un conjunto de conocimientos, sino que se transforme en una práctica cotidiana y en una nueva formación mental del hombre que tiene bajo su responsabilidad a otros individuos a quienes encauza para que con su trabajo y colaboración se obtengan los resultados que el jefe ha previsto de antemano." [5]

La necesidad de evitar el empleo despilfarrador de los recursos destinados a los negocios, y de alcanzar la productividad más elevada, exige una técnica organizada para producir. Tal es el caso del sistema de producción por proyectos que, empleado adecuadamente, asegurará el éxito de cualquier empresa.

2. SISTEMAS PRIMARIOS DE PRODUCCIÓN

a) Sistema agrícola. Es frecuente encontrar análisis del sistema agrícola de producción en forma aislada, como si esta actividad fuera autónoma. El sistema agrícola nacional permite desarrollar sistemas de cultivos para tomate, trigo, arroz, maíz, frijol, algodón y otros muchos productos agrícolas. Estos productos forman parte de sistemas de producción bien definidos y relacionados directamente con la economía nacional.

Un sistema de producción agrícola es ilustrado por la figura 4A-5.

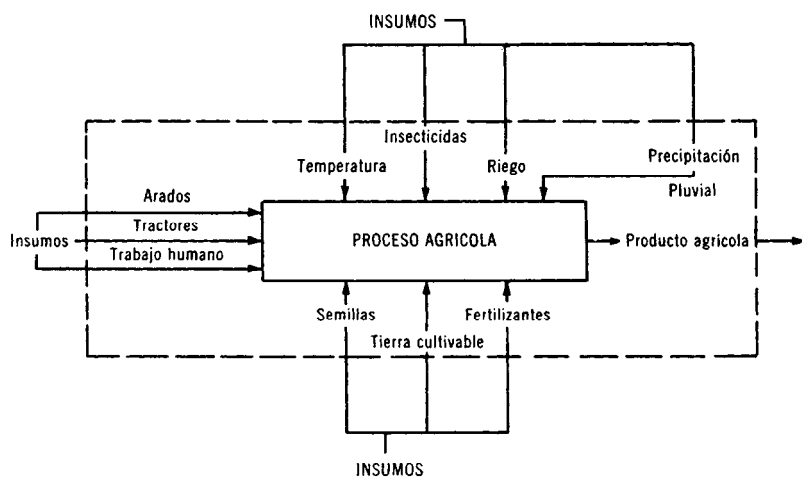


Figura 4A-5. Sistema agrícola

Para desarrollar un producto agrícola se necesita una temperatura y precipitación pluvial adecuadas, una cierta cantidad de tierra cultivable,



semillas, fertilizantes, insecticidas, los servicios de equipo agrícola en forma de arados y tractores y el trabajo humano, entre los factores más importantes.

Hemos descrito de manera general un sistema agrícola. No nos resulta difícil comprender la utilización del sistema, sin embargo, conviene que el lector consulte en el libro *El Perfil de México en 1980*, volumen 2, Siglo Veintiuno Editores, S. A., los comentarios que hacen Manuel Rodríguez Cisneros y Ramón Fernández al respecto.⁶

b) Relaciones entre la economía agrícola y la administración agrícola. Analizar en toda su extensión la economía de la agricultura, implicaría analizar la mayor parte de la teoría económica. En consecuencia, señalaremos brevemente las relaciones que existen entre la economía agrícola y la administración agrícola.

La economía agrícola dice Edmundo Flores, “es la parte de la economía general que estudia los problemas económicos de la agricultura y actividades afines. En rigor, es sólo una rama de la economía aplicada, cuya existencia se debe a la especialización profesional impuesta por el progreso y la complejidad creciente de la ciencia y de la tecnología contemporáneas. La economía agrícola no es una disciplina autónoma, pues depende de la economía general para fundamentar sus interrelaciones causales y para probar la validez de sus conclusiones. Tampoco es una disciplina mixta, pese a que la yuxtaposición de lo económico con lo agrícola sugiere un híbrido grotesco semejante a lo que resultaría de la cruce de un escritorio con un tractor. La confusión generalizada a este respecto obliga a recalcar que en la relación de la economía con la agricultura, la primera desempeña un papel fundamental, pues proporciona las bases teóricas, el método, y la razón de ser del análisis; la segunda tiene un papel accesorio y sólo da el escenario y la materia bruta.

Ahora bien, cuando queremos analizar la relación entre la economía de la agricultura y la administración agrícola, al llegar a este punto la relación diverge en cierta medida porque existen diferencias tajantes en las condiciones naturales en que la producción debe llevarse a cabo.” [7]

Entre la economía agrícola y la administración agrícola, observa G. W. Foster, “existen nexos estrechos, toda vez que ambas disciplinas se ocupan de los mismos problemas, aunque a distintos niveles y en ámbitos de magnitud diferente.

La administración agrícola toma como campo de estudio la empresa agrícola, y se propone, como finalidad última, elevar al máximo el ingreso neto del agricultor o empresario, partiendo de la cantidad limitada de recursos existentes en la empresa o unidad agrícola. Estudia la forma y los medios de organizar la tierra y el trabajo, el capital, la aplicación de los conocimientos técnicos y la capacitación del agricultor, para que la agricultura rinda los ingresos netos máximos.

En esta disciplina se toma en consideración cada factor, ya sea agronómi-

⁶ Rodríguez Cisneros Manuel y Fernández y Fernández Ramón. *Agricultura y Ganadería, Comentario, El Perfil de México en 1980*, volumen 2, Siglo Veintiuno Editores, S. A. México 1971. Segunda edición en español, págs. 3 y 11.

co social o económico. Toda información obtenida proporciona mayores elementos de juicio, y cada dato debe considerarse en la medida en que pueda ser útil para la organización y administración de la empresa, con la finalidad de que todos los factores de la producción sean utilizados en la mejor forma, es decir, que rindan los ingresos netos máximos, tomando la empresa agrícola en su totalidad". [8]

Bien podemos concluir que entre esta relación existe un esfuerzo realizado sobre terrenos complejos, esfuerzo que, evidentemente, exige en la actualidad nuevos y sistemáticos medios de productividad que permita una efectiva interacción con los recursos humanos, lo que vendría a ser de cardinal importancia en el desarrollo del país.

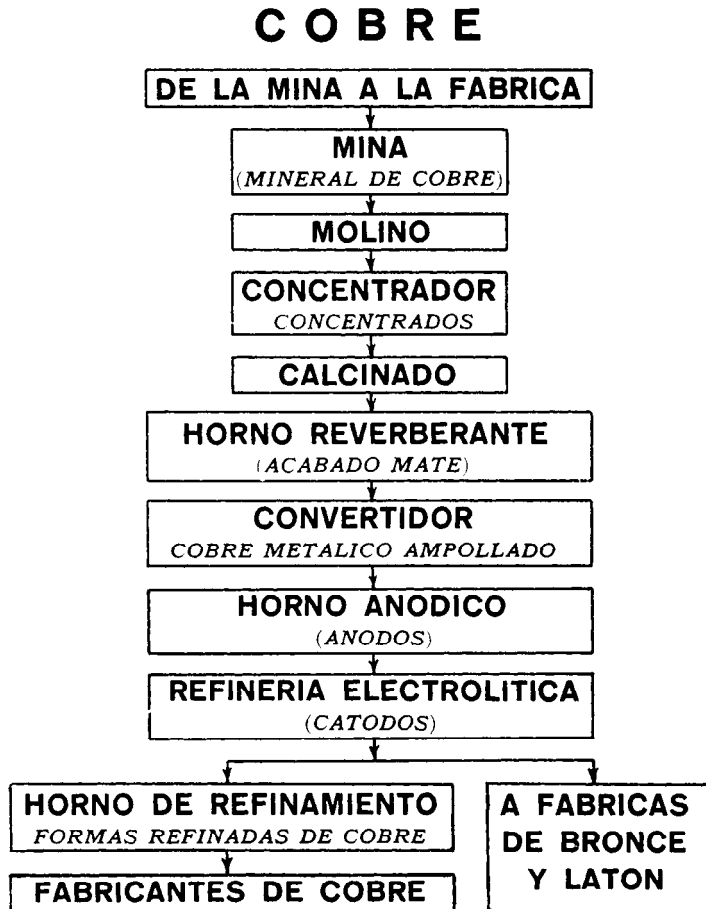


Figura 4A-6. Sistema de extracción y refinado del cobre.

c) Sistema de extracción. Al referirnos a este tipo de sistema, podemos considerar (aunque está sujeto a discusión) que forman parte de ellos:

La Industria minera [9]

Metales:

No metales:

Cinc

Azufre

Plomo

Carbón

Cobre

Barita

Mineral de hierro

Grafito

Manganeso

Fluorita

Antimonio

Mercurio

Estaño

Cadmio

Oro y plata

Los Servicios públicos [10]
petróleo y gas natural

Estos sistemas pueden operar como *sistemas continuos* o *sistemas intermitentes*, dependiendo de la demanda en el mercado.

La figura 4A-6 ilustra el sistema de extracción y refinado del cobre.

La figura 4A-7 ilustra el sistema de extracción y refinación del petróleo, así como sus aplicaciones industriales. [11]

Cabe señalar, que la industria del petróleo forma parte no sólo del sistema de extracción, sino también del sistema de transformación.

3. SISTEMAS SECUNDARIOS DE PRODUCCIÓN

a) Sistema de transformación. El progreso industrial emerge del descubrimiento o invento de una o más ideas básicas de científicos e investigadores. Es bien sabido que los cambios tecnológicos han hecho que la estructura industrial contemporánea esté integrada de tal modo, que las materias primas y aun los materiales usados en procesos de muchas industrias, son productos acabados por otras. La industria del vidrio, del acero, automotriz, papelera, de alimentos, de plásticos, de jabones, de cosméticos, textil, cervecera, petroquímica y muchas otras, son típicos sistemas industriales de transformación. Estos sistemas funcionan como continuos e intermitentes dependiendo de las necesidades y demanda del mercado.

La inmensa mayoría de las industrias se han especializado tanto, que han creado mucha interdependencia entre las mismas. La mayoría de las industrias utilizan proveedores independientes para muchos materiales y partes esenciales. Estos proveedores que pueden ser especialistas en sus líneas confían a su vez en otros fabricantes para procesar sus productos.

La característica de las industrias modernas de transformación es una gran división del trabajo aplicado particularmente a las industrias de producción en masa. En una operación así, ningún hombre o grupo hace un producto completo, ni siquiera una buena parte de él. Por ejemplo en una gran planta de automóviles se encuentran miles de trabajadores, unos montando piezas en un aditamento, otros en la línea de ensamblado, uno podrá unir partes e insertar pernos, en tanto que otro aprieta los pernos.

La figura 4A-8 ilustra un sistema de transformación. [12]

b) Sistema de artesanías. *Generalidades sobre la artesanía mexicana.*¹³ Independientemente de la concepción que sobre artesanía tengan los especialistas en la materia, ésta puede considerarse como una actividad que nace paralelamente con el hombre, misma que ha evolucionado para dejar paso a la pequeña, mediana y gran industria, pero en forma indudable, se puede consignar como una fuente de trabajo temporal o permanente de la cual derivan sus ingresos las personas dedicadas a las diferentes formas de creación artística.

Refiriéndose a nuestro país, se estima que existen más o menos seis millones de habitantes dispersos en el territorio nacional, artesanos carentes de recursos para su mejor desenvolvimiento, por lo que urge prestar una mayor atención y aplicar una serie de medidas que deben tomarse como resultado de estudios realísticos de este panorama, que en muchas ocasiones reviste verdaderos dramas sociales. Actualmente existe un clima favorable para que, fuera de posturas demagógicas, se emprenda un camino no de redención, sino de revaloración e integración de esta gran fuerza de trabajo, que durante mucho tiempo ha permanecido marginada y en el mayor de los casos ha laborado a nivel de subsistencia.

Asimismo, este sector presenta las características más acentuadas de nuestro subdesarrollo económico: falta de control y cuantificación de los recursos humanos y materiales, baja productividad, ausencia de una organización productiva, crónico analfabetismo, carencia de protección legal, pobreza y raquitismo de las operaciones comerciales, incipiente auxilio financiero enmarcado exclusivamente a la banca oficial, tratamiento injusto en las tasas impositivas, aunado todo esto a la falta de un régimen de seguridad social.

Este horizonte, se ve aún más fortalecido en virtud de no poder determinar un sistema de producción específico, debido a la diversidad de las la concentración de las actividades del artesano que van, desde su calidad

¹³ Agradecemos al Sr. Lic. Rafael Lechuga García, Jefe de Crédito del Departamento de Artesanías, del Banco Nacional de Fomento Cooperativo, S. A. de C. V., su cooperación para el desarrollo de este trabajo.

de patrón, hasta la de trabajador, siendo a la vez productor y distribuidor.

Sin embargo, este problema no ha pasado desapercibido para el Gobierno de la República y consciente de ello, creó en 1961 el Fideicomiso para el Fomento de las Artesanías con un patrimonio que resulta hoy pequeño, comparado con la magnitud de las necesidades actuales del sector artesanal. Sus funciones son las siguientes:

1. Otorgar asistencia crediticia para adquirir materias primas, herramientas y maquinaria.
2. Promover la comercialización de sus productos, por medio de la instalación de tiendas.
3. Otorgar asistencia técnica para el mejoramiento de los productos artesanales, conservando sus orígenes tradicionales.
4. Realización de estudios técnicos, para elevar la productividad artesanal.

Paralelamente con esta institución, existen otros organismos oficiales que coadyuvan al desarrollo de esta actividad como son: El Banco Nacional de Comercio Exterior, S. A., que promueve la exportación; el Consejo Nacional de Turismo, quien propugna por dar a conocer la gama de productos artesanales en el mercado extranjero; el Programa Nacional Fronterizo, que establece centros de distribución en las ciudades fronterizas, la Secretaría de Industria y Comercio a través de su Dirección de Ferias y Exposiciones, la Dirección de Industrias Rurales; el Consejo Nacional de las Artesanías, producto de la resolución tomada por el Primer Congreso Nacional de Artesanías, convocado por la Secretaría de Industria y Comercio y la Cámara Nacional de la Industria de Transformación, Instituciones que tienen por objeto, agrupar a todos los artesanos del país y poder jerarquizar sus problemas.

La creación e intervención de estas Instituciones y organismos mencionados, forman un sistema que *busca* el mejor logro de la actividad artesanal, dependiendo en gran parte de los recursos económicos y técnicos de que disponen para extender y fortificar los beneficios a toda esta gran fuerza de trabajo, para que sus productos sean de mejor calidad y puedan competir sin desventajas en el mercado exterior, tomando como base un mayor desarrollo en la productividad, acceso de financiamiento oficial y privado, empleo de mejores técnicas de producción y el establecimiento de un sistema tributario y de seguridad social, que permitan proteger en mejor forma a este sector que por mucho tiempo ha permanecido olvidado. Sin embargo, es preciso señalar a grandes rasgos, que los esfuerzos hasta hoy realizados no han sido lo suficientemente bien canalizados en favor de la artesanía mexicana, paria del arte, por la falta de integración de dichos organismos y la ausencia de una política que fije las metas a seguir, provocando con ello, la duplicidad de esfuerzos y el dispendio de nuestros escasos recursos

Clasificación de las ramas artesanales

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. Alfarería y cerámica. | 24. Madera torneada. |
| 2. Amates. | 25. Madera labrada. |
| 3. Bordados. | 26. Madera incrustada. |
| 4. Bambú. | 27. Mueble típico. |
| 5. Cantera labrada. | 28. Mueble colonial. |
| 6. Carey. | 29. Onix. |
| 7. Carrizo. | 30. Paja. |
| 8. Cerería. | 31. Palma. |
| 9. Concha y caracol. | 32. Papel y cartón. |
| 10. Cestería. | 33. Plata y oro. |
| 11. Cobre y latón. | 34. Plumaria. |
| 12. Cuchillería. | 35. Popotería. |
| 13. Deshilados. | 36. Rebozos. |
| 14. Dulcería regional. | 37. Semillas vegetal. |
| 15. Flores artificiales. | 38. Talabartería. |
| 16. Hierro forjado. | 39. Textiles de algodón. |
| 17. Hojalatería artística. | 40. Textiles de lana. |
| 18. Hueso y cuerno. | 41. Tule. |
| 19. Instrumentos musicales. | 42. Trajes típicos. |
| 20. Jarciería. | 43. Vidrio. |
| 21. Juguetería. | 44. Jipi y japa (Sombrería). |
| 22. Lacas. | 45. Muñecos típicos. |
| 23. Lapidaria. | 46. Otros. |

Entidades del país que son fuentes de artesanías

Aguascalientes.

Bordados a mano, a máquina y deshilados.

Campeche.

Sombreros, artículos a base de palma y bambú.

Chiapas.

Un Estado rico en artesanías, propiamente cubre toda la clasificación de las ramas artesanales.

Distrito Federal.

Se clasifica como parte del Estado de México.

Estado de México.

Prácticamente encierra todas las ramas artesanales que se clasifican.

Guanajuato.

Alfarería, herrería artística, madera tallada, artesanía textil.

Guerrero.

Artesanías variadas. Sobresalen las artesanías en oro, plata, cobre y latón, así como los muebles coloniales y la madera tallada y laqueada.

Jalisco.

Arte huichol; cerámica y vidrio soplado a mano.

Artesanías de hueso y cuero animal.

Michoacán.



Prácticamente encierra todas las ramas artesanales que se clasifican.
Oaxaca.

Prácticamente encierra todas las ramas artesanales que se clasifican.
Puebla.

Vidrio soplado a mano, ónix, alfarería, cerámica y artículos de palma.
Querétaro.

Sobresale la lapidación (Talla de piedras semipreciosas). Artesanía Textil, Cestería (Canastas, etc.).

San Luis Potosí.

Sobresalen los artículos a base de palma de Zamandoca el rebozo de Santa María del Río, la malla de Moctezuma, el sombrero de Tierra Nueva.

Tlaxcala.

Sobresalen de manera preponderante los artículos de artesanía textil.

Yucatán.

Trajes típicos y productos elaborados a base de henequén.

Zacatecas.

Herrería artística y artesanía textil.

Otros entidades del país, que elaboran artesanías en menor proporción son las siguientes: Baja California Norte, Hidalgo, Morelos y Tabasco.

4. SISTEMA TERCIARIO: *Producción de servicios.* a) *Insumos → Proceso → Servicios*

Cuando hacemos referencia a un sistema de producción de este tipo, podemos decir que tiene una relación muy directa con la mercadotecnia.

En páginas anteriores hemos descrito someramente los sistemas productivos primarios y secundarios que implican la producción de bienes. En consecuencia, trataremos de explicar la función del sistema de producción de servicios.

Para esto, enfocamos el sistema terciario como un sistema insumo-producto, tal como aparece en la figura 4A-9:

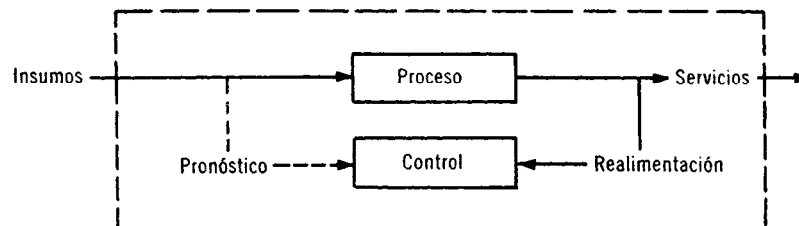


Figura 4A-9. Sistema de producción de servicios

En este caso, obviamente el producto viene a ser un servicio.

b) *¿Cómo preparar una buena taza de café?* [14] Para explicar cómo fun-

ción el producir un servicio, haremos referencia a una empresa que se dedica a colaborar con los restaurantes, hoteles, hospitales, oficinas e industrias para servir una buena taza de café. Tal es la función de la empresa "Café Continental", S. A.¹⁵

Esta empresa es básicamente productora de un servicio al cliente, o dicho de otro modo, mercadea sus servicios para satisfacer a su clientela. La figura 4A-10 nos simplifica el funcionamiento general del sistema:

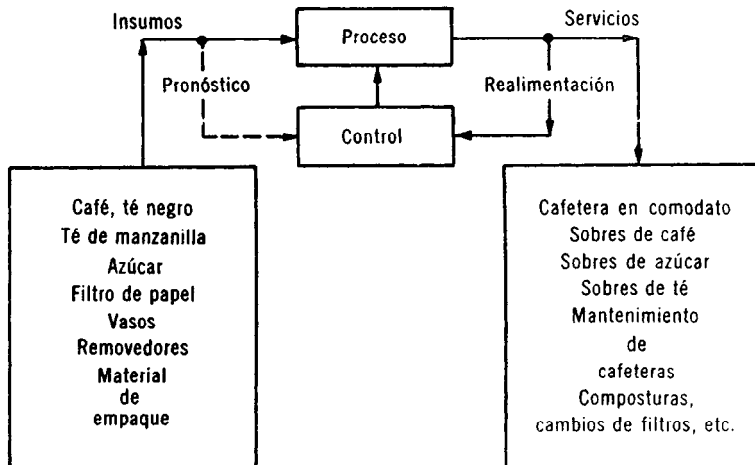


Figura 4A-10. Sistema de producción para servir una buena taza de café.

La empresa se especializa en la venta de café preparado de acuerdo con las necesidades del cliente, así como el mantenimiento gratis del equipo para preparar café. También vende té negro, té de manzanilla y azúcar en sobres. La misma empresa realiza periódicamente una revisión del equipo de café de cada cliente, ejecutando ya sea la compostura o un simple cambio de filtros y dejándolo en perfectas condiciones para servir un buen café.

Garantía y servicio son los principales objetivos de la empresa. El servicio se realiza sin cargo adicional pero va incluido dentro del precio del café.

Para prosperar en un mercado tan competido, como es el caso de comercializar la producción de servicios; es necesario administrar adecuadamente las ideas, hasta trascender los límites de la administración de recursos materiales.

c) *Un banco mexicano en el extranjero.* [16] El año de 1971, cuando se presentó la oportunidad de incrementar el comercio entre México y China Popular, uno de los primeros contactos fue a través de la oficina del Sistema Bancos de Comercio en Londres.

¹⁵ Agradecemos la colaboración e información del Sr. C. P. Juan Zavala, gerente general de la empresa "Café Continental", S. A.



**Naturalmente, nuestro banco es un banco
con ideas modernas.**

Los chinos prefieren hacer sus tratos en libras esterlinas. Cuando se trata de comercio exterior, realizan gran parte de sus transacciones en Londres.

El Sistema colabora con aquellos clientes de Bancomer que deseen préstamos en los mercados monetarios europeos. Asimismo, brinda información a potenciales inversionistas europeos sobre las posibilidades, rentabilidad y características del mercado financiero mexicano.

El brindar información sobre México también se ha convertido en una de sus principales actividades. La Sucursal del Sistema Bancomer en Londres edita un boletín mensual que envía por correo a 2,000 hombres de negocios de toda Europa.

Existen otras empresas productoras de servicios tales como; los bancos públicos y otros privados, las agencias que rentan automóviles, los restaurantes, los hoteles, las líneas aéreas, las líneas de autobuses, los ferrocarriles, etc. Podríamos mencionar múltiples empresas que producen servicios, pero estamos convencidos que el lector podrá dar algunos otros ejemplos de este tipo.

Referencias bibliográficas

1. "Planeación y Control de la Producción". Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso, página 3.
2. Toffler Alvin "El Shock del Futuro". Fondo de Cultura Económica. México 1972. página 74.
3. Adaptado de: "Introducción a la Ingeniería de Proyectos" Miguel Angel Corzo. Editorial Limusa, S. A. 1972. Capítulo 2, páginas 39 y 40.
4. Adaptado de: Penguin modern management Readings. M. Asimov "The Morphology of Design and the Feasibility Study" Penguin Books Inc., Baltimore, 1970, páginas 19-28.
5. Guzmán Valdivia Issac "Problemas de la Administración de Empresas". Editorial Limusa S. A. 1960. Capítulo I, página 17.
7. Flores Edmundo "Tratado de Economía Agrícola" Fondo de Cultura Económica, México 1961 página 17.
8. G. W. Foster "Farm Organization and Management" Prentice-Hall, New York, 1940 página 27.
9. Fuente: "Business Trends". Publicaciones Ejecutivas de México, S. A. 1972, página 347.
10. Fuente: "Business Trends". Publicaciones Ejecutivas de México, S. A. 1972 página 241.
11. Tomado de Bombas, Teoría, Diseño y Aplicaciones. Editorial Limusa Wiley, S. A. 1972. Capítulo 18.
12. Tomado de: "Production Management, Systems and Synthesis" M. K. Starr Prentice Hall - Inc. Second Edition, página 538. Por Cortesía de Educational Affairs Department. Ford Motor Co. Dearborn, Michigan
14. Condensado y adaptado de la revista "Expansión", 4 de octubre de 1972, página 76.
16. Condensado y adaptado de la revista Expansión, 28 de junio de 1972, página 51.

**Bibliografía de consulta
para el alumno**

1. "Administración y Dirección Técnica de la Producción". E. S. Buffa. Editorial Limusa, S. A. México 1972. Capítulos 3 y 9.
2. "Dirección de Operaciones, Problemas y Modelos". E. S. Buffa. Editorial Limusa, S. A. 1973. Capítulo 3.
3. "Dirección de Producción, Sistemas y Síntesis". M. K. Starr. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. México, 1968. Capítulo 1.
4. "Production Control". Moore y Jablonski. McGraw-Hill Book Co. 1969. Capítulo 2.

Relación del sistema de producción con los sistemas de recursos humanos, de mercadotecnia y de finanzas

Sumario:

1. *La organización.* — 2. *Producción ↔ recursos humanos.* — a) Cada puesto al hombre adecuado. — b) Interrelación de los sistemas. — c) 20 preguntas. — d) Conclusión. — 3. *Producción ↔ mercadotecnia.* — a) Conflictos entre los sistemas. — b) Interrelación de los sistemas. — c) Sistemas convergentes. Producción. Mercadotecnia. — d) Sistema de producción convergente y sistema de mercadotecnia divergente. — e) Sistema de producción divergente y sistema de mercadotecnia convergente. — f) Sistemas de producción y mercadotecnia divergentes. — g) Si yo fuera director... ¡haría 20 preguntas! — h) Conclusión. — 4. *Producción ↔ finanzas.* — a) Interrelación de los sistemas. — b) 20 preguntas de \$ 64,000.00. — c) ¿Quién decide? ¿producción o finanzas? — d) Conclusión. — 5. Subsistemas de: conversión, adaptación, mantenimiento y coordinación. — a) Subsistema de conversión. — b) Subsistema de adaptación. — c) Subsistema de mantenimiento. — d) Subsistema de coordinación. — *Anexo:* Areas de responsabilidad de la dirección.

1. LA ORGANIZACIÓN

Los instrumentos que posee una empresa son medios para conseguir fines. La organización que la función administrativa requiere, es un instrumento para realizar los objetivos de la empresa.

Es necesario que la empresa considere la importancia que representa la organización, de tal suerte, que organizar implica controlar las diferentes actividades de las áreas que forman una empresa. Cabe señalar que el éxito de cualquier sistema depende, no tanto de la técnica que éste adopte, sino de su organización.

La organización consiste esencialmente, en coordinar las actividades y comprobar que todo sucede de conformidad con el plan adoptado, con las instrucciones formuladas y con los planes establecidos. El control de la organización tiene por objeto poner de manifiesto debilidades y errores, para rectificarlos e impedir que se repitan. En esencia, la organización en una empresa lo abarca todo; cosas, personas y acciones.

Dicho de otro modo, cuanto más avanzada sea la organización de una empresa, más consistentes serán los beneficios de ésta.

Al referirnos a la función productiva como un sistema, esto nos sugiere que la dirección deberá disminuir su hincapié en una eficiencia limitadamente concebida de los sistemas que forman una empresa y habrá de aumentar su insistencia en la creación de políticas y relaciones departamentales destinadas a favorecer los intereses globales de la misma.

La relación del sistema de producción con los sistemas de recursos humanos, mercadotecnia y finanzas resulta algunas veces difícil de entender y aparecen desacuerdos respecto a la actuación de cada sistema.

En este estudio nos proponemos establecer las relaciones que de modo general existen entre el sistema de producción y los sistemas de recursos humanos, mercadotecnia y finanzas.

2. PRODUCCIÓN ↔ RECURSOS HUMANOS

a) Cada puesto al hombre adecuado. [1] Una de las causas más comunes, y sin embargo desconocidas, de la baja eficiencia del personal que utilizan las empresas, es la falta de adaptación entre las características de los puestos y las facultades de los empleados.

Es frecuente encontrar casos en que el empleado es calificado como de

bajo rendimiento sin considerar la posibilidad de que en otro puesto su eficiencia pueda aumentar notablemente. En otras palabras, cada persona por su temperamento peculiar, alcanza su máxima eficiencia cuando encuentra sus condiciones de trabajo óptimas, o sea: la empresa debe *"tener para cada puesto al hombre adecuado"*.

Esta idea nos lleva a un punto clave: la necesidad de conocer debidamente con quién se convive en la empresa, sean subordinados o superiores, con objeto de mejorar las relaciones humanas y acentuar el rendimiento personal. Al fin de cuentas, lo que se pretende es aumentar la productividad por medio del uso adecuado de los recursos humanos existentes.

b) Interrelación de los sistemas. El elemento humano, tan vital hoy, como en cualquier época de la historia, es lo que verdaderamente da vida a un sistema empresarial. Es, por decirlo así, el factor dominante descrito como parte de los insumos que se incorporan al sistema de producción, tal como lo indica la figura 4B-1.

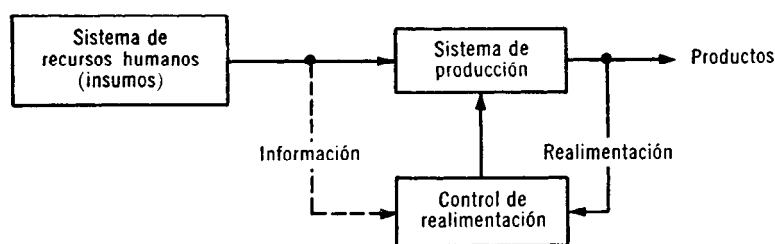


Figura 4B-1

Visto así, el sistema de producción recibe información de los insumos para constituir una eficiencia de organización entre ambos sistemas, eficiencia que debe estar basada en la efectiva planeación y control de los objetivos, las políticas, los procedimientos y los programas que forman parte de la administración de personal.

La planeación y el control de la administración de personal, debe llevarse a cabo en función de la subdivisión clásica: [2]

Objetivos: fundamentalmente, la obtención de la máxima eficiencia, el más alto grado de cooperación y el bienestar mayor posible del personal.

Políticas: reglas que reflejen el criterio de la empresa sobre problemas tales como adquisición del personal, salarios, incentivos, promociones o ascensos, medidas disciplinarias, despidos, planes de retiro, indemnizaciones, servicios sociales, relaciones sindicales, etc., etc.

Procedimientos: sistemas técnicos sobre selección del personal, adiestramiento, capacitación de supervisores, análisis y valuación de puestos, calificación de méritos, medidas de seguridad e higiene, etc., etc.

Programas: planes a corto y largo plazo, tomando en consideración los problemas más urgentes y de inmediata resolución, las posibilidades económicas de la empresa y la capacidad de expansión de las actividades del departamento especializado, incluyendo la organización y desarrollo de

éste. Es decir, ambos sistemas requieren de funcionarios, trabajadores y empleados.

Respecto al personal operativo de una empresa, trabajadores y empleados, se precisan los objetivos siguientes: [3]

- Respeto a la dignidad humana.
- Los más altos salarios que permitan la estabilidad económica de la empresa y su normal desarrollo.
- Posibilidades de mejoramiento individual por méritos personales.
- Estabilidad en el empleo, orientaciones oportunas para mejorar su eficiencia y procurar la máxima integración de este personal a la empresa.

En lo que respecta a sus funcionarios, rigen los siguientes objetivos: [4]

- Son aplicables, en lo que les concierne, los objetivos señalados en el punto anterior.
- La más alta competencia técnica y administrativa de acuerdo con las funciones básicas de los puestos que desempeñen.
- La justa correspondencia entre la remuneración que perciban y la competencia demostrada en su trabajo.
- La máxima coordinación en sus actividades para acrecentar continuamente el trabajo en equipo.
- La responsabilidad solidaria en la realización de los objetivos generales de la empresa.

c) 20 preguntas. Algunas preguntas que los sistemas de producción y recursos humanos deben tomar muy en cuenta para resolver sus problemas de interrelación son las siguientes: [5]

¿El adiestramiento, la experiencia, el sentido común y la personalidad hacen que el jefe actual de producción sea un jefe natural y no un jefe impuesto por las circunstancias?

¿Se conocen y se han definido los objetivos y las políticas de la función fuerza de trabajo?

¿Existe un responsable de la función?

¿De quién depende directamente en la organización el responsable de la función fuerza de trabajo?

¿Con cuántos empleados cuenta el departamento de personal?

¿Se han efectuado dentro de la empresa encuestas para determinar las necesidades de motivación del personal?

¿Qué resultados se han obtenido de esas encuestas?

¿Se ha considerado en la empresa que el factor más importante para la consecución de los objetivos son los hombres que en ella laboran?

¿Los salarios promedio de los trabajadores son mayores o menores en relación con los de los tres principales competidores?

¿Existe algún plan para evaluación de puestos que sirva como base para la determinación de los salarios y sueldos antes mencionados?



¿Se ha intentado algunas veces utilizar la técnica de valuación de méritos para decidir sobre los aumentos al personal?

¿Qué servicios médicos presta la empresa a su personal?

¿Los servicios sanitarios en la empresa se encuentran en buenas condiciones?

¿Tiene la empresa instalado un servicio de cafetería para su personal?

¿Ha considerado la empresa la posibilidad de efectuar reuniones sociales periódicas con sus empleados de confianza y con sus trabajadores?

¿Se considera que la dirección escucha periódicamente las quejas de los trabajadores?

¿Existe armonía adecuada de trabajo entre los diferentes niveles del personal técnico de la empresa?

¿Se consideró que las relaciones entre los supervisores y sus jefes inmediatos se desarrollan en buena armonía?

¿Durante los últimos meses ha surgido algún conflicto o ha aumentado notablemente la tensión entre el sindicato y la dirección?

¿Se tiene elaborado un programa de formación tal que permita conocer en qué temas y cuándo recibirán adiestramiento los diferentes empleados o trabajadores? Si existen respuestas comunes a todas las preguntas anteriores, la interrelación de los sistemas producción ↔ recursos humanos indudablemente logrará la consecución de sus objetivos.

d) Conclusión. “Los factores humanos son de primordial importancia, tanto para la administración como para el trabajador. La dirección competente; la adecuada selección de personas y la asignación adecuada del trabajo; la creación de condiciones de trabajo satisfactorias; el reconocimiento de las actitudes, necesidades y ambiciones humanas; el diestro manejo de los intereses comunes o en conflicto, todos son elementos de las relaciones humanas que promueven la eficiencia, el espíritu de cooperación y la lealtad requerida para el éxito en la dirección de una empresa”. [6]

3. PRODUCCIÓN ↔ MERCADOTECNIA

a) Conflictos entre los sistemas. Desde el punto de vista de la mercadotecnia, toda empresa moderna está orientada a satisfacer las necesidades del cliente, al mismo tiempo que persigue un beneficio.

Es importante que las respectivas direcciones de mercadotecnia y producción aprecien los afanes legítimos que las caracterizan. Del mismo modo que el sistema de mercadotecnia hace destacar el punto de vista del cliente, el sistema de producción tiene que insistir en la eficiencia de sus labores. Esto da por resultado, un gran número de conflictos, los cuales aparecen resumidos en la tabla 4B-1. [7]

La tabla 4B-1 puede introducirnos en un conflicto típico entre producción y mercadotecnia. Una empresa orientada hacia la producción intentaba vender un horno de gas de naturaleza sumamente compleja. Su departamento de producción, había desarrollado un sistema de control que regulaba la velocidad del motor del horno, de tal manera, que emitía el aire estrictamente necesario para equilibrar las calorías perdidas. Ade-

Tabla 4B-1

<i>Sistema de producción hace hincapié en:</i>	<i>Sistema de mercadotecnia hace hincapié en:</i>
↓	↓
Producción con gran anticipación	Producción con poca anticipación
Tandas grandes con pocos modelos	Tandas cortas con muchos modelos
Sin cambio de modelos	Cambios frecuentes de modelos
Pedidos estándar	Pedidos especiales
Control normal de calidad	Control estricto de calidad

más, el producto tenía muchas otras características técnicas únicas, que eran sin duda, obras maestras de ingeniería. El problema estaba en que el consumidor no deseaba algunas partes del horno que era relativamente caro, sujeto a considerables problemas de servicio y relativamente difícil de instalar. El producto fracasó, porque la dirección de la empresa lo había proyectado desde el punto de vista del sistema de producción y no del sistema de mercadotecnia.

La realidad de los negocios hace obligatorio que la responsabilidad de la planificación del producto descansen en el sistema de mercadotecnia y no en el sistema de producción.

Otro conflicto que puede surgir entre ambos sistemas, se presenta cuando del pronóstico en la demanda, o dicho de otro modo, del pronóstico de ventas, surgen muchos problemas en lo que respecta al control de producción. (En el tema 6 de este libro discutiremos los pronósticos). La falta de un pronóstico o el empleo de uno inadecuado o erróneo, impone un cambio continuo en el uso de las instalaciones del sistema de producción, pasando de un producto a otro, en un intento de atender las demandas inesperadas del consumidor. Por otra parte, un pronóstico cuidadoso del mercado proporcionará la información necesaria al sistema de producción, para establecer los niveles de existencias, el personal fabril, la planeación de la producción e inventarios que resulten económicos, así como programas adecuados de mantenimiento y conservación del sistema.

Por ejemplo, "la industria productora de pinturas es, hasta cierto punto, de temporada y durante los meses invernales de más calma se fabrican las existencias de reservas. El pronóstico es de importancia capital durante los períodos de fluctuaciones extremas del negocio. Las existencias excesivas durante el período de calma pueden tener como resultado pérdidas considerables para la empresa. Por otra parte, las existencias demasiado reducidas durante un período de actividades creciente en los negocios, pueden tener como resultado la pérdida de clientes. En esta empresa, la responsabilidad primordial de los pronósticos corresponde al departamento de mercadotecnia. Raras veces un gerente de producción está al corriente de todas las políticas de venta seguidas y de las condiciones existentes en las industrias atendidas por la empresa. Sin embargo, obrará acertadamente la gerencia de producción si analiza el pronóstico y pone en tela de juicio los puntos en los que él mismo dispone apreciablemente del historial pretérito de producción o de su extrapolación en el futuro". [8]

b) Interrelación de los sistemas. La interrelación entre los sistemas de producción y mercadotecnia, se deriva de su objetivo común; la propiedad de la empresa.

“Hoy en día, los medios económicos consisten sobre todo en el estimulante concepto de la producción de valor. A su vez, el valor de la división de producción está en proporción directa con su capacidad de cumplir este objetivo. La efectividad en cuanto a beneficios de una empresa, está en función del esfuerzo integrado de producción y comercialización. Como el mejor modo de llevar a la práctica los cometidos de producción y comercialización consiste en encomendarlos a ciertos individuos que utilizan distintas competencias y especialidades técnicas, en las grandes organizaciones de producción resultó conveniente institucionalizar estas dos funciones asignándolas a compartimientos organizativos separados. Esta separación produce inevitablemente tradiciones y procedimientos de planificación individuales. A consecuencia de todo ello, los conflictos que surgen entre ellas suelen ser normalmente cuestiones de eficiencia de división y no de efectividad conjunta. Precisamente por la importancia que revisten estos objetivos comunes y por la necesidad de unos planteamientos coordinados es por lo que surgen superestructuras de comités en las grandes organizaciones en las que existen a la vez una fuerte división de producción y una fuerte división de comercialización.

Los comités de staff representan un esfuerzo para superar esa falta de coordinación orgánica. Esta tendencia a ocuparse estrictamente de los objetivos de la división va en contra del concepto de sistemas. La optimización del funcionamiento de la empresa total suele exigir con frecuencia una suboptimización de sus divisiones integrantes, pero siempre resulta difícil conseguir que las divisiones acepten de buen grado esas restricciones sobre sus objetivos”. [9]

Podemos generalizar la interrelación de los sistemas de producción y mercadotecnia, enfocando la figura 4B-2.

c) Sistemas convergentes producción ↔ mercadotecnia. El sistema convergente producción ↔ mercadotecnia, se caracteriza por la forma en que todos los productos de la línea que elabora una empresa utilizan instalaciones, equipo y recursos que son comunes a los sistemas de producción y mercadotecnia. Dicho de otro modo, los materiales o materias primas que se compran, convergen hacia los medios del sistema de producción, y los productos elaborados convergen hacia recursos comunes del sistema de mercadotecnia. Esta disposición se ilustra en la figura 4B-3.

En la figura 4B-3, tres productos diferentes utilizan los mismos medios de producción. “Tal vez necesiten operaciones de acabado levemente distintas, empleando diverso equipo suplementario, pero en su mayor parte utilizan el mismo equipo, los mismos métodos de fabricación, las mismas pericias técnicas de producción, y la misma fuerza laboral para fabricar los tres productos. Por ser similares en las características de mercado, una sola organización de comercialización podría vender los tres productos.

Una empresa fabricante de equipo metálico para oficinas, que produce escritorios, sillas, mesas, equipos para archivos, libreros, estantería y pape-

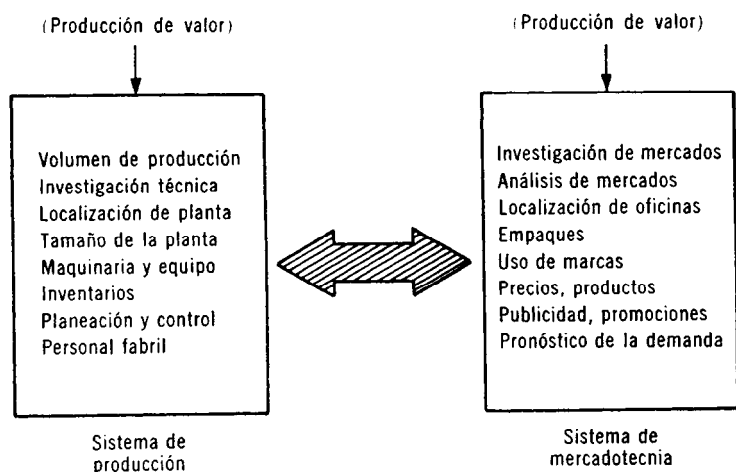


Figura 4B-2. Interrelación de los sistemas producción ↔ mercadotecnia

leras, es un buen ejemplo de la producción y mercadotecnia convergentes. En esta firma industrial existe una producción convergente, porque todos los productos están hechos de láminas de metal e implican iguales procesos de estampado, dibujo y acabado del metal.

De manera similar, una misma organización de mercadotecnia podría distribuir todos los productos, ya que están destinados a la venta en un mercado. Este es uno de los esquemas de diversidad preferidos, porque combina el menor riesgo con la mayor oportunidad de tener éxito a medida que se van agregando nuevos productos que conservan este esquema básico.” [10]

d) Sistema de producción convergente y sistema de mercadotecnia divergente. En estos sistemas, todos los productos utilizan medios e instalaciones comunes de producción, pero requieren diferentes recursos y organización de mercadotecnia. La figura 4B-4 ilustra éstos.

“En este caso, los productos añadidos a la línea se pueden fabricar con las instalaciones y recursos existentes, pero debido a que los factores del

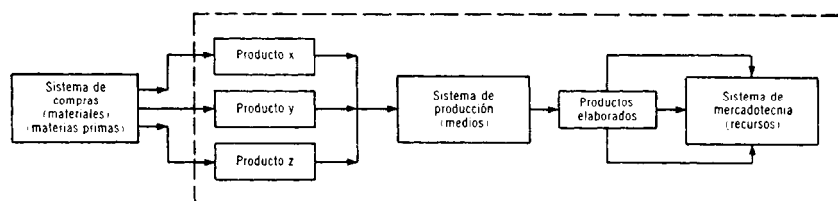


Figura 4B-3. Sistemas convergentes Producción ↔ mercadotecnia

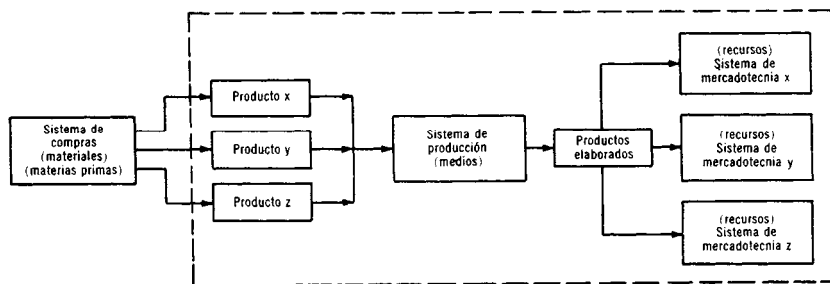


Figura 4B-4. Producción ↔ mercadotecnia
convergente ↔ divergente

mercado difieren, no es posible que una sola organización de mercadotecnia comercialice dichos productos.

Las líneas de productos de una firma papelería, en un momento dado incluyeron papeles para imprenta, aislantes industriales, aislantes para la construcción, papel tapiz, paños para limpieza, toallas faciales y toallas de cuello para peluquerías. Todos estos productos se fabrican en máquinas básicamente similares, si bien se necesitan diversas piezas especializadas de equipo secundario. Aunque, en tal caso vale caracterizar a la producción como especialmente convergente, mientras la comercialización es divergente. Bajo esas condiciones ningún recurso único de mercadotecnia, ningún medio individual de organización, puede abarcar por sí solo una gama tan amplia y variada de mercados. Las diferencias que en sus respectivas prácticas comerciales manifiestan impresores, contratistas, empresas distribuidoras de artículos para salones de belleza y peluquerías y especialistas en decoración de interiores, hacen poco probable que la comprensión de los problemas de los consumidores, indispensable para una eficaz comercialización, esté dentro de la capacidad y adaptabilidad de cualquier equipo de vendedores. De ahí la divergencia en la comercialización de dichos productos.” [11]

e) Sistema de producción divergente y sistema de mercadotecnia convergente. Estos sistemas utilizan la estructura de mercadotecnia básica de una empresa y especulan con su imagen ya establecida en el mercado, aun cuando algunos de sus medios de producción son independientes. La figura 4B-5 nos indica el funcionamiento de este tipo de sistemas.

“Las divisiones de artefactos de consumo de las grandes empresas fabricantes de aparatos domésticos, como la Philco y la General Electric, son excelentes ejemplos de este esquema. Dichas firmas producen una línea de productos completa —receptores de televisión, y aparatos para aire acondicionado, entre otros— que requieren diferentes equipos de producción. Todos estos productos se venden a un mercado común a través de una organización de mercadotecnia virtualmente común.” [12]

f) Sistemas de producción y mercadotecnia divergentes. Estos sistemas establecen medios y recursos separados, tanto para la producción

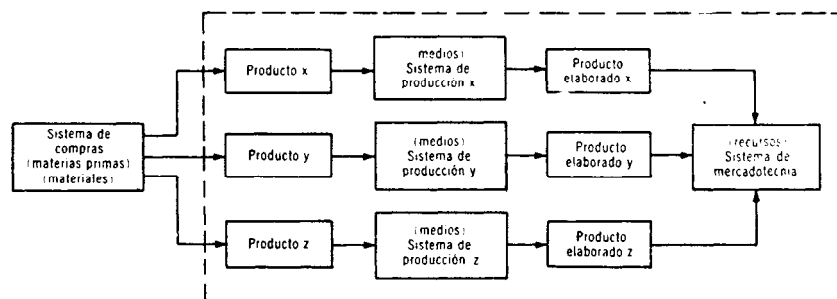


Figura 4B-5

Producción mercadotecnia
 divergente convergente

como para la mercadotecnia. La figura 4B-6 nos ilustra al respecto.

“Este modelo de diversidad es semejante a la acción de iniciar una serie de nuevas empresas. Los productos que se agregan son tan distintos, que no se pueden producir ni comercializar mediante las mismas instalaciones y equipos. A pesar de que este esquema presenta numerosas limitaciones en comparación con los otros, se está haciendo cada vez más común. Entre los ejemplos cabría citar la expansión de productos de la Textron American, empresa que originalmente se inició, como fábrica de tejidos de lana, y que luego empezó a producir sierras de cadena, motores fuera de borda y herramientas mecánicas; el ingreso de una compañía de navegación a la actividad publicitaria, y la entrada de una empackadora de productos alimenticios al mercado de los juguetes forman parte de estos sistemas.” [13]

g) Si yo fuera director . . . ¡haría 20 preguntas! Algunas preguntas que los sistemas de producción y mercadotecnia deben contestar para resolver sus problemas de interrelación, son las siguientes: [14]

¿Se diseñan los productos de acuerdo con una investigación previa del mercado?

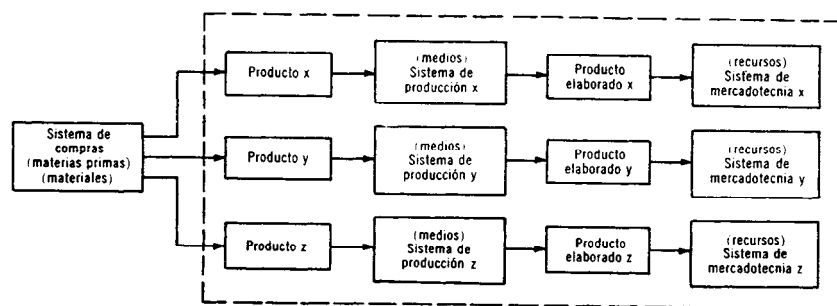


Figura 4B-6

Sistemas de producción y mercadotecnia divergentes.

¿Si los productos son diseño del cliente, se investigan los usos y necesidades para sugerir modificaciones en el diseño que lo hagan más vendible y más económico de producir?

¿Se analizan en forma metódica los productos de la competencia?

¿Se han hecho estudios técnicos sobre los materiales empleados?

¿Para hacer un diseño, se consulta a todos los interesados, ventas, producción, compras y dirección?

¿Existen planos detallados de cada producto y cada parte, con especificaciones, tolerancias, materiales, etc.?

¿Se tiene un programa para revisión de diseño y desarrollo de nuevos productos?

¿Se tienen estadísticas de venta y producción de cada uno de los productos de la compañía?

¿Existe la política de tener marcas registradas y patentes para los productos elaborados?

¿Se hacen modelos experimentales de los productos nuevos antes de hacer las herramientas o moldes necesarios?

¿Las herramientas se construyen después de un estudio a fondo del diseño y con la intervención del diseñador?

¿Se conoce la capacidad de producción de cada uno de los productos?

¿Al diseñar los productos, se procura estandarizar sus partes para hacerlos intercambiables?

¿Se ha estudiado si los procesos empleados son los mejores desde un punto de vista económico y tecnológico?

¿Se han definido los diversos procesos existentes tales como continuos, por orden de producción o por pedido?

¿Se tiene un registro u hoja de itinerario para cada una de las partes, donde se muestren las etapas sucesivas de fabricación, tiempos empleados, máquinas y datos utilizados?

¿Se realizan estudios de los métodos empleados para tratar de simplificarlos?

¿Se diseñan y patentan nuevos procesos?

¿Al lanzar un producto nuevo, se utilizan primero mercados de prueba?

¿Se investigan nuevos materiales y se dispone de fuentes de información adecuados?

Ahora bien, de sobra se sabe que la dirección general de una empresa tiene como subordinados a los gerentes de producción y mercadotecnia. Si usted estimado lector, fuera director general de una empresa... ¿haría solamente 20 preguntas, a sus respectivas gerencias de producción y mercadotecnia? ... ¡Claro que no! ... Usted haría muchas más para lograr el cumplimiento de los objetivos de su empresa.

h) Conclusión. “Realizamos negocios en una economía dinámica. Su característica diferenciadora en el valor... esto es, el valor para el individuo. Las fuerzas de las leyes económicas y del progreso tecnológico han confluído para proyectarnos más allá de las primitivas reglas de “gramática parda” de la producción en masa. El principal centro de interés del empresario se ha desplazado desde la revisión de costos al incremento del valor.

La clave de este importante desarrollo estriba en la palabra valor. El valor es para el gusto del consumidor lo que la belleza para la mirada del contemplador. La función del valor es el objetivo fundamental que todas las empresas, y por consiguiente, de toda producción. *Al sector de comercialización le incumbe la labor continuada de intentar constantemente definir el valor en todas sus manifestaciones y en todos los sectores del mercado.* Precisamente por esa función es por lo que la labor de comercialización actúa e incide en la eficiencia de la producción.” [15]

4. PRODUCCIÓN ↔ FINANZAS

a) **Interrelación de los sistemas.** Una interrelación muy general entre los sistemas producción ↔ finanzas aparece en la figura 4B-7.

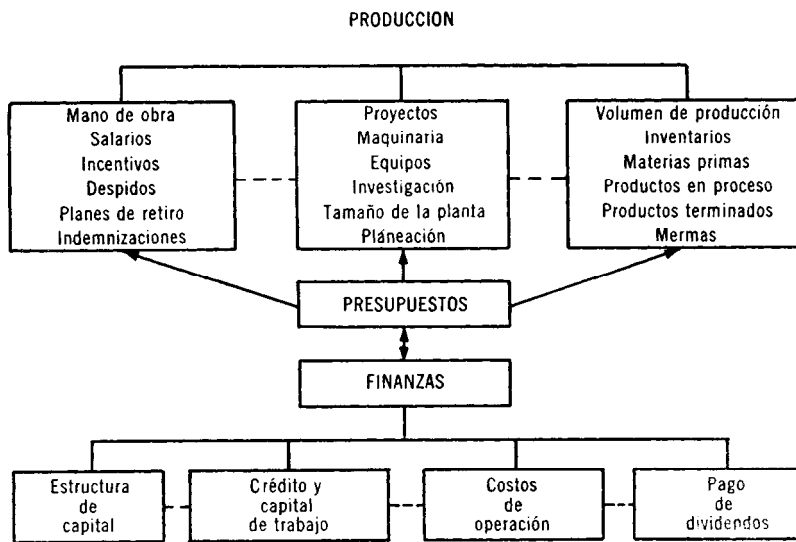


Figura 4B-7. Interrelación producción ↔ finanzas

Como puede apreciarse en la figura, los presupuestos del sistema financiero asignan fondos al sistema de producción para cubrir sus gastos. El presupuesto, en términos de producción, está basado en un pronóstico aceptado de desempeño y costo, cálculo que toma en cuenta los requisitos varios y los medios disponibles para el logro de los resultados predichos.

Sin embargo, un presupuesto completo para una empresa mediana o grande es complicado. Ninguna tabulación sencilla de una página podría incluir todos los detalles. Un presupuesto “maestro” para producción, visto esencialmente como un resumen general, indicaría las cuotas o gastos para las divisiones del sistema de producción.

Es sumamente importante que el sistema financiero, a través de su sistema de control, mantenga informado oportunamente al sistema de pro-

ducción del estado de los gastos, respecto a los presupuestos que cubre este sistema.

b) 20 preguntas de \$ 64,000. Algunas preguntas, que los sistemas de producción y finanzas deben contestar para resolver sus problemas de interrelación, son las siguientes: [16]

¿Tanto el presupuesto general como los presupuestos departamentales se encuentran orientados a lograr los objetivos de la empresa?

¿La adjudicación de metas presupuestales a los departamentos e individuos fueron discutidas y programadas con cada uno de ellos?

¿El plazo de crédito de los proveedores coincide con la duración del proceso productivo?

¿Después de hacer los ajustes necesarios para mantener los inventarios de materia prima y material dentro de una norma y límite, el plazo de crédito de los proveedores resulta suficiente o insuficiente?

¿El uso de maquinaria y equipo corresponden a la realidad económico-financiera que está viviendo la empresa?

¿La política de depreciación y amortización de las inversiones permanentes, está adaptada especialmente a las necesidades financieras de la empresa?

¿Se dispone de facilidades de crédito para el suministro de materias primas y materiales?

¿Se han podido sufragar sin problemas los desembolsos por pago de mano de obra directa?

¿Se ha podido financiar sin problema la producción en proceso?

¿Se dispone de fondos para financiar sin problemas los costos de actividad y los gastos de estructura de producción?

¿Los programas de producción coinciden con el presupuesto de necesidades financieras?

¿La fijación de normas o estándares para existencia de materias primas y de inventario en proceso, se hizo sobre bases científicas?

¿Qué problemas o beneficios financieros tendrá la empresa al aumentar o bajar sus inventarios con respecto a la norma?

¿Se ha hecho un estudio para determinar la rentabilidad de los productos?

¿En caso de planear un aumento de la producción se ha hecho un estudio minucioso de las necesidades financieras?

¿Hasta qué punto puede verse limitada la empresa en caso de no conseguir el crédito para financiar el aumento de producción?

¿Se ha elegido entre varias alternativas, la más rentable para financiar la expansión de las actividades de producción?

¿La empresa llena fácilmente los requisitos que exigen los bancos o financieras para la obtención de un crédito destinado a financiar actividades productoras?

¿Se conoce o investiga el costo de la obtención de fondos para las inversiones proyectadas?

¿Se tiene una política de inversión y reposición de equipo?

Las preguntas anteriores bien podrían formar parte del premio de los 64,000 pesos. ¿No cree usted?

Preguntamos otra vez a nuestro lector... ¿Si usted fuera director general de una empresa, haría solamente estas 20 preguntas?... Estamos seguros que usted respondería con un rotundo ¡no! y haría muchas otras más, para lograr una mejor interrelación entre los sistemas de producción y finanzas.

c) ¿Quién decide? ... ¿Producción o finanzas? La importancia de los problemas de interrelación entre los sistemas de producción y finanzas varía considerablemente de acuerdo con la naturaleza de la compañía.

“En cualquier gran sociedad o empresa, los directores de producción adoptan decisiones que están comprendidas dentro de los límites de su autoridad. Las decisiones relativas a su función que no ponen ellos mismos correrán a cargo del director operativo de nivel superior y no, en general, de alguien que tenga el título de vicepresidente financiero. Las decisiones financieras pueden basarse fundamentalmente en análisis de rentabilidad y viabilidad financiera llevadas a cabo por unidades de *staff* que dependen del contralor o del vicepresidente financiero. Pero la autoridad para tomar realmente la decisión final corresponderá normalmente al presidente o a un comité de miembros de la dirección superior de la empresa.

Dada esta interdependencia entre los responsables de adoptar las decisiones, la función del director de producción en la gestión financiera resulta muy clara. En primer lugar, el director de producción forma necesariamente parte del “equipo” de dirección financiera, independientemente de que se dé cuenta de ello o no. En segundo lugar, la función financiera más difícil del director de producción consiste en proporcionar unos datos que resultan muy importantes para poder llegar a formular unos planes financieros de buena calidad. Es relativamente fácil cambiar unos planes que hayan sido afectados por el veto presentado a un proyecto por razones financieras. También es relativamente fácil incorporar el efecto que sobre los planes de operaciones de ciclo cerrado tenga un cambio inspirado por motivos financieros en los parámetros de control. Pero es mucho más difícil que el director de producción prevea y descubra las oportunidades de inversión que puedan surgir en su sector en algún momento futuro.” [17]

d) Conclusión. “Es preciso insistir en la necesidad de buscar y crear oportunidad de inversión, aún más que en la necesidad de prever las oportunidades futuras. Si la función del director financiero consiste en poner el veto a los proyectos marginales que no puedan financiarse, la función del director de producción consiste en crear o en encontrar proyectos que sean más rentables. Teniendo en cuenta que los proyectos son vetados debido a una falta de fondos, la tarea del director financiero ha de consistir en persuadir a los prestamistas e inversionistas para que proporcionen a la firma más fondos a un precio razonablemente bajo. En términos del modelo de la función financiera que ilustramos anteriormente en la figura 4B-7, el objetivo del director financiero consiste en encontrar el modo de influir en las condiciones de las cuales se pueden obtener fondos exteriores a fin de reducir la variable de “costo de capital” que viene



determinada por la planificación de limitaciones de caja. Pero desde el punto de vista del director financiero, la labor del director de producción consiste en crear cada vez más proyectos que tengan muchas posibilidades de proporcionar beneficios, y con ello elevar aún más el costo de capital. Si al hacer esto el director de producción obliga al director financiero a revisar sus planes, a eliminar proyectos marginales adicionales y a ser más emprendedor y ágil en su busca de fondos adicionales, tanto peor para la tranquilidad con que pueda dormir por la noche el director financiero. Si la tarea del director financiero resulta fácil, esto indicará que el director de producción no está cumpliendo debidamente su misión.” [18]

5. SUBSISTEMAS DE: CONVERSION, ADAPTACION, MANE- NIMIENTO Y COORDINACION

Ya hemos visto que los sistemas tienen subsistemas, así como los conjuntos tienen subconjuntos. En el sistema total llamado empresa, existen otras clasificaciones para las áreas o subsistemas de: producción, mercadotecnia, finanzas y recursos humanos.

a) *Subsistema de conversión.* Se encarga de las funciones operativas de manufactura de cualquier organización. Traduce en forma continua o intermitente, sus insumos en productos finales para el medio ambiente. En las organizaciones industriales se involucran los insumos (entradas) de materias primas, materiales y demás recursos, a las fases de planeamiento (orientación y programación), recepción, manufactura y despacho.

El subsistema de producción (conversión) está enfocado principalmente hacia la racionalidad técnico—económica, o dicho de otra manera, hacia la relación de eficiencia o productividad física.

El subsistema de conversión (producción) se encarga de producir bienes (autos, alimentos, ropa, calzado, acero, etc.) y servicios (bancarios, médicos, educativos, de diversión, etc.)

b) *Subsistema de adaptación.* Este subsistema contempla las relaciones del sistema total con su medio ambiente, el cual es dinámico y cambia continuamente, por lo que se hace necesario un subsistema que encuentre respuestas adecuadas a estos cambios. La actuación del subsistema de adaptación imprime un mayor grado de flexibilidad y coordinación a los demás subsistemas de la organización, permitiéndoles hacer frente de manera oportuna a las tensiones y conflictos que se generan dentro y fuera del sistema. En este subsistema se incluyen las funciones de: Mercadotecnia, ventas, relaciones públicas y planeación y desarrollo.

c) *Subsistema de mantenimiento.* Este subsistema tiene a su cargo los abastecimientos adecuados de recursos en la cantidad conveniente, en el lugar apropiado y en el momento requerido, para que funcionen en forma eficiente no sólo el subsistema de conversión, sino también los otros subsistemas.

No se debe confundir el término *mantenimiento* con los diferentes tipos de mantenimiento operativo: de conservación, preventivo, de reparación y correctivo.

En este subsistema se incluyen las funciones de recursos humanos, de finanzas, de materiales (compra o adquisiciones), informática y estadística, contabilidad, crédito y cobranzas y el departamento legal o jurídico.

d) *Subsistema de coordinación*. Este subsistema tiene encomendada la integración de todos los demás subsistemas, hacia la consecución del objetivo común de la organización o sistema. Se contemplan estrategias y tácticas a largo plazo y corto plazo, en las fases de planeación, organización, integración, orientación y control.

La orientación directiva (o Dirección), a nivel de Gerencia General, Dirección General, Presidencia o consejo directivo, es quien, en coordinación con las Gerencias de área (Producción, Mercadotecnia, etc. . .) se encarga de coordinar o “dirigir la nave” llamada empresa, hacia la consecución de objetivos comunes. El siguiente anexo detalla las áreas de responsabilidad del subsistema de coordinación.

ANEXO: Áreas de responsabilidad de la dirección [19]

<i>Factor</i>	<i>Función</i>
1. Medio ambiente	Mantener oportunamente informada a la empresa sobre los cambios que ocurren en las condiciones externas para su debida orientación e información, a su vez, al exterior acerca de sus actividades.
2. Política y dirección	Fijar a la empresa objetivos razonables y proveerla de los medios necesarios para alcanzarlos de manera económica.
3. Productos y procesos	Seleccionar, para su producción, los artículos que al mismo tiempo que presten servicios a los consumidores, rindan beneficios a la empresa. Determinar los procesos adecuados de producción.
4. Financiamiento	Proveer los recursos monetarios para efectuar las inversiones necesarias, así como para desarrollar las operaciones propias de la empresa.
5. Medios de producción	Dotar a la empresa de terrenos, edificios, maquinaria y equipo que le permitan efectuar sus operaciones eficientemente.
6. Fuerza de trabajo	Seleccionar, adiestrar y organizar un personal idóneo, tratando de alcanzar la óptima productividad en el desempeño de sus labores.
7. Suministros (compras)	Suministrar a la empresa una corriente continua de materiales y servicios de calidad y precios convenientes.
8. Actividad productora	Organizar y efectuar las operaciones de producción de una manera eficiente y económica.
9. Mercado	Adoptar las medidas que garanticen el flujo continuo de los productos al mercado y proporcionen el óptimo beneficio tanto a la empresa como a los consumidores.

10. Contabilidad y estadística Establecer y tener en funcionamiento una organización para la recopilación de datos, particularmente financieros y de costos, con el fin de mantener informada a la empresa de los aspectos económicos de sus operaciones.

Referencias bibliográficas

1. Adaptado de la Revista *Industri-Noticias* Julio de 1972, número 73, página 22.
2. *Problemas de la Administración de Empresas*, I. Guzmán Valdivia. Editorial Limusa, S. A. México, 1969, capítulo II, página 29.
3. *Problemas de la Administración de Empresas*, I. Guzmán Valdivia. Editorial Limusa, S. A. México, 1969, capítulo II, página 30.
4. Preguntas tomadas de: "*Diagnóstico de Productividad de las Empresas*" Centro Nacional de Productividad, apuntes para el curso, páginas 175, 176, 177 y 179.
5. "*Organización para la Producción*" E. S. Roscoe. Compañía Editorial Continental, S. A. México, 1972, capítulo 24, página 533.
6. Adaptado de: "*Dirección de Mercadotecnia*", Philip Kotler. Editorial Diana, México 1972, capítulo 6, página 171.
7. "*Control de la Producción*", John E. Biegel. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. Editores. México 1972, capítulo 12, páginas 185 y 186.
8. "*Dirección de Producción, Sistemas y Síntesis*" M. K. Starr. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. Editores México 1968, apéndice II, páginas 587 y 588.
9. "*Enfoque Administrativo de la Mercadotecnia*" Thomas A. Staudt/Donald A. Taylor. Herrero Hermanos, Sucs. S. A. México 1969, capítulo 9, página 194, 196, 197, 200, 201 y 203.
10. Preguntas tomadas de: "*Diagnóstico de Productividad de las Empresas*". Centro Nacional de Productividad, apuntes para el curso, páginas 164 y 165.
11. "*Dirección de la Producción, Sistemas y Síntesis*". M. K. Starr. Herrero Hermanos Sucs., S. A. Editores. México 1968, apéndice II, páginas 615 y 589.
12. Preguntas tomadas de: "*Diagnóstico de la Productividad de las Empresas*". Centro Nacional de Productividad, apuntes para el curso, páginas 162, 170, 171, 172, 173, 183 y 185.
13. "*Dirección de la Producción, Sistemas y Síntesis*". M. K. Starr, Herrero Hermanos, Sucs., S. A. Editores. México 1968, apéndice I, páginas 580, 581 y 583.
14. "*Planeación y Control de la Producción*". Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso, 1968, página 4.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. "*Problemas de la Administración de Empresas*". I. Guzmán Valdivia. Editorial Limusa, S. A. México 1969.
2. "*Organización para la Producción*". E. S. Roscoe. Compañía Editorial Continental, S. A. México 1972.
3. "*Dirección de Mercadotecnia*". Phillip Kotler
4. "*Dirección de Producción, Sistemas y Síntesis*". M. K. Starr. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. México 1969.
5. "*Enfoque Administrativo de la Mercadotecnia*". Thomas A. Staudt/Donald A. Taylor. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. México 1969.
6. "*Dirección de la Producción*". K. E. Ettinger. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. México 1966.
7. "*Distribución y Ventas*". K. E. Ettinger. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. México 1967.
8. "*Dirección Financiera*". K. E. Ettinger. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. México 1970.
9. "*Cost Accounting: Principles and Managerial Applications*". Gerald R. Crowninshield. Houghton Mifflin Company. Boston 1962.

TEMA 5

Clasificación de los costos y análisis del punto de equilibrio

Sumario:

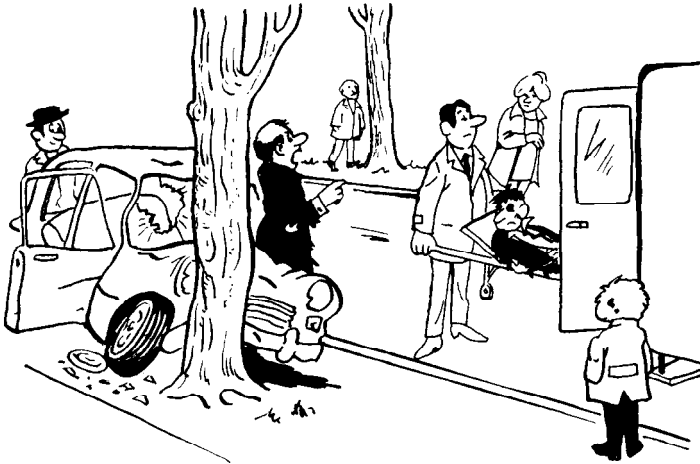
1. *Tipos de costos.* — a) Costo de oportunidad. — b) Costo fijo. — c) Costo variable. — d) Costo marginal o incremental. — 2. *El corto plazo y el largo plazo.* — a) Curvas de costos en el corto plazo. — b) La curva de costo medio en el largo plazo. — c) Economías y deseconomías de escala. — d) Rendimientos constantes, rendimientos crecientes y rendimientos decrecientes. — 3. *Análisis del punto de equilibrio.* — a) Generalidades. — b) Método alternativo la gráfica volumen-utilidad. — c) La gráfica no lineal del punto de equilibrio. — d) Sumario del análisis.

1. TIPOS DE COSTOS

Las condiciones físicas, el precio de los recursos (humanos y materiales), así como la eficiencia económica de la producción, determinan el costo de producción de la empresa.

El costo de producción de la empresa debe ser analizado por la gerencia, de modo que, este “costo” involucre, de manera general, a los costos de oportunidad, a los costos fijos, variables y marginales o incrementales.

Todo administrador sabe que el análisis y control de los costos es una función básica cuyo objetivo es mantener a la empresa en una posición económica satisfactoria.



¡Ah!... Y no te olvides que los costos de producción son muy importantes.

a) Costo de oportunidad. Algunas veces, sin pensarlo, hacemos una cosa en lugar de otra. Abordamos un “taxi” teniendo cerca el Metro, de tal suerte que no consideramos caminar unas calles y ahorrar unos pesos. Otras veces por el contrario, dejamos el auto en casa y abordamos el Metro, ahorrando con esto gastos de gasolina, de llantas, y tal vez, de bienestar emocional. Claro está, que hay partes en la ciudad de México a las que solamente puede uno llegar en automóvil. A otras partes podemos llegar

fácilmente en Metro, caminando algunas calles y siguiendo el lema de "Camine, no contamine".

Para los empresarios, economistas y gerentes de empresa; algunos de los costos más importantes que se derivan de hacer una cosa en lugar de otra, son las oportunidades que se han perdido al dedicarse a una actividad y prescindir de otras. A esta alternativa o sacrificio de no hacer una cosa para hacer otra se le llama costo de oportunidad. Por ejemplo, una industria tiene opción de fabricar dos líneas de productos diferentes, pero ambas líneas de manufactura no pueden fabricarse con la misma disponibilidad. Se estima que el producto X puede contribuir con \$ 40,000.00 al año de ganancias y el producto Y contribuirá con \$ 45,000.00 al año de ganancias. Es obvio que el producto Y debe seleccionarse, y el costo de oportunidad en escoger el producto Y es el sacrificio de los \$ 40,000.00 que podrían ganarse con el producto X. Es decir:

Aumento estimado de ganancias del producto Y	\$ 45,000.00
Menos: Costo de oportunidad	\$ 40,000.00
	<hr/>
	5,000.00

b) Costo fijo. El costo fijo se define ordinariamente como el grupo de gastos que la empresa tiene que desembolsar aunque no produzca ninguna cantidad de bienes. Por ejemplo: alquiler, salarios de los vigilantes, etc.

c) Costo variable. Cuando ponemos en movimiento una caldera esperamos que el consumo de combustible sea proporcional al vapor de trabajo generado por ésta. Como pintores, podemos esperar que la cantidad de pintura usada sea proporcional al área en que usamos la pintura. Con este criterio, podemos definir como costo variable al grupo de costos que varían en relación al nivel de actividades operacionales.

Por ejemplo, el costo de material directo es usualmente un costo variable. Con él, cada unidad fabricada, requiere una cierta cantidad de material, por tanto el costo de los materiales cambiará en proporción directa al número de unidades manufacturadas.

Para definirlo más claramente; costo variable es el costo de operación que varía con el volumen de producción. Son ejemplos de este costo: la mano de obra directa, las materias primas directas y la fuerza eléctrica.¹

d) Costo marginal o incremental. Podemos definir el costo marginal como la adición al costo total que se atribuye a una unidad más de fabricación. Los términos costo marginal o costo incremental se refieren esencialmente al mismo concepto. La palabra incremento quiere decir aumento y un incremento en el costo quiere decir un aumento del costo.

"La figura 5-1 nos ilustra la naturaleza de los costos fijos y variables como una función de producción en unidades.

¹ Algunos autores no solamente señalan los costos fijos y variables, incluyen también el término de "costos semivariables" para hacer notar que los costos fijos en algunos casos varían con el volumen y los costos que se consideran usualmente como variables, pueden comportarse como costos fijos.

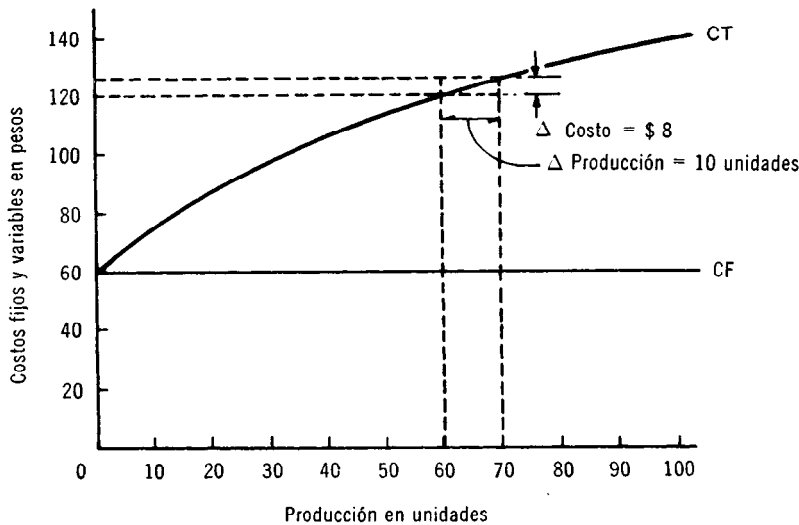


Figura 5-1.

Como puede apreciarse en la figura el costo incremental o marginal entre niveles de producción de 60 ó 70 unidades por año será de \$ 8.00. Entonces el incremento medio del costo al producir 10 unidades puede calcularse con la relación.” [2]

$$\frac{\Delta \text{ en costo}}{\Delta \text{ en producción}} = \frac{8.00 \text{ pesos}}{10 \text{ unidades}} = \$ 0.80 \text{ por unidad}$$

En la que Δ = Incremento.

2. EL CORTO PLAZO Y EL LARGO PLAZO

a) Curvas de costos en el “corto plazo”. Se define el “corto plazo”, como un período de duración suficientemente largo para permitir a una empresa hacer cambios en sus niveles de producción, a partir de su capacidad instalada; pero no lo suficientemente largo para permitir a la empresa hacer cambios en esta misma capacidad. Es decir, una empresa puede producir 1,000, 3,000 ó 5,000 unidades. Si suponemos, que lo máximo que puede producir la empresa son 7,000 unidades esto nos indica que para incrementar su producción en cifras superiores a ésta, la empresa tendría que aumentar su capacidad en las instalaciones.

Para hacer esto más objetivo, supongamos que tres máquinas producen a un nivel máximo de capacidad, 7,000 unidades. Si esta empresa quisiera aumentar su producción tendría que agregar una o varias máquinas a su planta productora.

El efecto de esta definición nos permite decir que algunos costos están sujetos a un cambio; pero el tamaño de la planta permanece igual.

Ahora bien, no será difícil entender que si el costo fijo al producir una unidad de producto vale \$ 2 y el costo variable para producir esta misma unidad vale \$ 1, nuestro costo total de producción por unidad será de \$ 3, de tal suerte que podemos plantear la ecuación (5-1):

$$CT = CF + CV \quad (5-1)$$

en la que:

CT = Costo total

CF = Costo fijo

CV = Costo variable

Las curvas convencionales de costos en el corto plazo, se pueden obtener en base a esta ecuación (5-1) del modo siguiente:

Sea q la producción por día, por semana u otro período apropiado de tiempo. Si sabemos que;

CVT = Costo variable total

CFT = Costo fijo total

CT = Costo total

entonces;

$$\text{Costo variable medio} = CVM = \frac{CVT}{q} \quad (5-2)$$

$$\text{Costo fijo medio} = CFM = \frac{CFT}{q} \quad (5-3)$$

$$\text{Costo total medio} = CTM = \frac{CT}{q} \quad (5-4)$$

por lo que estas tres igualdades nos plantean la ecuación;

$$CTM = CFM + CVM \quad (5-5)$$

o lo que es lo mismo

$$\frac{CT}{q} = \frac{CFT}{q} + \frac{CVT}{q} \quad (5-6)$$

En la figura 5-2 se observa la curva CMg que corresponde al costo marginal definido anteriormente como la adición al costo total atribuible a la

producción de una unidad más. Podemos calcular este costo utilizando la ecuación:

$$CMg = \frac{\Delta CVT}{\Delta q} = \frac{CVT_2 - CVT_1}{q_2 - q_1} \quad (5-7)$$

Esto se logra por medio de restas sucesivas de las cifras que aparecen en la columna (3) del costo variable total (tabla 5-1).

Por ejemplo, cuando a nuestra producción de 4 unidades adicionamos otra unidad más, entonces;

$$CMg = \frac{\Delta CVT}{\Delta q} = \frac{\$ 30 - \$ 26}{5 \text{ unidades} - 4 \text{ unidades}} = \$ 4$$

En la tabla 5-1 se indican los cálculos correspondientes a estas curvas. [3]

Tabla 5-1. Cálculo del costo medio y del costo marginal

<i>Cantidad de producto q</i>	<i>Costo fijo total CFT</i>	<i>Costo variable total CVT</i>	<i>Costo total CT</i>	<i>Costo fijo medio CFM</i>	<i>Costo variable medio CVM</i>	<i>Costo total medio CTM</i>	<i>Costo marginal CMg</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	\$ 100	\$ 10.00	\$ 110.00	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 110.00	\$
2	100	16.00	116.00	50.00	8.00	58.00	6.00
3	100	21.00	121.00	33.33	7.00	40.33	5.00
4	100	26.00	126.00	25.00	6.50	31.50	5.00
5	100	30.00	130.00	20.00	6.00	26.00	4.00
6	100	36.00	136.00	16.67	6.00	22.67	6.00
7	100	45.50	145.50	14.29	6.50	20.78	9.50
8	100	56.00	156.00	12.50	7.00	19.50	10.50
9	100	72.00	172.00	11.11	8.00	19.10	16.00
10	100	90.00	190.00	10.00	9.00	19.00	18.00
11	100	109.00	209.00	9.09	9.90	19.00	19.00

Las cuatro curvas convencionales pueden apreciarse en la figura 5.2. [4]

Las relaciones de estas curvas son descritas a continuación.

“Relaciones: CFM desciende continuamente, aproximándose asintóticamente a ambos ejes, como lo muestran los puntos 1 y 2 en la gráfica. CFM es una hipérbola rectangular. CVM baja al principio, alcanza su nivel mínimo en el punto 4 y luego sube sin cesar. Cuando CVM está en su punto mínimo, es igual al CMg. A medida que CFM se aproxima asintóticamente al eje horizontal, CVM desciende al principio, alcanza su nivel mínimo en el punto 3, y luego asciende sin cesar. Cuando CTM está en su punto mínimo, es igual al CMg. CMg baja al principio, alcanza su nivel mínimo en el punto 6, y luego sube sin cesar. CMg es igual a CVM y a CTM cuando estas curvas alcanzan sus valores mínimos. Además, CMg está por debajo de CVM y de CTM cuando estas curvas descienden, y por encima de ellas cuando las mismas suben.” [5]



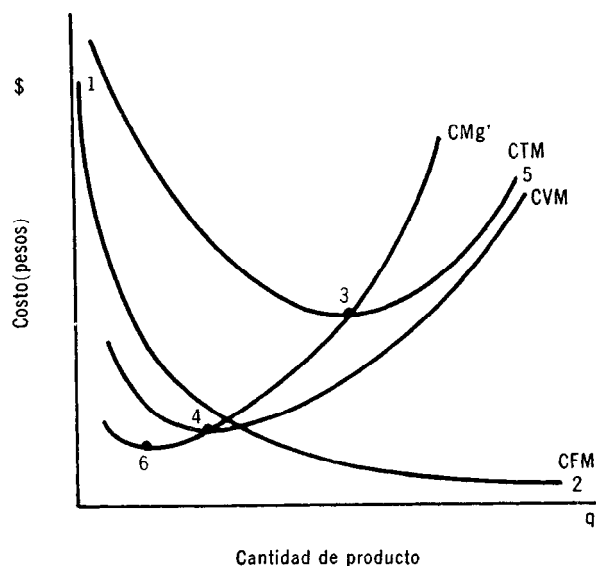


Figura 5-2. Conjunto típico de curvas de costo

b) La curva de costo medio en el largo plazo. Los costos de largo plazo son aquellos que se incurren a través de un periodo de suficiente duración como para hacer variar el rendimiento, alterando, por decirlo así, todos los costos. Es decir, todos los costos que encierra esta actividad son variables y ninguno de los factores es fijo.

Visto de otra manera; la función de producción de la empresa no tiene insumos fijos y, en consecuencia, no tiene costos fijos.

Supongamos que una cierta empresa opera con tres plantas, las cuales tienen un tamaño diferente. O sea, que el capital fijo que comprende el total de las plantas puede dividirse en tres tamaños. La planta más pequeña (Planta 1), incurre en una curva de costo medio a corto plazo que llamamos CPC_1 , la planta de tamaño mediano (Planta 2) tiene un costo medio a corto plazo CPC_2 y la más grande (Planta 3) tiene un costo medio a corto plazo igual a CPC_3 , dados en la figura 5-3.

Claramente, la empresa construirá y operará la planta 1 o una más pequeña si espera producir con un volumen igual a OA o menor. Si por el contrario, el volumen de producción se opera con plantas mediana o grande, entonces abarcará el rango OB u OC. Podemos notar que si la empresa está produciendo en un rango mayor que OA deberá escoger la planta 2 porque sus costos de producción son menores.

Para explicarlo más claramente. Un empresario puede seleccionar la planta más pequeña porque requiere una inversión menor, o bien, la planta más grande con el fin de hacer frente a una expansión en la demanda de sus productos.

Imaginemos ahora que la firma puede construir muchas plantas, cada

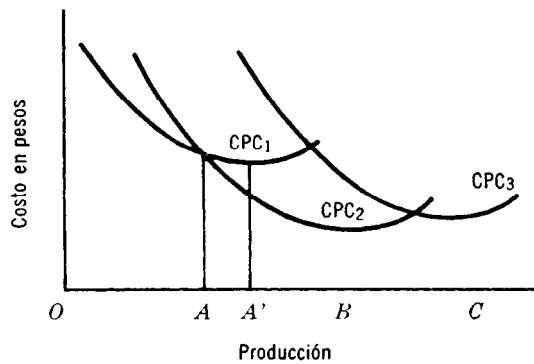


Figura 5-3

una un poco más grande que la otra. Las diversas curvas que aparecen en la figura 5-4 son las curvas de costo medio a corto plazo para las sucesivas plantas.

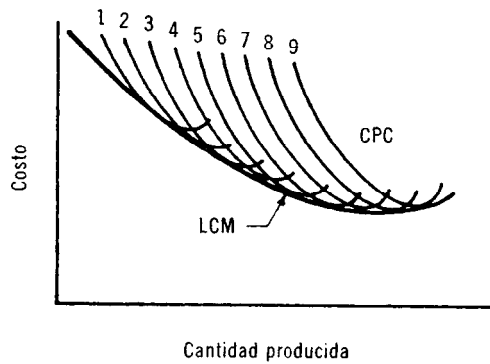


Figura 5-4. La "envolvente" de planeación

La curva que se relaciona con las anteriormente citadas recibe el nombre de "envolvente" de planeación o curva de costo medio de largo plazo LCM y está construida en forma tangencial a una secuencia de curvas de costos medios totales a corto plazo.

Una empresa debe seleccionar normalmente entre una amplia variedad de plantas. Todas las curvas de costos medios totales a corto plazo generan la curva LCM. Esta curva de planeación a largo plazo nos indicará el costo medio mínimo de cualquier nivel de producción posible.

"En consecuencia, el análisis de costo de largo alcance (largo plazo) revela la variación del costo con el rendimiento, permitiendo que la totalidad de los factores de la producción varíen libremente en cantidad y configuración, de ahí que surgiera lo óptimo en ubicación de la planta, capacidad, tecnología y normas de operación. Este tipo de análisis identifica la fun-

ción de producción y la estructura de costo más económicas para cada escala de operaciones.” [6]

El corto y largo plazo, no son períodos definidos de un calendario de tiempo. Estrictamente hablando, ellos son conjuntos de condiciones y no del todo períodos de tiempo. Es decir, toda productividad, así como toda actividad económica, se llevan a cabo realmente en el corto plazo. El largo plazo se refiere al hecho de que los agentes o factores económicos, consumidores y empresarios, pueden planear hacia lo futuro y seleccionar muchos aspectos del corto plazo que operarán en el mismo, o sea; un factor o agente económico opera o produce en el corto plazo y planea en el largo plazo.

c) Economías y deseconomías de escala. La forma de U de la curva de largo plazo LCM tal como lo indica la figura 5-5 se debe a la presencia de las llamadas economías y deseconomías de escala.

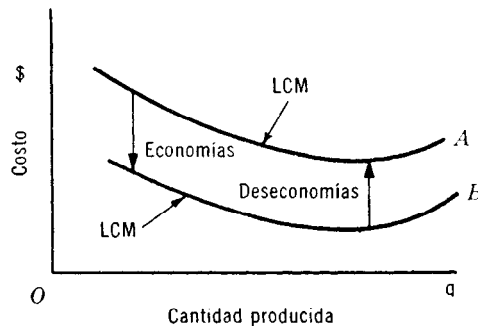


Figura 5-5. Economías y deseconomías de escala. [7]

Estas economías y deseconomías de escala, son cambios en la posición de las curvas de largo plazo de las empresas, cuando estos cambios se originan por el crecimiento de la industria.

En la figura 5-5 aparecen dos curvas de largo plazo de una empresa en distinta posición. La existencia de economías de escala, hace que la curva de largo plazo LCM baje de la posición A a la posición B. Cuando hay deseconomías de escala, éstas hacen que la curva se eleve de la posición B a la posición A.

“Es característico que los costos promedio de largo alcance (largo plazo) se reduzcan conforme se agranda la escala de operaciones debido a las economías incrementadas de tamaño (economías de escala); por supuesto, es característico de estos costos que, al final de cuentas, aumenten como consecuencia de la disminución de las economías (deseconomías de escala) por la extensión excesiva de la distribución y el control administrativo.” [8]

“Si partimos de la planta más pequeña en tamaño, a medida que ésta aumenta, se producen usualmente ciertas economías de escala. Se puede reducir el costo unitario de producción aumentando el tamaño de la planta. La eficiencia aumenta por la concentración del esfuerzo. Si una planta

es muy pequeña, y ocupa sólo a un pequeño número de obreros cada uno de éstos tendrá que desempeñar normalmente varias tareas en el proceso de producción. Para ello tendrán que deambular por la planta, cambiar de herramientas, etc. Así que no sólo dejarán de especializarse en gran forma, sino que perderán tiempo al pasar de una ocupación a otra. Es por ello que se pueden hacer importantes ahorros aumentando la escala de la operación. Una planta más grande con una fuerza de trabajo más numerosa puede permitir que cada trabajador se especialice en una ocupación, aumentando su eficiencia y evitando cambios de lugar y de equipo que consumen tiempo. Naturalmente habrá disminuciones correspondientes en el costo unitario de la producción.” [9]

Cabe señalar que la especialización, división del trabajo y los factores tecnológicos permiten a la empresa reducir el costo unitario al aumentar el nivel de producción. “La gerencia de cualquier empresa implica controlar y coordinar una amplia variedad de actividades: producción, transporte, finanzas, ventas, etc. A medida que la escala de la planta pasa de cierto punto, la gerencia del más alto nivel se ve obligada a delegar parte de su autoridad y responsabilidad en empleados de menor jerarquía. Tiende a perderse el contacto con las operaciones diarias de rutina, y la eficiencia de la empresa tiende a disminuir. Aumenta el papeleo y la administración se hace en general menos eficiente. Esto aumenta el costo de la función administrativa y, por supuesto, el costo unitario de la producción.” [10] Es atribuible a la presencia de las deseconomías de escala.

Ahora bien, las curvas de costo medio de corto y largo plazo se parecen porque tienen forma de U. Sin embargo, el hecho de su parecido es diferente en ambos casos. La curva CPC de corto plazo, tiene forma de U debido a que la disminución del costo fijo medio es finalmente superada por el aumento del costo medio variable, que, a su vez, ocurre debido a que el producto medio¹¹ alcanza un nivel máximo y luego desciende. Esto no tiene nada que ver con la curvatura de LCM de largo plazo, en la que, ciertas economías o deseconomías de escala determinan su forma.

d) Rendimientos constantes, rendimientos crecientes y rendimientos decrecientes. “Existen tres tipos generales de relaciones que se pueden observar en la producción de una mercancía cuando un insumo varía y las cantidades de los otros insumos permanecen fijas. Primero, es posible que la cantidad de producto se incremente en una misma cantidad por cada unidad adicional de insumo. Éste es el caso que se muestra en la figura 5-6. En esta situación se dice que hay rendimientos constantes del insumo variable en la producción de un bien determinado. [12]

“Podemos ver que la función de producción de la figura 5-6 es una línea recta; es decir, tiene la misma pendiente en todo su trazo. La pendiente es un concepto muy sencillo y de gran utilidad en el análisis económico. Se define como la ordenada Y dividida entre la abscisa X. La pendiente es Y/X . Cuando se trabaja con pendientes se utiliza a menudo la letra griega Δ (delta) que significa incremento. Por ejemplo, al pasar

¹¹ Producto medio de un insumo, es el producto total dividido entre la cantidad de insumos que se emplean en la producción.

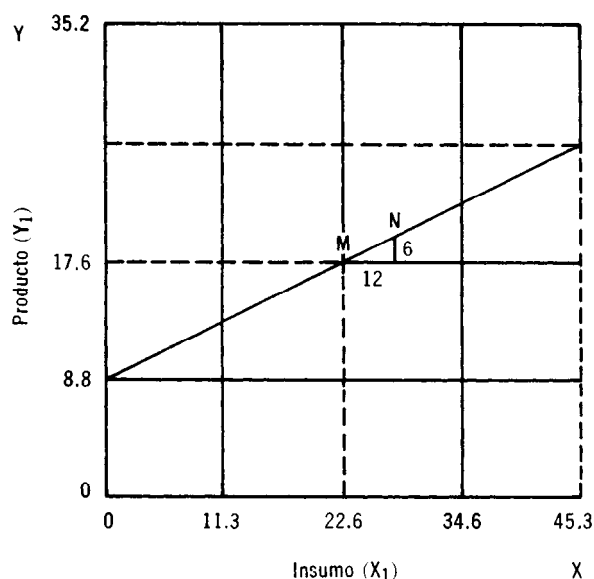


Figura 5-6. Rendimientos Constantes [13]

de M a N en la figura 5-6 el incremento de Y_1 , ΔY_1 , es 6 y el incremento de X_1 , ΔX_1 , es 12. En consecuencia, la pendiente de la función de producción entre M y N es $6/12$ o sea $1/2$. Puesto que la función de producción es una línea recta, la pendiente en cualquier punto de la curva es $1/2$, e indica que Y_1 se incrementa en una unidad por cada dos unidades de incremento de X_1 , ΔX_1 .

Otro tipo de relación que podemos observar es aquél en que una unidad adicional de insumo provoca un incremento mayor en el producto que la unidad anterior. Cuando esto sucede se dice que el insumo tiene rendimientos crecientes. Utilizando el concepto de pendiente, la curva de la figura 5-7 ilustra un caso de rendimientos crecientes. [14]

A medida que se añaden insumos, ΔY_1 aumenta a partir de cualquier ΔX_1 . En consecuencia, la pendiente de la curva se vuelve más pronunciada a medida que se añaden insumos." [16]

"Los rendimientos crecientes, a veces también llamados economías de la producción en gran escala, están frecuentemente relacionados con los siguientes hechos: en primer lugar, el uso de fuentes de energía no humanas ni animales (agua y viento, vapor, electricidad, turbinas y motores de combustión interna, energía atómica); en segundo término, los mecanismos de autorregulación (ternos, guías, servomotores); en tercer lugar, el empleo de piezas tipificadas intercambiables; en cuarto, la división de procedimientos complicados en simples operaciones repetidas; y, por último la especialización de las funciones y la división del trabajo, junto con muchos otros factores técnicos. La producción de automóviles en cadena o la expansión histórica de los modernos procedimientos textiles, son casos típicos de estas economías." [17]

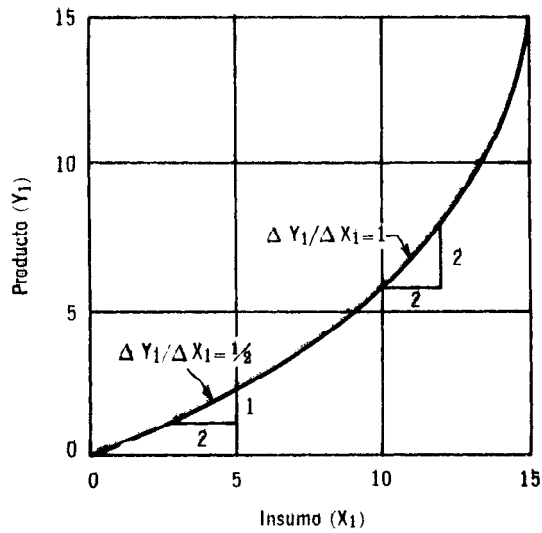


Figura 5-7. Rendimientos crecientes [15]

“El tercer tipo de relación que se observa en la producción es aquél en el cual cada unidad adicional de insumo tiene un rendimiento menor. Este caso se ilustra en la figura 5-8.

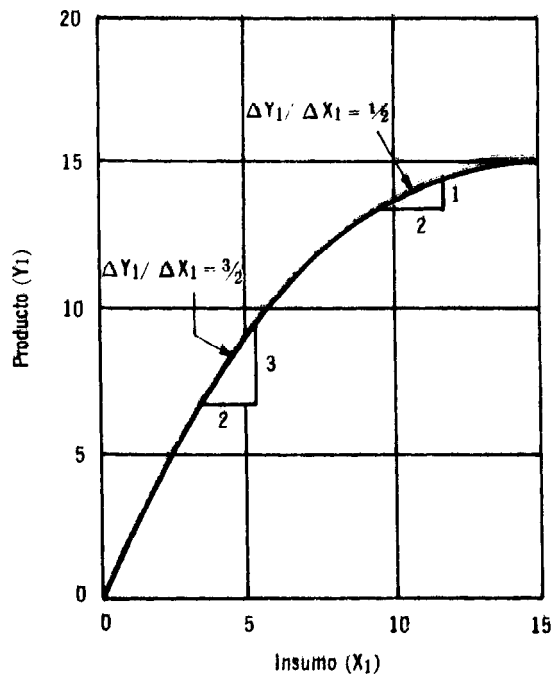


Figura 5-8. Rendimientos decrecientes [18]

La pendiente de la curva disminuye a medida que se añaden más insumos. En consecuencia, decimos que esta curva representa el caso de los rendimientos decrecientes.

Una evidencia experimental muy amplia y larga, ha probado que la relación que se muestra en la figura 5-8, ocurre inevitablemente después de que se añade un cierto número de insumos. El hecho de que este fenómeno siempre ocurre, ha llevado a considerarlo como la ley de los rendimientos decrecientes, la cual dice lo siguiente: Si se añaden unidades sucesivas de un insumo a cantidades constantes de otros insumos, finalmente se alcanza un punto en el que declina el aumento del producto por unidad adicional del insumo.

De hecho, la ley de los rendimientos decrecientes, como frecuentemente se le llama, se refiere a situaciones en las cuales varían las proporciones de los insumos. Por ello, es útil pensar en la ley de los rendimientos decrecientes como ley de las proporciones variables. Desde este punto de vista, nos interesa la cantidad de producto cuando los insumos se combinan en proporciones específicas y se comparan con la cantidad de producto que se obtiene cuando los insumos se combinan en otras proporciones.

La ley de las proporciones variables es una ley tecnológica, que describe una relación física entre insumos y producto. Puesto que tiene tal carácter, no podemos deducir de la ley o de la función de producción, salvo en raras ocasiones, la cantidad de un determinado insumo variable que rendirá el beneficio neto más alto en la producción de un bien. Se requiere información sobre precios, junto con la relación física, para determinar la producción que nos dará el máximo beneficio neto." [19]

3. ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

a) Generalidades. Este análisis, algunas veces llamado análisis del costo-volumen-utilidad, es básicamente una técnica analítica para estudiar las relaciones entre costos fijos, costos variables y utilidades. Este estudio se manifiesta con mayor claridad en las empresas industriales, debido a que la utilidad está determinada por la capacidad práctica de producción de las llamadas plantas o fábricas industriales.

Cabe señalar en este análisis, la consideración que debe hacerse al margen de contribución, el cual representa el exceso de ingresos que superan al costo variable de manufactura de los productos vendidos. Este margen viene a ser en consecuencia, el monto que contribuye a recuperar costos fijos de manufactura, gastos de operación y utilidades.

A la diferencia entre los ingresos y todos los costos variables se le llama: margen de contribución.

Supongamos que una empresa produce y vende solamente una línea de productos de tal modo que:

Precio unitario de venta (ingresos)	\$ 20
Costo variable por unidad	10
Margen unitario de contribución	<hr/> \$ 10

Supongamos también que el total de costos fijos asciende a \$ 100,000.00. Cada unidad de producto que es vendida contribuye con \$ 10 para cubrir costos fijos y a la vez reeditar utilidades a la empresa. Basándonos en estos datos la compañía deberá vender 10,000 unidades para situarse en el punto de equilibrio. Esto puede calcularse dividiendo el costo fijo total entre el margen de contribución unitario, de manera que;

$$PE = \frac{\$ 100,000 \text{ (Costo fijo total)}}{\$ 10 \text{ (Margen de contribución por unidad)}} = 10,000 \text{ unidades}$$

Si la empresa puede vender más de 10,000 unidades obtendrá ganancias. Si vende menos de 10,000 unidades incurrirá en pérdidas. Es decir, se lograrán ganancias a medida que las ventas de unidades sean mayores que la cifra señalada por el punto de equilibrio, y se tendrán pérdidas si la suma de las ventas es menor a la cantidad que nos indica el punto de equilibrio.

Las utilidades serán iguales al número de unidades vendidas que excedan a 10,000 multiplicadas por el margen de contribución unitario. Supongamos, por ejemplo: si son vendidas 22,000 unidades, la empresa estará produciendo 12,000 unidades arriba del punto de equilibrio y obtendrá utilidades con un monto de \$ 120,000;

$$12,000 \text{ unidades arriba del punto de equilibrio} \times \$ 10 \text{ como margen de contribución unitario} = \$ 120,000$$

o lo que es lo mismo:

Ventas (22,000 unidades \times \$ 20)	\$ 440,000
Menos: costos variables (22,000 unidades \times 10)	220,000
Margen de contribución	220,000
Menos: costos fijos	100,000
Utilidades	\$ 120,000

El estudio analítico de la utilidad de una empresa se facilita por el procedimiento gráfico conocido con el nombre de *gráfica del punto de equilibrio económico*, que sirve como base para indicar cuántas unidades deben venderse si una compañía opera sin pérdidas.

Los ingresos y costos totales, a diferentes volúmenes de ventas, pueden estimarse y graficarse. El valor monetario aparece en la escala vertical de la gráfica y las unidades de producto vendido o manufacturado aparecen en la escala horizontal. El punto de equilibrio se presenta en la intersección de las líneas de ingreso y costo total. Las pérdidas se miden a la izquierda del punto de equilibrio y las ganancias a la derecha. Los costos totales son graficados para las variaciones de venta en unidades relacionadas con una línea. El lector podrá identificar fácilmente la línea que corresponde al costo fijo. Los datos de esta exposición aparecen en la figura 5-9.

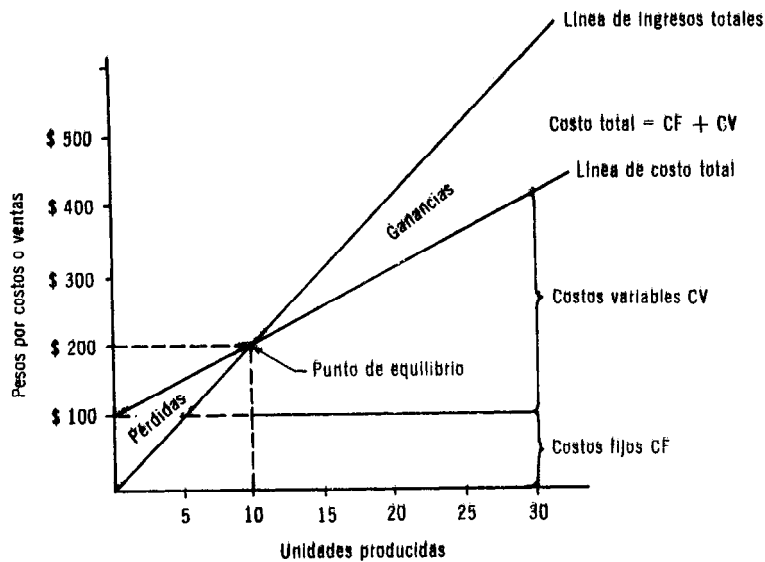


Figura 5-9. Gráfica del punto de equilibrio

Los datos provenientes de analizar la gráfica aparecen en la tabla 5-2.

Tabla 5-2. Datos para obtener la gráfica del punto de equilibrio

Unidades vendidas	Costos variables	Costos fijos	Costos totales	Ingresos totales $IT = q \times$ precio unitario	Utilidad neta (pérdidas) $IT-CT$
q	CV	CF	CT		
5,000	\$ 50,000	\$ 100,000	\$ 150,000	\$ 100,000	(\$ 50,000)
10,000	100,000	100,000	200,000	200,000	-0-
15,000	150,000	100,000	250,000	300,000	50,000
20,000	200,000	100,000	300,000	400,000	100,000
30,000	300,000	100,000	400,000	600,000	200,000

b) Método alternativo; la gráfica volumen-utilidad. Un método alternativo para analizar el punto de equilibrio es la gráfica volumen-utilidad. Vamos a suponer que iniciamos el análisis con los siguientes datos:

Ventas: 22,000 unidades \times \$ 20	\$ 440,000
Ingresos netos	120,000
Costos fijos	100,000

Estos mismos datos los relacionamos en la figura 5-10 como sigue:

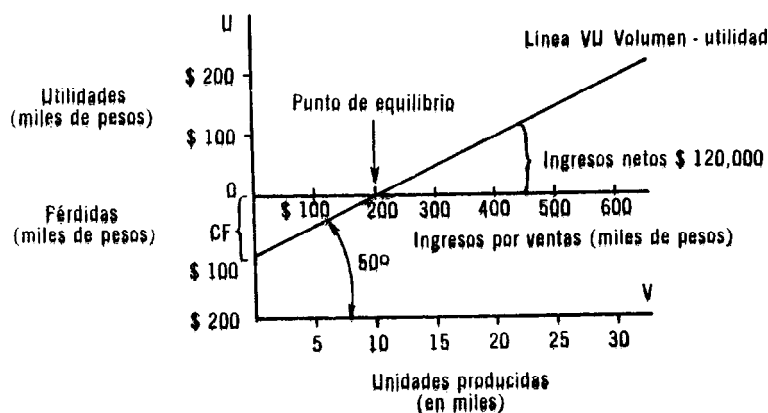


Figura 5-10. La gráfica volumen-utilidad

Podemos entonces encontrar el punto de equilibrio procediendo de la siguiente forma:

La pendiente M de la línea VU será:

$$MVU = \frac{\text{utilidad} + \text{costos fijos}}{\text{ventas}} = \frac{\$120,000 + 100,000}{440,000} = 0.5$$

Si conocemos nuestros costos variables, esta pendiente puede determinarse como sigue:

$$MVU = 1 - \frac{CV}{\text{ventas}} = 1 - \frac{220,000}{440,000} = 0.5$$

Esto quiere decir que por cada peso que se venda obtendremos \$0.50 de utilidades.

Para determinar el punto de equilibrio tendremos:

$$PE = \frac{\text{costos fijos}}{(\text{pendiente } V-U) \quad (\text{precio de venta por unidad})}$$

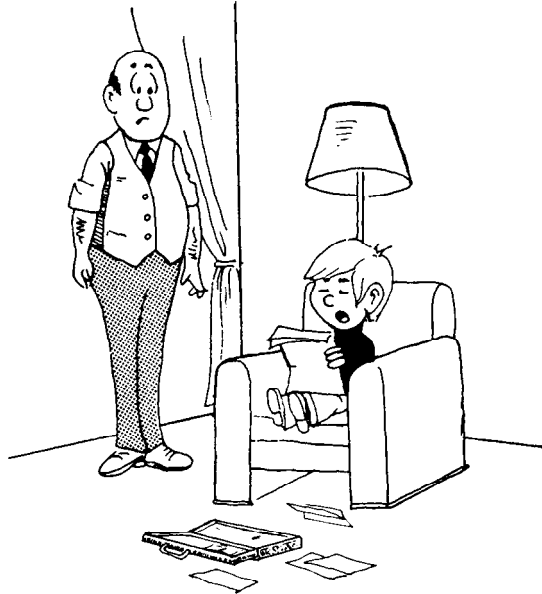
$$PE = \frac{\$100,000}{(0.5) \quad (\$20)} = 10,000 \text{ unidades}$$

Como el lector puede apreciar, este método alternativo nos conduce al mismo resultado, obtenido anteriormente.

El uso de la gráfica volumen-utilidad puede preferirse a la gráfica del punto de equilibrio a causa de que las pérdidas y ganancias pueden leerse directamente en la escala vertical; pero la gráfica $V-U$ no enseña claramente cómo varían los costos con las actividades que despliega la empre-



sa. En consecuencia, las gráficas del punto de equilibrio y volumen-utilidad se usan a menudo al mismo tiempo, aprovechando las ventajas que se derivan de cada una de ellas.



—Papá, me duele decirlo pero tu empresa está operando abajo del punto de equilibrio.

c) La gráfica no lineal del punto de equilibrio. En algunos casos, utilidades y costos no pueden representarse por líneas rectas. Si una empresa vende más unidades de producto, los precios de venta pueden reducirse. Bajo estas condiciones la función de utilidades será una línea curva y la función de costos tendrá esta misma característica, tal como lo señala la figura 5-11.

El ingreso total sigue una curva en forma de campana y el costo total es siempre creciente. La diferencia vertical entre ambos es el beneficio total, diferencia que empieza y termina siendo negativa, pero que tiene un valor medio positivo con un máximo de 106 pesos cuando se producen seis unidades; en este punto la empresa obtendrá su beneficio máximo.

Con los datos de una tabla, como la 5-3, tendremos suficiente para trazar las curvas anteriores.

Podríamos preguntar ahora: ¿Cuál es el volumen de producción que hace máximo el beneficio y a qué precio? Si el lector analiza la tabla, bien puede darnos la respuesta.

d) Sumario del análisis. El análisis del punto de equilibrio constituye una herramienta muy útil para la planeación de la empresa. Sin embargo, ciertas suposiciones básicas de fondo plantean limitaciones sobre las conclusiones que el análisis del punto de equilibrio exhibe.

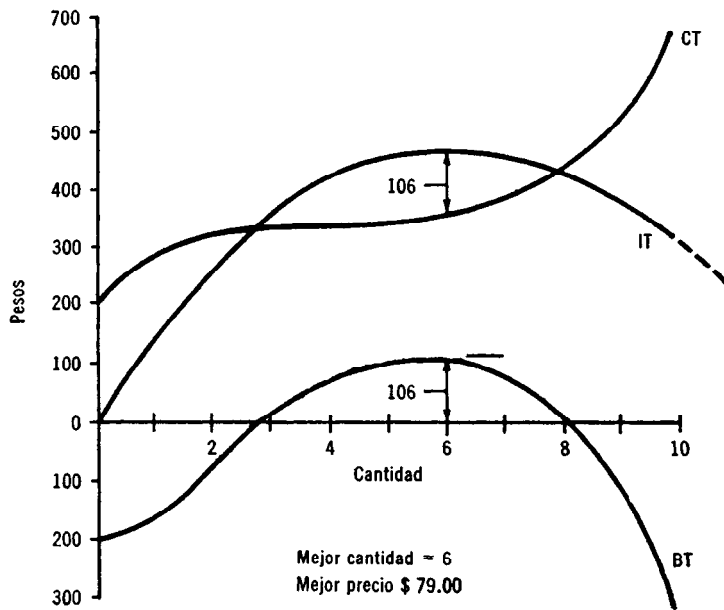


Figura 5-11. La gráfica no lineal del punto de equilibrio [20]

Podemos decir que este tipo de análisis es estático, mientras que los negocios son dinámicos. El análisis apenas si ha logrado fijar los diversos factores de importancia, cuando éstos comienzan a alejarse de él.

“La gerencia planea las utilidades. Los resultados de las operaciones durante cierto período pueden señalar cierta utilidad por unidad vendida, pero debemos reconocer que tales cifras son una utilidad promedio por unidad vendida que subsistió únicamente bajo las condiciones de volu-

Tabla 5-3 [21]

Unidades producidas q	Precio p	Ingreso total IT	Costo total CT	Beneficios $BT=IT-CT$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
0	\$ 150	\$ 0	\$ 200	\$ -200
1	140	140	269	-156
2	130	260	316	- 56
3	117	351	331	+ 20
4	105	420	344	+ 76
5	92	460	355	+105
6	79	474	368	+106
7	66	462	383	+ 79
8	53	424	423	+ 1
9	42	378	507	-129
10	31	310	710	-400

men de ese mismo período. El volumen al cual trabaja una empresa es un factor integral de su plan de utilidades. A causa del comportamiento de los gastos fijos, que permanecen estables en un volumen normal de operaciones, las utilidades varían de acuerdo con el volumen logrado. No existe utilidad alguna en las operaciones de un período, mientras no hayan sido recuperados los gastos fijos del mismo. Los costos variables reclaman la primera porción del precio de venta de cada unidad vendida. El monto residual de las ventas sobre los costos variables es conocido como contribución. En realidad este factor es la contribución en pesos de las ventas a la recuperación de los costos fijos y las utilidades, en este orden. Por lo tanto, cuando el volumen es suficiente para elevar esta contribución por encima del nivel de los costos fijos, se comienza a obtener utilidad.

El nivel del volumen al cual ya se han vendido unidades suficientes para acumular una contribución igual a los costos fijos, es conocido como punto de equilibrio, o punto en que no hay utilidades, o pérdidas.

Cuando se conocen los factores del precio de venta de la unidad, el costo variable de la unidad, el margen de contribución por unidad y el total de los costos fijos, es cuando puede establecerse el volumen del punto de equilibrio y pueden determinarse las utilidades a diferentes niveles de un volumen proyectado.

Cuando se esperan cambios en los precios de venta, en las tasas de los factores de costos variables, en la eficiencia, o en el monto de los costos fijos, un análisis de las relaciones costo-volumen-utilidad, puede determinar los efectos de tales cambios sobre las utilidades del período bajo las condiciones previstas. En esta forma se agudiza considerablemente la planeación de utilidades.

El valor del análisis de costo-volumen-utilidad está limitado por su carácter estático y por las suposiciones que le sirven de base; pero si es empleado con discreción por un hábil analista de contabilidad administrativa, se convierte en una poderosa arma en el arsenal estratégico de la gerencia." [22]

APENDICE [23]

1. Tabla 1. Relaciones entre unidades producidas o vendidas y costo variable total. Costo fijo, costo total e ingreso total.

<i>Unidades vendidas o produ- cidas</i>	<i>Costo variable total</i>	<i>Costo fijo</i>	<i>Costo total</i>	<i>Ventas</i>	<i>Utilidad neta (pérdidas)</i>
20,000	\$ 24,000	\$ 40,000	\$ 64,000	\$ 40,000	\$ (24,000)
40,000	48,000	40,000	88,000	80,000	(8,000)
50,000	60,000	40,000	100,000	100,000	—
60,000	72,000	40,000	112,000	120,000	8,000
80,000	96,000	40,000	136,000	160,000	24,000
100,000	120,000	40,000	160,000	200,000	40,000
120,000	144,000	40,000	184,000	240,000	56,000
140,000	168,000	40,000	208,000	280,000	72,000

2. Solución algebraica del punto de equilibrio

a) El punto de equilibrio se define como el volumen de producción en el cual los ingresos totales se igualan con los costos totales. (Costos fijos + costos variables.)

b) Si hacemos:

p = Precio de venta por unidad

q = Cantidad producida y vendida

CF = Costos fijos

CV = Costos variables por unidad

c) entonces

$$(p)(q) = CF + CV(q)$$

$$(p)(q) - CV(q) = CF$$

$$q(p - CV) = CF$$

$$q = \frac{CF}{p - CV}$$

(q en el punto de equilibrio)

d) Ejemplo:

$$q = \frac{40,000}{\$ 2.00 - \$ 1.20} = 50,000 \text{ unidades}$$

3. Cálculo del punto de equilibrio con base en cantidades totales

$$\text{Punto de equilibrio (Volumen de ventas)} = \frac{\text{costo fijo total}}{1 - \frac{\text{costo variable total}}{\text{volumen total de ventas}}}$$

a) Procedimiento: Tome cualquier cantidad de los datos dados en la tabla 1 para determinar el punto de equilibrio. Por ejemplo, suponga que son producidas 20,000 unidades y use los datos de la tabla 1.

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\$ 40,000}{1 - \frac{\$ 24,000}{\$ 40,000}} = \frac{\$ 40,000}{0.4} = \$ 100,000$$

b) Raciocinio.

En el punto de equilibrio, las ventas (V) son iguales al costo fijo (CF) más el costo variable (CV)

$$V = CF + CV \quad (1)$$

Dada la suposición de que, el precio de venta y el costo variable por unidad, son constantes en el análisis del punto de equilibrio, la relación $\frac{CV}{V}$ es también constante y puede obtenerse del estado anual de pérdidas y ganancias de la empresa.

Puesto que, el costo variable es un porcentaje de ventas constante, la ecuación (1) puede expresarse también del siguiente modo:

$$V = CF + \frac{CV}{V}$$

de manera que:

$$V \left(1 - \frac{CV}{V}\right) = CF$$

por tanto:

$$V = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{V}} \text{ (en el punto de equilibrio).}$$

Referencias bibliográficas

2. Adaptado de: *Engineering Economy*, H. G. Thuesen, W. J. Fabrycky, G. J. Thuesen. Prentice-Hall, Inc. 4th Edition 1971. Cap. 2, pág. 23.
3. Fuente: C. E. Ferguson, *Teoría microeconómica*. Cap. 7, pág. 174, Fondo de Cultura Económica, México 1971.
4. Fuente: C. E. Ferguson, *Teoría microeconómica*. Fondo de Cultura Económica, México 1971. Cap. 7, pág. 181.
5. C. E. Ferguson, *Teoría microeconómica*. Fondo de Cultura Económica. México 1971. Cap. 7, pág. 181.
6. *Planeación estratégica de la producción*. Thomas A. Faulhaber. Editora Técnica, S. A. México 1969. Cap. V, pág. 116
7. Adaptado de: *Price Theory and Its Uses*, D. S. Watson. Houghton Mifflin, Co. Second Edition, Boston 1968. Cap. 14, pág. 261.
8. Faulhaber Thomas A. *Planeación estratégica de la producción*. Editora Técnica, S. A. México 1969. Cap. 5, págs. 117 y 118.
9. Ferguson, C. E. *Teoría microeconómica*. Fondo de Cultura Económica. México 1971. Cap. 7, pág. 194.
10. Ferguson, C. E. *Teoría microeconómica*. Fondo de Cultura Económica. México 1971. Cap. 7, pág. 194.

12. *Introducción al análisis de economía agrícola*. C. E. Bishop y W. D. Toussaint, Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1970. Cap. 4, pág. 47.
13. Adaptado de: *Introducción al análisis de economía agrícola*. C. E. Bishop y W. D. Toussaint, Editorial Limusa-Wiley, México 1970. Cap. 4, pág. 47.
14. *Introducción al análisis de economía agrícola*. C. E. Bishop y W. D. Toussaint, Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1970. Cap. 4, págs. 47 y 48.
15. *Introducción al análisis de economía agrícola*. C. E. Bishop y W. D. Toussaint, Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1970. Cap. 4, pág. 47.
16. *Introducción al análisis de economía agrícola*. C. E. Bishop y W. D. Toussaint, Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1970. Cap. 4, pág. 48.
17. *Curso de economía moderna*, Paul A. Samuelson, Editorial Aguilar, 1968. Cap. 2, pág. 30.
18. *Introducción al análisis de economía agrícola*. C. E. Bishop y W. D. Toussaint, Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1970. Cap. 4, pág. 48.
19. *Introducción al análisis de economía agrícola*. C. E. Bishop y W. D. Toussaint, Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1970. Cap. 4, pág. 49.
20. Fuente: *Basic Marketing*, E. Jerome McCarthy Richard D. Irwin, Inc. Fourth Edition, 1971. Cap. 25, pág. 647.
21. Fuente: *Basic Marketing*, E. Jerome McCarthy Richard D. Irwin, Inc. Fourth Edition, 1971. Cap. 25, pág. 647.
22. *Contabilidad para la Gerencia*, de Richard M. Lynch, Compañía Editorial Continental. México 1970. Cap. 5, págs. 141 y 142.
23. Adaptado de: *Essentials of Managerial Finance*. J. Fred Weston and Eugene F. Brigham. Holt, Rinehart and Winston, Inc. 1968. Cap. 4, págs. 66 y 67.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. *Administración y dirección técnica de la producción*. Elwood S. Buffa. Editorial Limusa-Wiley, S. A. Cap. 4, pág. 51.
2. *Curso de economía moderna*. Paul A. Samuelson. Editorial Aguilar, 1968. Cap. 22, pág. 514 y Cap. 2, pág. 15.
3. *Planeación estratégica de la producción*. Thomas A. Faulhaber. Editora Técnica, S. A. 1968. Cap. V, pág. 107.
4. *Contabilidad para la gerencia*. Richard M. Lynch. Compañía Editorial Continental, S. A. México 1970. Cap. 5, pág. 119.
5. *Dirección de producción, sistemas y síntesis*. Martin K. Starr. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. México 1968. Cap. 1, pág. 3.

TEMA 6

La oferta, la demanda y los pronósticos

Sumario:

1. *La demanda.* — a) Cambios en la demanda. — 2. *La oferta.* — a) Cambios en la oferta. — 3. *El precio de equilibrio de la oferta y la demanda.* — 4. *Elasticidad-precio de la demanda.* — 5. *Ingreso total, ingreso marginal e ingreso promedio.* — 6. *La empresa industrial como factor económico.* — a) Objetivos de la empresa. — b) La filosofía económica de la administración. — 7. *Los pronósticos.* — a) ¿Qué significa un pronóstico? — b) Modelos para pronosticar demanda. — c) ¿Cuánto importa un pronóstico a la gerencia de producción? — 8. *Métodos de pronóstico.* — a) Opiniones de ejecutivos y conjeturas de intuición. — b) Análisis de indicadores económicos. — c) Métodos estadísticos: mínimos cuadrados. — d) Métodos estadísticos: ajuste exponencial.

Después de un sueño profundo, placentero y reparador, iniciamos el día con un buen baño y nos disponemos a desayunar. Estábamos acostumbrados a iniciar el desayuno apurando un sabroso vaso de jugo de naranja; sin embargo, resulta que ahora tendremos de momento que romper nuestra costumbre porque las naranjas subieron de precio y el presupuesto de gastos en alimentación, nos obliga a cambiar las naranjas por otra fruta que se adapte a nuestras condiciones en gusto y dinero; la toronja por ejemplo.

Nos preguntamos entonces: ¿Por qué este cambio en el *precio*? Claramente podemos concluir que los consumidores dejaron paulatinamente de comprar toronjas y empezaron a comprar más naranjas, lo cual significa que hicieron descender el precio de las primeras y elevarse el de las segundas, ocasionando así pérdidas a los cultivadores de toronjas y ganancias a los naranjeros.

Revoluciones como ésta se producen muy a menudo en los mercados. Cuando cambian los deseos y las necesidades de la población, cuando varían la técnica, las disponibilidades de recursos naturales y de otros factores productivos, en el mercado varían los precios y las cantidades vendidas de bienes y de factores de producción (azúcar, toronjas, carne . . . ; tierra, mano de obra y máquinas).

El presente tema tiene por objeto poner de manifiesto la función de la oferta, la demanda y los pronósticos.

1. LA DEMANDA

Empezaremos con la demanda. “Todo el mundo habrá observado que la cantidad que la gente compra de un bien depende del precio del mismo; cuanto más sube el precio de un artículo menos se vende y viceversa, cuanto más bajo es el precio, más cantidad del mismo compra la gente.” [1]

En consecuencia existe una relación concreta entre el precio de un bien, como las toronjas, por ejemplo, y la cantidad demandada de las mismas. A esta relación entre el precio de las toronjas y la cantidad comprada de ellas se llama tabla o curva de la demanda. La tabla 6-1 es un ejemplo hipotético.

Tabla 6-1

	(1)	(2)
	<i>Precio</i>	<i>Cantidad</i>
A	1.00 (pesos)	1,000 (toronjas)
B	0.80	1,300
C	0.60	2,000
D	0.40	3,100
E	0.20	4,500

“En la teoría de la demanda es necesario distinguir claramente entre ‘demanda’ en el sentido de tabla y ‘demanda’ en el de cantidad deman-



dada. La confusión a que puede llevar el uso impreciso del término 'demanda' lo indican frases como: *a*) 'el precio subió y, por lo tanto, disminuyó la demanda', y *b*) 'la demanda aumentó y, por lo tanto, 'subió el precio'. Cada una de estas frases, por separado, parece tener sentido y, sin embargo, son claramente contradictorias si la palabra 'demanda' tiene el mismo significado en ambas. ¡Claro está que no lo tiene! En el caso (*a*) significa cantidad demandada y en el (*b*) se refiere a una tabla de demanda." [2]

La lista de la demanda en la tabla 6-1 debe leerse de este modo: Si el precio de la toronja fuera de \$ 1.00, la cantidad demandada será de 1,000 toronjas; si en lugar de ello el precio fuera de \$ 0.80 la cantidad comprada será de 1,300 toronjas; y así sucesivamente. Con la tabla anterior podemos determinar la cantidad comprada a cada precio, comparando la columna (2) con la columna (1).

Podemos representar en una figura como la 6-1, los datos numéricos dados en la tabla anterior.

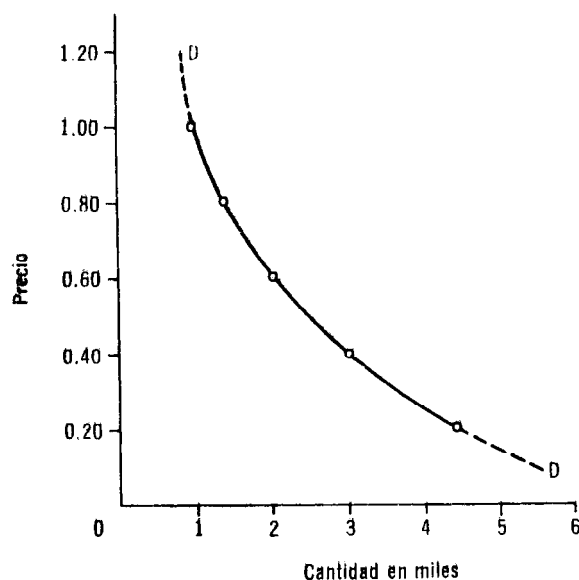


Figura 6-1. La curva de la demanda

En el eje de las ordenadas medimos los precios y sobre el eje de abscisas la cantidad demandada; localizamos ahora nuestros puntos A, B, C, D, y E, uniéndolos para trazar la curva de la demanda.

"La curva de la demanda de una determinada colectividad para un bien específico se puede definir como el lugar de los puntos que indican la cantidad máxima del bien que comprará la colectividad, en una unidad de tiempo, a un precio determinado. Representa el intento de relacionar la intensidad de una corriente con un precio, en un instante de tiempo.

Para muchos problemas es útil considerar la curva de la demanda como una línea divisoria entre dos espacios: el situado a la izquierda representa los puntos que se pueden alcanzar dentro de las condiciones dadas de la demanda; es decir, las cantidades que los compradores estarían dispuestos a adquirir a los precios correspondientes. El espacio a la derecha de la curva representa puntos que no se pueden alcanzar; es decir, las cantidades que los compradores no estarían dispuestos a adquirir a los precios correspondientes.” [3]

Como puede apreciarse, la curva de la demanda decrece observando un descenso de izquierda a derecha ocasionado por la llamada ley del decrecimiento de la cantidad demandada, que dice: “Si se reduce el precio de un bien, aumentará la cantidad demandada del mismo” o, dicho de otro modo: “Si se lanza mayor cantidad de un producto al mercado, sólo podrá venderse a un precio menor.” [4]

En nuestro caso concreto, cuando se eleva el precio de las naranjas, tratamos naturalmente, de sustituirlas por otros bienes (toronjas, en tal caso).

Un ejemplo muy claro para recalcar que la cantidad demandada de un bien aumenta al hacerse éste más abundante y disminuir su precio, es el siguiente: “Si el agua es muy cara, el consumidor sólo compra la necesaria para beber; si su precio desciende, comprará alguna cantidad más para lavar; si el precio sigue descendiendo, comprará aún mayor cantidad para aplicarla a otros usos; y si su precio llega a ser insignificante, se emplea para regar flores, y se prodiga en cualquier otra aplicación.” [5]

a) Cambios en la demanda. Un cambio en la demanda ocurre cuando los consumidores o compradores, están dispuestos a pagar un precio más alto que antes para cualquier cantidad de toronjas.

El significado de este cambio puede explicarse al observar la figura 6-2. En la gráfica hay 2 curvas de la demanda, D_1 y D_2 . Un cambio en la demanda ocurre cuando D_1 se mueve hacia la derecha. Al precio OP_1 , la cantidad comprada con D_1 es la cantidad P_1A . Cuando la demanda aumenta a D_2 , la cantidad P_1B es comprada al mismo precio. Podemos observar también que la cantidad P_1A , igual a P_2C , es comprada a un precio más alto, OP_2 cuando la curva de la demanda es D_2 . Es decir, si los compradores pagaban \$ 0.60 por cada toronja, podían comprar a este precio 2,000 de ellas. Al cambiar la demanda a D_2 , los compradores estarán dispuestos a comprar la misma cantidad pagando \$ 1.00 por cada fruta adquirida.

“La demanda de cualquier bien o servicio puede ser una demanda compuesta; es decir, constituida por las demandas para distintos usos; por ejemplo, la demanda de piel se compone de la demanda de piel para zapatos, para bolsas, etc. Se puede demandar un producto conjuntamente con otros, por ejemplo, la demanda conjunta de raquetas y pelotas de tenis, de automóviles y neumáticos. De manera más general, la demanda de cualquier producto es siempre una demanda conjunta de los recursos empleados para producirlo. La demanda de un bien o servicio puede ser

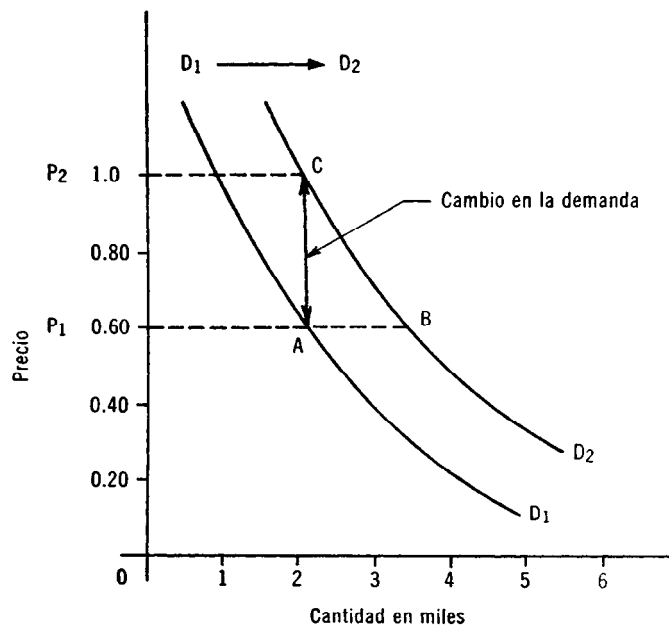


Figura 6-2. Cambios en la demanda

una demanda derivada de la de un producto final; por ejemplo, la demanda de trabajo de carpintero se deriva de la demanda de edificios.” [6]

2. LA OFERTA

En economía, la palabra “oferta” significa una lista de precios posibles y de cantidades que podrían venderse a cada precio. En esencia, existe una simetría con el significado de la demanda.

Una tabla hipotética de la oferta aparece en la tabla 6-2.

Tabla 6-2

	(1)	(2)
	Precio (pesos)	Cantidad (toronjas)
A	\$ 1.00	3,100
B	0.80	2,600
C	0.60	2,000
D	0.40	1,100
E	0.20	-0-

Podemos observar que a precio más alto la cantidad es mayor. Esta relación generalmente es válida, pero no siempre, a causa de que puede haber tablas de oferta en donde son vendidas grandes cantidades a precios

bajos. Pero dejemos esta discusión para estudios económicos más avanzados.

Con la ayuda de la tabla anterior podemos localizar nuestros puntos A, B, C, D y E en la gráfica de la figura 6-3 y trazar la correspondiente curva de la oferta.

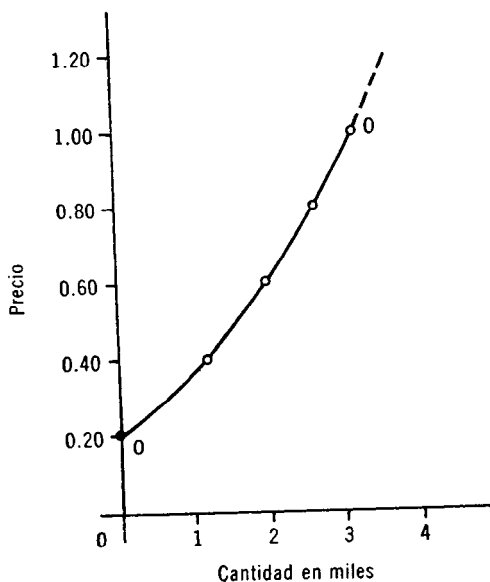


Figura 6-3. La curva de la oferta

Imaginemos ahora que se produce un ascenso en la demanda de toronjas, originado por un gran aumento en el precio de las naranjas, por el aumento de las rentas de los consumidores, o simplemente porque la gente decide gastar más dinero comprando toronjas. Esto hace que la curva de la oferta sea ascendente de izquierda a derecha, es decir; a un precio de \$ 0.20 la toronja, no hay oferta de los vendedores, pero si el precio aumenta a \$ 0.40 o más, la oferta aumentará también en cantidad.

Esto puede explicarse así: a mayor precio de las toronjas, los fruticultores dedicarán a su cultivo mayor cantidad de tierra, quitándola quizá de la producción de otra fruta. Además, ahora utilizarán mayor cantidad de fertilizantes, maquinaria y tierra más productiva, factores que aumentan la producción cuando los precios son más altos.

a) Cambios en la oferta. Para ilustrar este cambio observemos la figura 6-4.

“Consideremos primero la curva de la oferta O_1 . Un precio se observa en la figura; el precio OP . A este precio el monto vendido es PA . O sea, la cantidad ofrecida al precio OP es PA . Es evidente por tanto, que podría ser vendido más a un precio más alto y menos a un precio más bajo. La curva O_2 nos ilustra el significado de cambio en la oferta cuando la

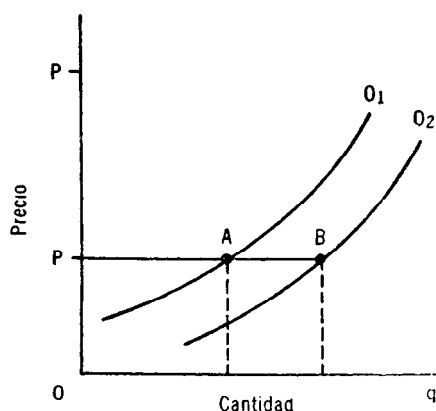


Figura 6-4. Cambios en la oferta

curva O_1 se mueve hacia la derecha.” (Estudie la figura 6-4 y discútala con sus compañeros de clase.) ¿Qué pasa si la curva O_1 se traslada a la posición O_2 ? ¿Qué pasa si esto sucede al contrario? ¿Cómo se explica el lector este cambio en la oferta?

3. EL PRECIO DE EQUILIBRIO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA

El equilibrio de la oferta y la demanda se logra cuando el precio del mercado, iguala las cantidades de un producto demandado y ofrecido. A este precio, los compradores están dispuestos a comprar una cierta cantidad de toronjas y los vendedores a vender exactamente la misma cantidad. En el mercado no hay de momento excedentes ni escasez de toronjas, aunque ciertamente habrá algunos compradores y vendedores que no estén de acuerdo, por ser el precio de equilibrio muy alto o muy bajo para ellos.

Combinaremos ahora las anteriores tablas de oferta y demanda para ver cómo se determina el precio en un determinado mercado de competencia.

¿Podría subsistir la situación A de la tabla 6-3 en la que el precio de cada toronja es de un peso? Naturalmente que no, pues al precio de un peso, los cultivadores de toronjas aportarían 3,100 toronjas mensualmente al mercado (considerando la oferta mensual), y como la cantidad demandada asciende solamente a 1,000 toronjas mensuales (columna 2) las reservas de toronjas se amontonarían, y la competencia entre los vendedores haría descender los precios. Es decir, como se observa en la columna (4) el precio tiende a bajar, aunque no indefinidamente, hasta llegar a cero. Ahora bien, el precio de \$0.20 en el mercado correspondiente al punto E, tampoco podrá persistir, ya que si comparamos las columnas (2) y (3) esto nos indica que el consumo excederá a la producción de toronjas en ese

Tabla 6-3

	Precios posibles por c/toronja (1)	Cantidad demandada (2)	Cantidad ofrecida (3)	Repercusión en los precios (4)
A	\$ 1.00	1,000	3,100	Disminuyen
B	0.80	1,300	2,600	↓
C	0.60	2,000	2,000	Precio neutral
D	0.40	3,100	1,100	↑
E	0.20	4,500	-0-	Aumentan

precio. Los almacenes tenderán a vaciarse y los compradores que no hayan podido adquirir toronjas tenderán a aumentar el precio.

Por tanto, "El único precio de equilibrio, o sea el único precio que puede durar, es aquel en el que se igualan las cantidades ofrecidas y demandadas. El equilibrio de competencia se encuentra en el punto de intersección de las curvas de oferta y demanda." [7]

En la figura 6-5, podemos analizar el equilibrio de la oferta y la demanda.

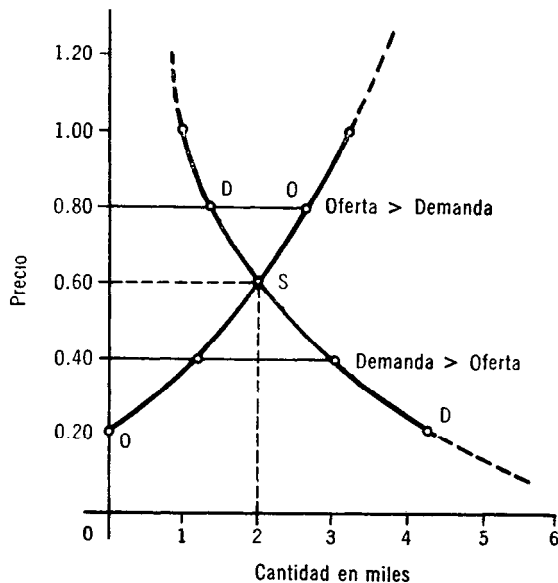


Figura 6-5. Equilibrio de la oferta y la demanda

En esta gráfica las curvas de oferta y demanda se superponen, y el punto S en que se cruzan nos da el precio por toronja y la cantidad de toronjas correspondientes a la situación de equilibrio. (Analice la figura 6-5, y discuta por qué la oferta supera a la demanda y la demanda supera a la oferta.)

4. ELASTICIDAD-PRECIO DE LA DEMANDA

No será difícil entender ahora, que si un artículo se ofrece a bajo precio en el mercado, su demanda será mayor. Sin embargo, la demanda de un artículo puede ser elástica o inelástica. Es decir, la demanda es elástica si la cantidad demandada es sumamente sensible al precio e inelástica si no lo es.

Por definición; la elasticidad de la demanda, “es un concepto ideado con objeto de indicar el grado en que la cantidad demandada responde a las variaciones del precio de mercado. Depende de las variaciones porcentuales y es independiente de las unidades que utilicemos para medir cantidad y precio.” [8] En otras palabras, elasticidad-precio de la demanda es la variación o cambio en la cantidad demandada dividida entre la variación o cambio en el precio:

$$Epd = \frac{\% \text{ de aumento en cantidad}}{\% \text{ de descenso en precio}}$$

Epd = Elasticidad precio de la demanda.

A esta relación se le llama, coeficiente de elasticidad-precio, que se representa también en la fórmula siguiente:

$$Epd = \frac{-\frac{\Delta q}{q}}{\frac{\Delta p}{p}} = -\frac{\Delta q}{\Delta p} \times \frac{p}{q}$$

En donde: p = precio promedio
 q = cantidad promedio

“Dado que la cantidad y el precio varían inversamente, un cambio positivo del precio irá acompañado por un cambio negativo de la cantidad demandada. Por esta razón, para hacer positivo el coeficiente de la elasticidad-precio utilizamos un signo de ‘menos’ en la fórmula.” [9]

En la tabla 6-4 representamos el cálculo numérico del coeficiente de elasticidad-precio de la demanda. [10]

Es decir, la elasticidad puede dividirse en 3 categorías a saber: [11]

1. “Cuando la reducción de p hace que q se eleve tanto que ‘aumenta’ el ingreso total, $p \times q$, decimos que se trata de una ‘demanda elástica’ o que la elasticidad de la demanda es ‘mayor que la unidad’.”

2. “Cuando la reducción de p hace que q se eleve en una proporción exactamente igual a la de p , de manera que el ingreso total, $p \times q$ ‘no varíe’, hablamos de una ‘demanda de elasticidad igual a la unidad’, o decimos que la elasticidad de la demanda es numéricamente ‘igual a la unidad’.”

Tabla 6-4. Cálculo numérico del coeficiente de elasticidad

p	$-\Delta p$	q	Δq	$\frac{p_1+p_2}{2}$ (Precio promedio)	$\frac{q_1+q_2}{2}$ (Cantidad promedio)	$Epd = -\frac{\Delta q}{(q_1+q_2)/2} \div \frac{\Delta p}{(p_1+p_2)/2}$
6	2	0	10	5	5	$10/5 \div 2/5 = 5 > 1$
4	2	10	10	3	15	$10/15 \div 2/3 = 1$
2	2	20	10	1	25	$10/25 \div 2/1 = .2 < 1$
0		30				

p = precio
 q = cantidad

3. “Cuando una reducción porcentual de p provoca un aumento porcentual de q tan pequeño que el ingreso total, $p \times q$ desciende, decimos que la demanda es inelástica o que la elasticidad de la demanda es ‘menor que la unidad’.”

“El hecho de que la demanda sea elástica o inelástica es una consideración importante, especialmente para la política gubernamental en lo relativo a mercados de bienes específicos. Por ejemplo, supongamos que la demanda de trigo tiene una gran elasticidad. En tal caso, un aumento en el precio del trigo generará una reducción proporcionalmente mayor en la cantidad demandada. El agricultor obtendría un menor ingreso total por la venta de su trigo. Supongamos ahora que el Gobierno establece un precio mínimo al trigo, por encima del precio de equilibrio del mercado. Las ventas de trigo se reducirían al igual que el ingreso de los agricultores, a menos que el precio de garantía estuviese acompañado de cuotas mínimas de compra.”

“Entre más numerosos y mejores sean los sustitutos de un bien dado, mayor tenderá a ser su elasticidad. Los bienes que tienen sustitutos escasos y malos —por ejemplo, el trigo y la sal— siempre tenderán a tener elasticidades pequeñas. Los bienes con muchos sustitutos —por ejemplo, la lana, que puede ser substituida por algodón— y las fibras artificiales tendrán gran elasticidad.

De igual modo, entre mayor sea el número de usos posibles de un bien, mayor será su elasticidad. Por eso un bien, tal como la lana (que puede usarse para producir ropa, alfombras, ‘apizados, etc.) tenderá a tener una elasticidad mayor que un bien con sólo uno o pocos usos, como por ejemplo, la mantequilla.” [12]

En la figura 6-6 representamos 5 curvas de la demanda con diferentes elasticidades.

Si suponemos que el precio desciende de p_1 a p_2 , entonces la cantidad aumenta de q_1 a q_2 . Los gastos totales de los compradores son los rectángulos, de tal suerte, que $p \times q$ representa el ingreso total.

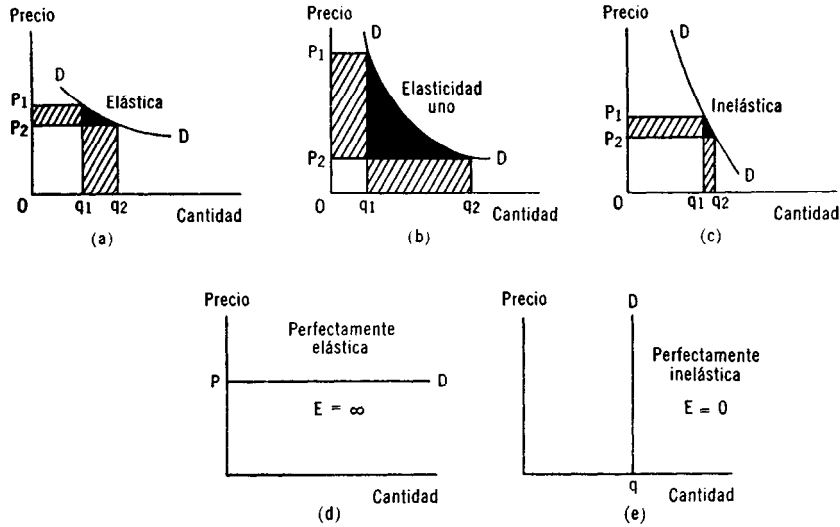


Figura 6-6. Elasticidad de las curvas de la demanda

Teniendo en cuenta esta observación, podemos explicar la figura anterior.

Figura 6-6a. La curva de la demanda es elástica y se aprecia relativamente plana. El rectángulo $p_2 q_2$ es más grande que el rectángulo $p_1 q_1$ lo que significa un ingreso total mayor de los compradores cuando el precio de un artículo es bajo.

Figura 6-6b. Cuando la curva de la demanda tiene elasticidad uno, los rectángulos tienen exactamente las mismas áreas.

Figura 6-6c. La curva de la demanda es inelástica y se aprecia relativamente empinada. El rectángulo $p_1 q_1$ es mayor que el rectángulo $p_2 q_2$ lo que significa un ingreso total menor de los compradores cuando el precio de un artículo es más alto.

Figura 6-6d. La curva de la demanda es perfectamente (o infinitamente) elástica. Los compradores pueden obtener la cantidad de artículos que quieran al mismo precio.

Figura 6-6e. La curva de la demanda es perfectamente (o completamente) inelástica. Los compradores pueden obtener solamente una determinada cantidad de artículos, a diferentes precios.

5. INGRESO TOTAL, INGRESO MARGINAL E INGRESO PROMEDIO

El ingreso total, el ingreso marginal y el ingreso promedio se relacionan en una gráfica con la elasticidad de la demanda. La tabla 6-5 expresa esta relación para una empresa hipotética.

Tabla 6-5. [13] Ingreso total, ingreso marginal e ingreso promedio

(1) Producción de la empresa q	(2) Precio del artículo p	(3) Ingreso total $IT = q \times p$	(4) Ingreso marginal $IM = \Delta IT / \Delta q$	(5) Ingreso promedio $Ip = IT/q = DD$
0	\$ 200	0		0
1	180	180	180	180
2	160	320	140	160
3	140	420	100	140
4	120	480	60	120
5	100	500	20	100
6	80	480	0	80
7	60	420	-20	60
8	40	320	-60	40
9	20	180	-100	20
10	0	0	-140	0
			-180	

Obsérvese que multiplicando la columna (1) por la (2) tenemos el ingreso total de la empresa, cuando se venden q unidades al precio p cada una.

En la columna (4) aparece el ingreso marginal que se define como la variación o cambio que se produce en el ingreso total cuando la producción cambia en una unidad. Este ingreso puede calcularse por medio de la fórmula siguiente:

$$\text{Ingreso marginal} = \frac{\Delta IT}{\Delta q} = \frac{IT_2 - IT_1}{q_2 - q_1} \quad ^{14}$$

Esto se logra por medio de restas sucesivas, de la columna (3) del ingreso total cuando la producción de la empresa, columna (1), cambia en una unidad. Así por ejemplo, cuando a la producción de 2 unidades, se adiciona una unidad más tendremos;

$$\text{Ingreso marginal} = \frac{IT_2 - IT_1}{q_2 - q_1} = \frac{\$ 420 - \$ 320}{3 - 2} = \$ 100$$

¹⁴ Esta es una fórmula aproximada, basada en cambios finitos. La definición precisa del ingreso marginal es la derivada del ingreso total con respecto a la cantidad.



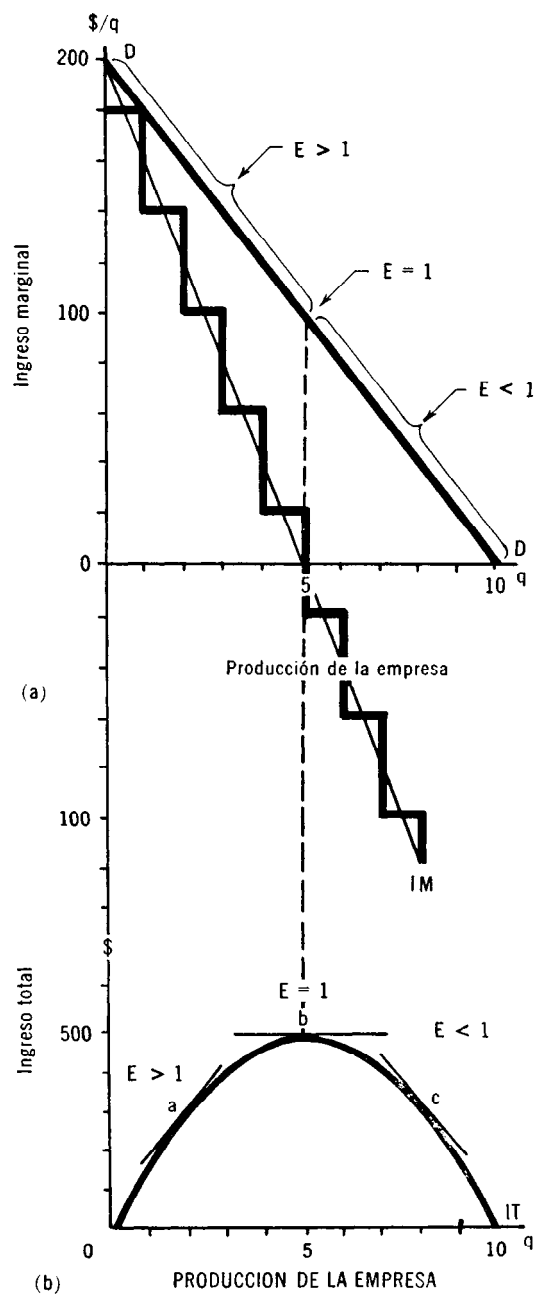


Figura 6-7. Ingreso total, ingreso marginal e ingreso promedio

Con los datos de la tabla anterior, podemos trazar las gráficas de la figura 6-7. [15]

La curva DD de la figura 6-7 representa el caso especial en que la curva de la demanda es una línea recta. El ingreso promedio I_p de la columna (5), es igual a la curva de la demanda.

Si la empresa se encuentra en la parte izquierda de la curva DD , la elasticidad excede a la unidad. Esto significa que el ingreso total está subiendo mientras la empresa incrementa la producción, de tal manera que en esta parte izquierda de la curva DD , es moderada la reducción que es preciso aceptar en el precio para vender una unidad más. Si el ingreso total crece al aumentar la producción, el ingreso marginal es positivo cuando la demanda es elástica. En el punto en que la elasticidad de la curva DD , es unitaria, IT alcanza su valor máximo, en $q = 5$, $p = 100$, donde $IT = 500$. El ingreso total alcanza su máximo valor, cuando el ingreso marginal es cero.

Al rebasar el valor de $q = 5$, nos adentramos en el sector inelástico de la curva DD . Esto significa, que la curva del ingreso total decrece, mientras más se vende. En consecuencia, el ingreso total y el ingreso marginal adoptan un valor negativo.

Una vez que la cantidad vendida alcanza el 100 %, en $q = 10$, el precio y el ingreso total descienden a cero.

La tabla 6-5, hace sospechar la falsedad de ese sofisma que dice:

“La empresa que se propone hacer máximos sus beneficios cobrará siempre todo lo que el tráfico pueda soportar, es decir, el precio más alto posible.

Esta afirmación es errónea. Quien busca el máximo beneficio no será un altruista, pero tampoco tiene por qué ser tonto. Cobrar el precio más alto posible supone no vender nada y no recoger ningún ingreso. Incluso si interpretamos esta idea en el sentido de cobrar el precio más alto al que ya se venda algo, es evidente que vender una sola unidad, por alto que sea el precio, no es manera de hacer máximos los beneficios.” [16]

6. LA EMPRESA INDUSTRIAL COMO FACTOR ECONÓMICO

a) Objetivos de la empresa. “Cualquier actividad industrial se emprende con tres objetivos básicos:

- Fabricar productos destinados a satisfacer necesidades específicas directas o indirectas de la población.
- Servir a la comunidad en la que opera y
- Generar riqueza mediante la inversión de una suma determinada de recursos en la elaboración de bienes o servicios.

El tercer objetivo es válido no importando el sistema económico en que la actividad industrial opere. La creación de riqueza puede traducirse en utilidades para el inversionista, o en recursos adicionales para que alguna

otra entidad pueda hacer nuevas inversiones. La eliminación de este objetivo que se denominará el objetivo económico, daría lugar a una actividad industrial decadente, cada vez menos apta para cumplir con sus otros dos objetivos.

Para poder saber si una actividad industrial está generando riqueza y produciendo específicamente utilidades en nuestro medio, es necesario tener en cuenta los recursos en forma de *gastos*, que se incurren para que una actividad industrial produzca una cantidad dada de bienes y servicios, y el valor de estos últimos, ambos medidos en términos monetarios. Mientras el valor de los bienes y servicios producidos que deben recuperarse en forma de *ingresos*, tenga una magnitud mayor que los *gastos* hechos en obtenerlos, existe generación de riqueza y por tanto *utilidades*. Naturalmente, una medición incompleta o equivocada de los gastos hechos o de los ingresos, puede dar una falsa idea de la magnitud de las utilidades.

De ahí que para determinar en qué medida una actividad industrial está cumpliendo con su objetivo económico, será necesario conocer con toda precisión la naturaleza y monto completo de los gastos en que se incurre, y los renglones de ingreso; según la terminología que se ha adoptado de la relación:

$$\text{Ingresos} - \text{gastos} = \text{utilidad}$$

Se deduce que si:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos} &> \text{gastos} \dots \text{utilidad} > 0 \\ \text{Ingresos} &= \text{gastos} \dots \text{utilidad} = 0 \\ \text{Ingresos} &< \text{gastos} \dots \text{utilidad} < 0 \\ &\quad \quad \quad (\text{pérdida}) \end{aligned}$$

Naturalmente, en la medida en que las utilidades son mayores en forma consistente, la actividad industrial está alcanzando con eficiencia su objetivo económico.” [17]

b) La filosofía económica de la administración. Al considerar los aspectos económicos de la oferta, la demanda, el ingreso total y el ingreso marginal, la gerencia necesariamente enfoca la filosofía económica de la administración para determinar la producción más rentable de una empresa.

Al referirnos a la filosofía económica de la administración, simplemente queremos influir al administrador moderno con el conocimiento de la economía. Cuando la economía centra su estudio en los agentes individuales del proceso de producción, en la mano de obra o del capital, o cuando pone de relieve, preferentemente, la manera cómo un empresario organiza los factores de trabajo y capital en su empresa, al estudio resultante lo llamamos microeconomía.

En el mercado, no sólo se compran y venden los servicios de los factores económicos, tales como la contratación de mano de obra por los empresarios, el alquiler o compra de inmuebles como terrenos y edificios y la petición de capital en préstamo; sino que los empresarios también venden ahí los artículos producidos por su empresa.

Por lo tanto, nuestra exposición de los conceptos económicos anteriormente citados, de oferta, demanda, ingreso marginal, etc., nos proporcionan una proyección mayor de conocimientos, para clasificar y analizar las diversas actividades económicas de una empresa. Más aún, como gerentes de producción, de mercadotecnia, de finanzas, etc., tenemos la responsabilidad ineludible de manejarlos hábilmente.

7. LOS PRONÓSTICOS

a) ¿Qué significa un pronóstico? Cualquier gerente que utilice pronósticos al planear las fases de operación de una empresa se enfrentará con un dilema fundamental: "Nadie puede planear nunca el futuro basándose en el pasado." [18]

El problema entonces es decidir la medida que deberá darse a cada situación en particular. La demanda para producir es incierta y es ocasionada por muchos factores, tales como: los posibles precios de un artículo..., los ingresos de los compradores..., sus gustos..., etc. Si la gerencia se enteró e interpretó globalmente las interacciones entre los factores que influyen en la demanda y aquellos que influyen en la producción, podría entonces construir un modelo preciso de pronóstico de la demanda. Aun en este caso, estos tipos de pronósticos no son enteramente confiables.

¿Qué significa un pronóstico?... Pronosticar puede definirse como la técnica para trasladar experiencias pasadas dentro de los acontecimientos futuros. Esto requiere estimar la magnitud y el significado relativo y absoluto de las fuerzas que influirán condiciones futuras de operación.

b) Modelos para pronosticar demanda. Suponga nuestro lector que durante varias semanas el récord en la demanda de un artículo determinado fue de; 35, 35, 35, 35, 35. ¿Qué demanda podría usted estimar para la semana próxima?... Usted podría decirnos que 35 teniendo en cuenta la uniformidad de las demandas anteriores, pero, usted debe proceder con cautela al estimar que no hay garantía de una demanda uniforme. Si usted conoce algo acerca del proceso que genera la demanda, siendo dueño de una cafetería cercana a la Universidad Nacional sabe que generalmente el lunes hay un consumo de 35 desayunos servidos a estudiantes. Pero, ¿qué pasa si la Universidad afronta una huelga con los trabajadores que en ella prestan sus servicios?

Tomemos otro ejemplo. La demanda ha sido de 13, 7, 9, 26, 35 y 31 desayunos. ¿Cuál piensa usted que será la demanda próximamente? ¿Cuál sería la regla que usted emplearía para extrapolar su próxima demanda?... más aún, suponga que la demanda ha sido 166, 200, 185, 163, 172, 200, 205, 244, 278... ¿Cuál será la próxima demanda?... ¿Podría usted decir algo al respecto?... ¿Se sorprendería si la demanda fuera 27... 588... 400?...

En el caso más común, una empresa puede manufacturar productos estándar y especiales. Productos estándar son aquellos que la empresa produce para tenerlos almacenados y disponibles debido a que la demanda



de estos productos y sus especificaciones son algún tanto predecibles. Ejemplo de este tipo de artículo podrían ser los automóviles, lavadoras, ladrillos, refrescos embotellados y enlatados, tubería de cobre, etc. A diferencia de éstos, una compañía puede estar produciendo también artículos especiales, que sólo se producen por órdenes específicas del cliente. La razón de esto es que no existe una demanda continua de ellos y, en consecuencia, el pronosticar sus ventas resulta impredecible. Ejemplos de este tipo podrían ser equipos especiales, ropa fuera de serie, muebles especiales, etc.

Para ilustrar esto, examinemos las figuras hipotéticas para los modelos de la demanda de 3 productos. Ver figura 6-8.

Las bicicletas son un artículo cuya demanda puede verse afectada por un gran número de factores, y el resultado de esto, como puede apreciarse en la figura, nos indica un promedio registrado en la demanda para cinco años de 450 unidades mensuales, un valor máximo en la demanda de 750 unidades mensuales en mayo de 1979 y un mínimo de 150 unidades mensuales para octubre de 1982.

Este artículo exhibe un cierto monto de variación al azar.

Figura 6-9

La tendencia que presenta la demanda en la figura es típica para productos de nueva introducción en el mercado y el promedio de crecimiento es relativamente estable desde 1979 en adelante. Pero la demanda parece proyectarse con poco crecimiento en 1982.

Figura 6-10

La demanda de artículos de juguete exhibe generalmente variaciones

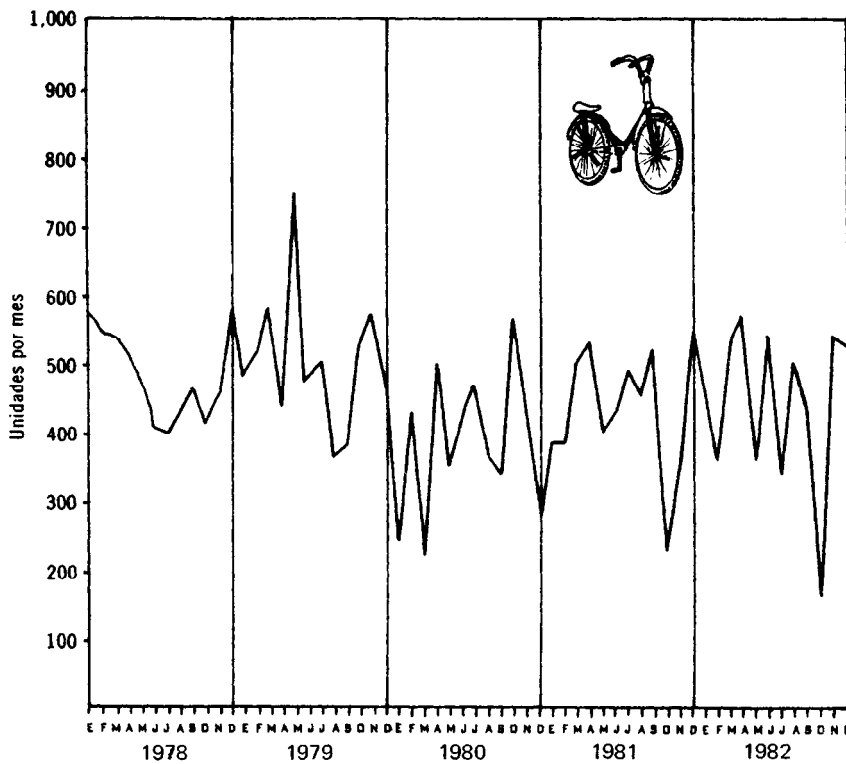


Figura 6-8. Demanda mensual de bicicletas. Compañía Manufacturera "Pedal y Fibra", S. A.

estacionales en las que las demandas mínimas ocurren en el verano y las máximas durante el invierno.

Estos ejemplos ilustran lo que podríamos hacer para establecer modelos de demanda en cortas secuencias de números, los cuales podrían representar demandas mensuales, con variaciones al azar, variaciones estacionales y variaciones de tendencias, sirviéndonos al mismo tiempo para detectar, hasta cierto punto, modelos futuros.

Si un pronóstico puede ser usado por la gerencia de producción, debe llenar las condiciones siguientes: [19]

- a) El pronóstico debe definir la demanda esperada en unidades físicas.
- b) El pronóstico debe incluir también una indicación de la probable variación en torno a la demanda esperada, admitiendo sin embargo, aquella información que a menudo es muy difícil de evaluar.
- c) El pronóstico debe repetirse en períodos futuros, para permitir los ajustes necesarios de producción.
- e) Finalmente, el pronóstico debe ser hasta cierto punto digno de confianza, puesto que, errores en el mismo pueden costar considerables montos de dinero.

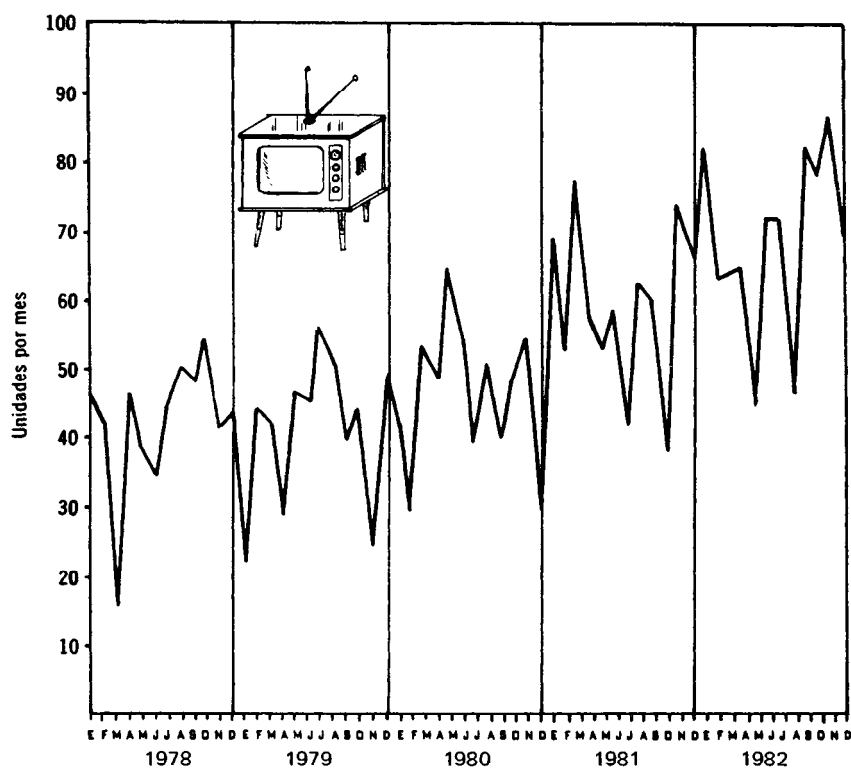


Figura 6-9. Demanda mensual de televisores a color. Compañía Manufacturera "La Imagen Perfecta", S. A.

c) ¿Cuánto importa un pronóstico a la gerencia de producción?

La preparación del pronóstico de ventas no es ordinariamente la responsabilidad del gerente de producción. Sin embargo, algún conocimiento de las técnicas para pronosticar demanda, contribuye a una mejor comprensión de los otros aspectos en la planeación de producción de una empresa.

Esencialmente, el pronóstico de demanda es una herramienta muy útil que sirve para: [20]

- Determinar los objetivos, presupuestos y cuotas de venta, por vendedor, por territorio y por producto.
- Organizar el departamento de compras, para que éste opere eficientemente con el menor inventario posible.
- Programar eficientemente la producción.
- Determinar los inventarios en bodega de productos terminados o de materia prima.
- Determinar la maquinaria y mano de obra que se necesitará.
- Suministrar una base para la planeación del personal necesario, tanto en lo que se refiere al departamento de ventas, como al de toda la empresa.

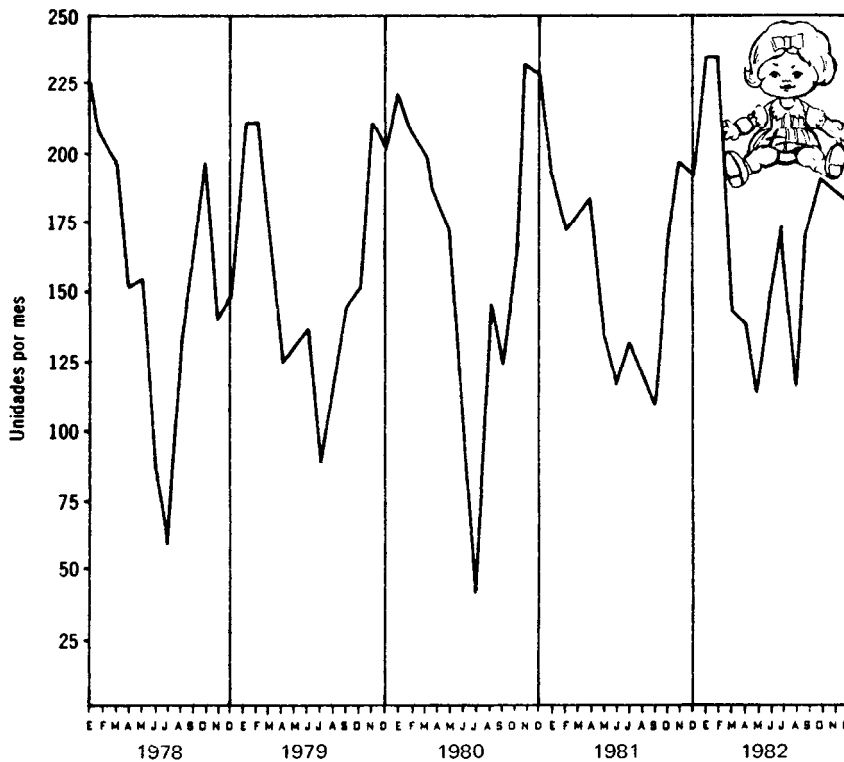


Figura 6-10. Demanda mensual de muñecas. Compañía Juguetera "Los Amigos de Pinocho", S. A.

- Suministrar las bases para calcular el capital que se necesitará para financiar toda la operación.

8. MÉTODOS DE PRONÓSTICO

Existen diferentes métodos para enfocar un pronóstico de demanda. El uso de estos enfoques depende de la naturaleza de la empresa, los productos que fabrica, sus recursos, los sistemas de información que emplea, y la filosofía de su administración.

Algunos procedimientos de pronóstico son simples y pueden seguirse en forma mecánica y sistemática, empleando un poco de intuición. Otros enfoques para pronosticar demanda, en fases de competencia dinámica para productos similares y sustitutos, son de necesidades menos sistemáticas y más intuitivas.

a) Opinión de ejecutivos y conjeturas de intuición. Uno de los métodos más usados y que influye en las técnicas de pronóstico, es la simple utilización de las opiniones e intuiciones de la administración.

Existen varios métodos para agrupar estos datos. Uno sería empezar con los ejecutivos de más alto rango en la compañía para que evalúen sus esti-

maciones de manera personal, discutiendo posteriormente su evaluación, condensándola.

Otro enfoque sería empezar con los ejecutivos de menor rango, preguntando a cada vendedor sus estimaciones en la demanda de sus clientes. Ambas estimaciones pueden revisarse y consolidarse en cada nivel administrativo, hasta que se logre un consenso de evaluación integrado de toda la empresa. Las ventajas que se obtienen de estos métodos son características de una empresa bien organizada, la cual, no escatima esfuerzos de comunicación. Sin embargo, debe recordarse que las opiniones e intuiciones son altamente subjetivas. Estimaciones personales pueden ser emitidas con prejuicios debido al temperamento de los individuos, experiencias anteriores de los mismos o por simple oportunismo. Debe considerarse también que la comparación de opinión e intuición de los ejecutivos de alto y bajo rango no tiene el mismo peso. A pesar de todo, el uso de estos métodos para pronosticar demanda es empleado a menudo en combinación con otras técnicas, de tal suerte que permita evaluar, corregir, planear y controlar en forma adecuada todos los factores que intervienen para desarrollar en conjunto un pronóstico de demanda; lo más cercano a la realidad.

Con objeto de aprovechar al máximo la experiencia y conocimientos de que disponen las personas encargadas de las diferentes funciones de la empresa es conveniente formar un comité, que se encargue de elaborar el pronóstico de la demanda. En este comité es conveniente que estén presentes: [21]

- El gerente o jefe de producción.
- El gerente de ventas.
- El gerente de publicidad.
- El gerente de compras.
- El gerente de finanzas.
- El gerente de planeación y desarrollo.
- El gerente de investigación y diseño.
- El ejecutivo encargado de hacer el pronóstico.

b) Análisis de indicadores económicos. Este método de pronóstico es el simple proceso de correlacionar las ventas de ciertos productos con índices de actividades económicas e industriales. Los índices más comúnmente empleados son:

Ingreso personal	Producción de acero
Depósitos bancarios	Producción de automóviles
Ingreso nacional bruto	Precios de artículos al por mayor
Producto nacional bruto	Ingreso de los agricultores
Producción industrial	Precios al consumidor

Algunos índices sobresalientes aparecen publicados en folletos y revistas tales como; *Business Trends* (aparece en español e inglés), *Expansión*, *Transformación*, *El Poder de Compra del Mercado Mexicano*, etc., así como los anuarios estadísticos que publica la Secretaría de Industria y Comercio. Un índice ideal sería el que describiera una industria que

preceda a la actividad que va a pronosticarse. Es decir, debe haber un efecto de causa directo entre el índice y la actividad que de momento debe analizarse. Ciertamente lo habrá entre las nuevas ventas de automóviles y las ventas de llantas, como también lo hay entre las ventas de libros de mercadotecnia, producción y finanzas y la demanda de alumnos de la Facultad de Contaduría y Administración.

Ejemplo 1.—Jabones

“Se ha encontrado que existe una correlación predictiva entre el consumo de jabones y la población.

Suponiendo que en un país de 30.000,000 de habitantes las corrientes emigratorias aumenten la población anualmente en el 1 %; la mortalidad sea de 300,000 personas por año y la natalidad de 2.000,000. En estas condiciones, teniendo en cuenta la mortalidad infantil y que los niños necesitan algún día comenzar a lavarse, no será inexacto suponer que cada año el número de consumidores potenciales aumenta en 2.000,000”. [22]

Ejemplo 2.—Acumuladores

“Un fabricante de acumuladores sabe que existen 3.500,000 de automóviles en un año dado. De éstos, 500,000 tienen menos de dos años. La vida promedio de un acumulador es de 15 meses. Durante el año siguiente, es factible que sea necesario reemplazar 300,000 acumuladores para los automóviles nuevos y 1.700,000 para los antiguos; teniendo en cuenta que el 10 % de estos 2,000,000 será puesto fuera de servicio. Si de los acumuladores necesarios el 22 % se reemplaza por acumuladores reconstruidos (los acumuladores usados se cambian por reconstruidos), en consecuencia en el año siguiente se venderán 1,604,000 unidades. El fabricante ha ocupado hasta ahora el 27 % del mercado, pero debido a una intensa campaña de publicidad, espera ocupar el 32 %; en consecuencia, puede pronosticar que sus ventas para el año siguiente serán de 513,280 acumuladores”. [23]

c) Métodos estadísticos: mínimos cuadrados. Esencialmente, todos los enfoques estadísticos para desarrollar pronósticos de la demanda proyectan la información histórica pasada dentro del futuro.

Esto nos lleva a concluir que la validez del pronóstico depende de, hasta qué punto el pasado es representativo del futuro. Para establecer predicciones estadísticas más efectivas, la gerencia debe poseer un entendimiento básico de los procedimientos y métodos estadísticos que son usados, incluyendo sus ventajas y limitaciones.

Cuando no se dispone de indicadores económicos sobresalientes y confiables y cuando al mismo tiempo, se requieren predicciones de la demanda a corto plazo en muchas fases de la producción, en donde el tiempo y la rapidez de operaciones impiden el uso de técnicas de correlación, un método estadístico que puede emplearse con cierto éxito para pronosticar demanda, es el método de *mínimos cuadrados*. Éste nos sirve para extrapolar la demanda histórica pasada. Se utiliza a menudo cuando se hacen ajustes a corto plazo en niveles de producción e inventarios. Si se considera la si-



tuación de que, la demanda en el mercado reviste variaciones periódicas más o menos uniformes entre ciertos límites de tiempo, es decir, cuando la demanda de productos es hasta cierto punto predecible, podría entonces estimarse la demanda futura usando este método.

Para aplicar este método en pronósticos, es necesario saber que:

Una línea recta se define con la ecuación:

$$Y = a + bX \quad (6-1)$$

La cual expresada en términos de pronósticos es:

$$Y_p = a + bX \quad (6-2)$$

En la que:

Y_p = Valor de la tendencia para el período X
 X = Período de tiempo
 a = Valor de Y_p en un punto base
 b = Pendiente o monto de aumento o disminución en Y_p por cada cambio unitario en X .

Se emplean dos ecuaciones para determinar los valores de a y b . Estas ecuaciones son:

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X \quad (6-3)$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 \quad (6-4)$$

Ejemplo de aplicación

Supóngase que la gerencia de producción de una empresa conoce la demanda de un producto para los siguientes meses:

<i>Mes</i>	<i>Demanda: unidades</i>
Enero	108
Febrero	119
Marzo	110
Abril	122
Mayo	130

A la gerencia de producción le interesa saber la demanda para el mes de junio. Usando el método de los mínimos cuadrados, para tal fin; procederá de la manera siguiente:

	Mes	(Demanda) Y	X	XY	X ²
Punto base	Enero	108	— — 0	0	0
	Febrero	119	1	119	1
	Marzo	110	2	220	4
	Abril	122	3	366	9
	Mayo	130	4	520	16
		<u>ΣY=589</u>	<u>ΣX=10</u>	<u>ΣXY=1225</u>	<u>ΣX²=30</u>

Aquí $n = 5$ períodos

Aplicando (6-3) $589 = 5a + 10b$

Aplicando (6-4) $1225 = 10a + 30b$

Resolviendo simultáneamente las ecuaciones

$$a = 108.4$$

$$b = 4.7$$

aplicando ahora la ecuación de pronósticos (6-2), se obtendrá la ecuación:

$$Y_p = 108.4 + 4.7 X \quad (6-5)$$

El pronóstico de la demanda para el mes de junio será:

$$Y_p = Y_{\text{junio}} = 108.4 + 4.7 (5)$$

$$Y_p = Y_{\text{junio}} = 131.9 \text{ unidades}$$

El pronóstico para junio es a 5 meses de distancia del punto base (cero).

La figura 6-11 nos ilustra la demanda actual y la tendencia de la demanda.

La curva de la tendencia se obtiene, ajustando los períodos de tiempo y empleando al ecuación 6-5. Los cálculos del ajuste se ilustran en la tabla 6-6.

Y_p	=	a	+	b	·	X	=	Tendencia
Enero		108.4		4.7		(0)		108.4
Febrero		108.4		4.7		(1)		113.1
Marzo		108.4		4.7		(2)		117.8
Abril		108.4		4.7		(3)		122.5
Mayo		108.4		4.7		(4)		127.2
Junio		108.4		4.7		(5)		131.9

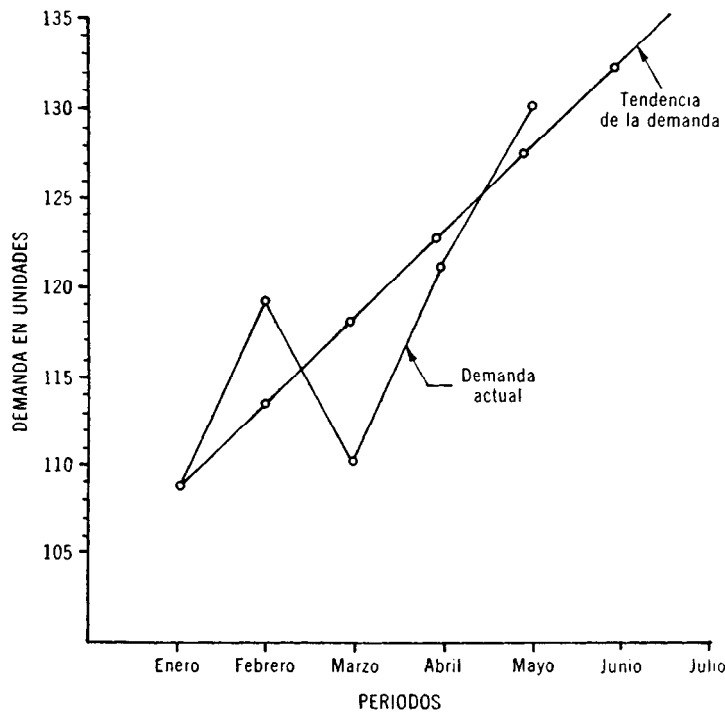


Figura 6-11. Demanda actual y tendencia de la demanda

d) Métodos estadísticos: ajuste exponencial. Esta es una técnica estadística muy especial de promedios móviles, en la que no se usa una colección excesiva de los registros en la demanda de las ventas acortando con ello el tiempo requerido para analizar pronósticos.

Esta misma técnica puede extenderse para calcular tendencias en la demanda, cambios en las tendencias y en la distribución de errores en el pronóstico, haciendo un cálculo adicional muy pequeño para procesar los datos.

En su forma más simple, la fórmula de ajuste exponencial para calcular el pronóstico de un período siguiente es:

$$P_{i+1} = P_i + \alpha (V_i - P_i)$$

En donde:

P_{i+1} = Pronóstico del próximo período

P_i = Pronóstico del presente período

V_i = Ventas del presente período

α = Constante exponencial, que toma un valor entre 0.0 y 1.0

Supóngase que deseamos calcular el pronóstico de ventas para el mes próximo y que las ventas del presente mes fueron de 150 unidades. Si el pronóstico para el presente mes fue de 142 unidades y la constante exponencial elegida es 0.4, entonces el pronóstico para el próximo mes (o período) será:

$$\begin{aligned}P_{i+1} &= 142.0 + 0.4(150-142) \\&= 142.0 + 3.2 \\&= 145.2 \text{ unidades}\end{aligned}$$

El valor más apropiado de la constante exponencial (α), debe ser determinado por el ejecutivo encargado del pronóstico. Es decir, para determinar el valor de esta constante, deben simularse varias series de pronósticos, tomando como base un gran número de períodos de ventas pasados.²⁵

“Para un producto o mercado bien establecido, la economía industrial pone a su disposición varias técnicas de utilidad, por ejemplo, el análisis estadístico para la predicción de la demanda futura. Estas técnicas aparentemente ofrecen respuestas numéricas de cierta precisión, pero generalmente no son capaces de encarar lo ignoto en los nuevos acontecimientos tecnológicos o los cambios de estructura del mercado. Por lo general su eficacia queda limitada a pronósticos a corto plazo de la demanda del mercado.

En otras palabras, un pronóstico estratégico de la demanda debe tener como base más bien el análisis funcional del mercado que el análisis técnico.” [26]

Referencias bibliográficas

1. *Curso de economía moderna*. Paul A. Samuelson. Editorial Aguilar, Décimosexta edición, 1968. Cap. 4, pág. 65.
2. *Teoría de los precios*. Milton Friedman. Alianza Editorial, S. A. Madrid 1966. Cap. 2, págs. 22 y 23.
3. *Teoría de los precios*. Milton Friedman. Alianza Editorial, S. A. Madrid 1966. Cap. 2, pág. 23.
4. *Curso de economía moderna*. Paul A. Samuelson. Editorial Aguilar, Décimosexta edición, 1968. Cap. 4, pág. 66.
5. *Curso de economía moderna*. Paul A. Samuelson. Editorial Aguilar, Décimosexta edición, 1968. Cap. 4, pág. 67.
6. *Teoría de los precios*. Milton Friedman. Alianza Editorial, S. A. Madrid 1966. Cap. 2, pág. 23.
7. *Curso de economía moderna*. Paul A. Samuelson. Editorial Aguilar, Décimosexta edición, 1968. Cap. 4, pág. 71.
8. *Curso de economía moderna*. Paul A. Samuelson. Editorial Aguilar, Décimosexta edición, 1968. Cap. 19, pág. 432.
9. *Teoría microeconómica*. C. E. Ferguson. F.C.E. México 1971. Cap. 4, pág. 77.

²⁵ Una exposición muy clara del análisis de los pronósticos, la cual podemos recomendar al lector, es la que aparece en el Cap. 3 del libro “Control de la Producción, Procedimiento Cuantitativo” de John E. Biegel. Herrero Hermanos, Sucesores, S. A., Editores, México 1972. Segunda edición en español.

10. Adaptado de: *Economics*. Paul A. Samuelson. McGraw-Hill Book Company. Octava Edición. Cap. 20, pág. 362.
11. *Curso de economía moderna*. Paul A. Samuelson. Editorial Aguilar, Décimosexta edición, 1968. Cap. 19, págs. 432 y 433.
12. *Teoría microeconómica*. C. E. Ferguson. F.C.E. México 1971. Cap. 4, págs. 82 y 83.
13. Adaptado de: *Economics*. Paul A. Samuelson. McGraw-Hill Book Company. Octava Edición. Cap. 25, pág. 468.
15. Adaptado de: *Economics*. Paul A. Samuelson. McGraw-Hill Book Company. Octava Edición. Cap. 25, pág. 469.
16. *Curso de economía moderna*. Paul A. Samuelson. Editorial Aguilar, Décimosexta edición, 1968. Cap. 23, págs. 554 y 555.
17. *Economía de la empresa*. Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso. 1972.
18. *Statistical Forecasting for Inventory Control*. R. G. Brown. McGraw-Hill Book Co. 1959, pág. 1.
19. *Production Management Analysis*. Leonard J. Garret y Milton Silver. Harcourt, Brace and World Inc. 1966. Cap. 9, pág. 284.
20. *Planeación y Control de la Producción*. Apuntes para el curso. Centro Nacional de Productividad 1968. pág. 13.
21. Adaptado de: *Planeación y Control de la Producción*. Apuntes para el curso. Centro Nacional de Productividad. 1968. pág. 14.
22. Adaptado de: *Planeación y Control de la Producción*. Apuntes para el curso. Centro Nacional de Productividad. 1968. pág. 32.
23. Adaptado de: *Planeación y Control de la Producción*. Apuntes para el curso. Centro Nacional de Productividad. 1968. pág. 32.
24. Adaptado de: *Planeación y Control de la Producción*. Apuntes para el curso. Centro Nacional de Productividad. 1968. pág. 23.
26. *Planeación estratégica de la producción*. Thomas A. Faulhaber. Editora Técnica, S. A. México 1969. Cap. V, págs. 110 y 111.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. *Curso de economía moderna*. Paul A. Samuelson. Editorial Aguilar, 1968. Cap. 4, pág. 63 y Cap. 13, pág. 287.
2. *Teoría microeconómica*. C. E. Ferguson. Fondo de Cultura Económica. México 1971. Caps. 2, 3, y 4.
3. *Control de la producción*. "Método Cuantitativo". John E. Biegel. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. Editores. México 1972. Cap. 3, pág. 20.
4. *Statistical Forecasting for Inventory Control*. Robert Goodell Brown. McGraw-Hill Book Co. Cap. 1, pág. 1 y Cap. 2, pág. 26.

TEMA 7

Planeación de la producción

Sumario:

1. *Sistema y requerimientos.* — a) Definición. — b) Sistema de planeación de la producción. — c) Comprar o hacer. — d) Factores y requerimientos de producción. — 2. *Ajustes en la producción.* — a) Ajuste de la producción teniendo en cuenta los rechazos. — b) Ajustes en la producción teniendo en cuenta la eficiencia y los retrasos inevitables. — 3. *Ingresos, costos y utilidades como factores de planeación.* — a) Evaluación de ingresos, costos y utilidades. — 4. *El método del camino crítico como instrumento de planeación.* — a) Construcción de la gráfica del proyecto. — b) Cálculo del camino y el tiempo de holgura de cada actividad. — c) Ventajas del método. — 5. *Modelos gráficos de planeación y programación.* — a) Diagrama de carga. — b) El diagrama de Gantt. — c) Programación secuencial. — d) Conclusión.

1. SISTEMA Y REQUERIMIENTOS

a) **Definición.** La planeación de producción en una empresa puede compararse con la planeación familiar, la cual ha sido enfatizada con el fin de evitar un crecimiento demográfico tal, que conduzca al país a una catástrofe.



“Planeación de la producción”

“La planeación de producción es el conjunto de planes sistemáticos y acciones encaminadas a dirigir la producción, considerando los factores cuánto, cuándo, dónde y a qué costo:

¿Cuánto? Qué cantidad de cada artículo es necesario producir.

¿Cuándo? En qué fecha se iniciará y terminará el trabajo de cada una de las fases.

¿Dónde? Qué máquina, grupo de máquinas y operarios se encargarán de realizar el trabajo.

¿A qué costo? Estimar cuánto costará a la empresa producir el artículo o lote deseado del mismo.

Dicho de otra manera, la planeación de la producción es la labor que establece límites o niveles para las operaciones de fabricación en el futuro.” [1]

b) Sistema de planeación de la producción. Para establecer la planeación de la producción en una empresa, es necesario desarrollar un sistema. Dicho sistema debe aprovechar convenientemente los insumos de entrada y procesarlos en forma adecuada, para optimizar el producto resultante. Esencialmente, el sistema de planeación de la producción es una actividad integrativa que intenta elevar al máximo la eficiencia de una empresa.

El sistema de planeación debe estar conectado para obtener, interpretar, comprender y comunicar información, la cual ayuda a mejorar la racionalidad de las decisiones actuales basadas en expectativas futuras.

El sistema de planeación de la producción se ilustra en la figura 7-1.

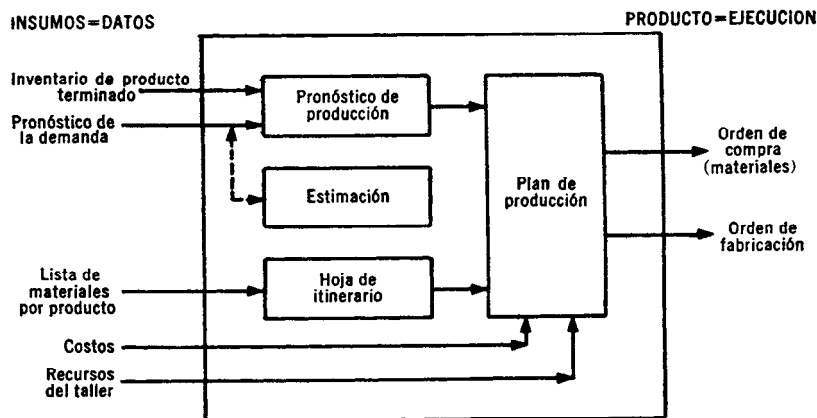
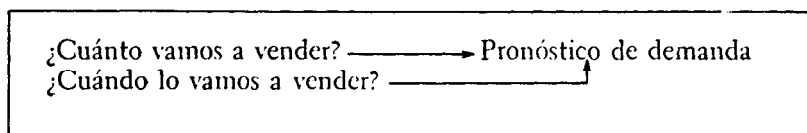


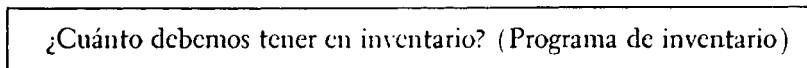
Figura 7-1. Sistema de planeación de la producción

Como puede apreciarse en la figura 7-1, los insumos que entran al sistema son los datos. Los datos necesarios para planear la producción son los siguientes: [2]

Demanda:



Almacén:



Producto:

Partes que lo componen:
Proceso de fabricación de cada parte y subensamble del ensamble.
Secuencia de operaciones.
Tiempo-tipo de producción.
Materiales necesarios.
Equipo y herramientas necesarias.

Taller:

Equipos existentes y sus características.
Distribución en planta.
Carga actual de trabajo.

Costos:

Costos directos: materiales, mano de obra.
Costos indirectos: para fines de estimación todos los costos no aplicables fácilmente a un producto se prorratan por hora-máquina, hora-hombre, pieza-kg de producto terminado u otra unidad seleccionada, según el caso.

Los datos necesarios para un pronóstico de producción están relacionados con el pronóstico de demanda y el inventario de producto terminado. Conociendo la lista de materiales por producto, se elabora una hoja de itinerario, teniendo en cuenta la estimación del pronóstico de demanda. Conociendo los datos de los recursos del taller, de la hoja de itinerario del pronóstico de producción y de los costos, se elabora el plan de producción correspondiente. Cabe señalar que las comunicaciones constituyen la base fundamental para el trabajo cooperativo y organizado. Estas permiten que los esfuerzos realizados en el proceso de planeación se lleven a cabo de una manera coordinada. El producto del sistema, que se deriva en última instancia del plan de producción, permite ejecutar las órdenes de materiales y de fabricación.

“El plan de producción tiene que proporcionar las cantidades de producto necesarias en el momento adecuado y a un costo total mínimo, congruente con las exigencias de calidad. El plan de producción debe servir de base para establecer la mayoría de los presupuestos de operaciones. Se deben establecer las necesidades de mano de obra y las horas de trabajo, tanto ordinarias como extraordinarias. Además el plan de producción determina las necesidades de equipo y el nivel de las existencias anticipadas.” [3]

Cabe señalar cuáles son las características de una lista de materiales y la descripción de operaciones de una hoja de itinerario.



Un ejemplo típico de una lista de materiales, para un artículo producido para el almacén, aparece en la figura 7-2: [4]

CIA. MANUFACTURERA, S. A.					
LISTA DE MATERIAL				Hoja ____ de ____ Hojas	
Ensamble <u>Gobernador PSG</u>		Fecha pago: <u>12/3/78</u>			
Núm. de ensamble <u>370000</u>		Núm. de dibujo <u>98435-SE</u>			
Utilizado para: <u>Motor 1043-6</u>		Revisión Núm. <u>3</u>			
PARTE NUM.	NOMBRE DE LA PARTE	PZAS/UNID	COMPRADO	REF. ESP.	COLOCACION EN ALMACEN
040715	Válvula seguridad	1		15432	3D 4A
040762	Manguete de ajuste	1		15434	2D 5B
040340	Flecha	2	×	1822	2D 4B
037182	Tornillo de ajuste	5	×	1915	1B
	Placa terminal	1		15452	3B 5D
		1		16237	2B 4A
				57	2B 5A
					1A 4B

Figura 7-2. Ejemplo de una lista de material para un artículo producido para el almacén

Los datos que debe contener la lista de materiales son los siguientes: (5)

1. *Información general.*

Nombre y número del producto o subensamblé.
 Fecha de preparación.
 Número del plano o dibujo.
 Revisión número.

2. *Información sobre las partes.*

Nombre de la parte.
 Número de clave de la parte.
 Número de partes por unidad (producto o subensamblé).
 Indicación si es fabricada o comprada.
 Referencia de especificaciones para la compra.
 Clave de colocación en el almacén.
 Cualquier información pertinente para el caso específico.

Se define como itinerario a "la parte de la función de planeación que se encarga de concentrar la información relativa a la secuencia de procesos, operaciones, transporte y almacenamiento, así como la de máquinas, herramientas y equipo auxiliar que se emplearán para la producción de una pieza, producto o lote dados". [6]

Un ejemplo de la hoja de itinerario aparece en la figura 7-3. [7]

HOJA DE ITINERARIO				Parte núm. 8716-A			
Parte <u>Angulo inferior</u>							
Material <u>Lámina común calibre 12</u>				Utilizada <u>Unidad de refrigeración</u>			
Lote económico <u>4,000 piezas</u>				Fecha preparación <u>3/III/73</u>			
Operación núm.	Descripción	Máq. núm.	Depto. núm.	Herramienta plantillas	Tiempo prop.	Tiempo std.	Pzas/hr.
1	Corte longitudinal	C-1	A		0.023	0.00036	2780
2	Corte transversal	C-2	A		0.023	0.00086	1163
3	Recortar esquinas	T-2	B	Dado núm. 3853	0.160	0.00333	300
4	Perforar 4 agujeros	T-6	B	Dado núm. 3856	0.176	0.00244	410
5	Formar	T-3	B	Dado núm. 3873	0.160	0.00260	400
Total					0.521	0.00949	

Figura 7-3. Ejemplo de una hoja de itinerario

La información básica de la hoja de itinerario es la siguiente: [8]

a) Información que *ha de contener* la hoja:

Símbolo o identificación de la pieza.

Tamaño más económico del lote.

Operaciones a ejecutar.

Departamentos en los que se desarrolla el trabajo.

Tipo de máquina o estación de trabajo para cada operación.

Secuencia de operaciones.

Alternativas de secuencia y/o centros de producción en caso de conflicto.

Tiempo que requiere cada operación.

Reparaciones necesarias.

Tiempo de estas reparaciones.

Inspecciones necesarias.

Límites permisibles de desperdicio.

Materiales. Calidad y cantidad.
Herramientas y utensilios necesarios en cada operación.

b) Información que es *conveniente* que contenga la hoja de itinerario:

Costo de cada operación.
Costo de cada reparación.
Costos diferenciales para rutas alternativas.
Designación de la mano de obra más conveniente para el trabajo en cuestión.

c) **¿Comprar o hacer?** Decidir cuándo un producto o una de sus partes deben manufacturarse en la planta o deben comprarse a otra empresa, es parte fundamental del proceso de planeación de una compañía.

La decisión de comprar o hacer, es revisada periódicamente para cada producto en particular. Cuando una empresa no tiene la capacidad suficiente, física o económica para hacer un determinado producto, la decisión de comprar se verá favorecida a corto plazo. Si por el contrario, la empresa tiene ambas capacidades, física y económica, para fabricar un producto determinado, la decisión de hacer, marcará la pauta a corto o largo plazo, dependiendo de los objetivos de la empresa. Esencialmente, la decisión de comprar o hacer es un dilema de índole económica, un costo de oportunidad en materiales, equipo, mano de obra directa y otros costos de producción.

La figura 7-4, nos ilustra este procedimiento.

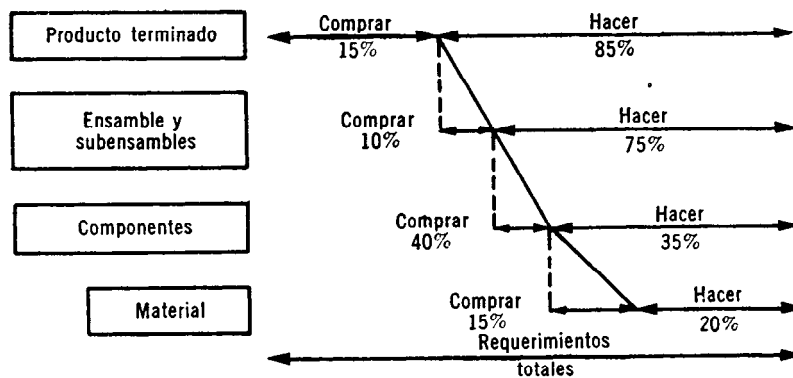


Figura 7-4. Comprar o hacer

Por ejemplo, la Compañía Manufacturera de Automóviles "Velázquez, Mendoza y López", S. A., fabricante de los automóviles "Carcacha" y "Carcacha Deportiva", pueden decidir si fabrican radios ellos mismos, o si los compran de proveedores. Como puede apreciarse en la figura, ellos deciden comprar el 15 % de sus radios y fabricar el 85 % restante. Habiendo hecho esta decisión, ellos deben escoger en qué proporción pueden fabricar y deben comprar los ensambles y subensambles necesarios para

producir radios. Lo mismo harán para los componentes y materiales de los mismos.

En consecuencia, la decisión de *comprar o hacer* deberá tomarse por separado para cada uno de los factores anteriores necesarios para producir.

d) Factores y requerimientos de producción. Al equipo, material o materias primas y mano de obra que son necesarios para producir se les llama *factores de producción*.

Llamamos *requerimientos de producción* a los que son necesarios por unidad producida. Supongamos que la empresa “Lámina y Hojalata”, S. A., produce, entre otros artículos, láminas para perfiles de aluminio. Un pronóstico en la demanda de un mes, en el futuro, señala que venderán 4,800 perfiles. Es evidente que al enterarse de esto, la gerencia de producción determinará qué factores son necesarios para producir este artículo, tomando como base, la fabricación unitaria del mismo.

Por ello, en la hoja de itinerario, el equipo requerido, el material y la mano de obra directa se estipulan del modo siguiente:

<i>Factores de producción</i>	<i>Requerimientos por c/unidad producida</i>
Equipo:	
Laminadora	3 minutos
Cortadora de láminas	5 minutos
Prensa dobladora	4 minutos
Material:	
Lámina de aluminio para perfil	$1.20 \text{ m} \times 0.07 \text{ m} = 0.0840 \text{ m}^2$
Mano de obra directa:	
Operador laminadora	3 minutos
Operador cortadora de láminas	5 minutos
Operador prensa dobladora	4 minutos

Se aprecia que no se incluyeron los factores de mano de obra indirecta. Es imposible determinar el tiempo empleado en factores tales como mantenimiento, manejo de materiales, reparación de maquinaria, etc.; por esta razón, se emplean usualmente porcentajes basados en experiencias anteriores de horas-mano de obra directa u horas-máquina, para estimar la mano de obra indirecta requerida. Volviendo a nuestro ejemplo, si suponemos que 5,000 unidades de producto deben programarse para ser producidas en vez de 4,800 que señala el pronóstico, la razón de ello es que se consideran las pérdidas de material y las unidades defectuosas y también un supuesto exceso de producto terminado en inventarios.

Si se multiplican los requerimientos de la tabla anterior por 5,000 obtenemos los siguientes resultados:

*Factores de producción**Requerimientos por 5,000 unidades producidas**Equipo:*

Laminadora	$3 \text{ minutos} \times 5,000 = 250 \text{ h}$
Cortadora de láminas	$6 \text{ minutos} \times 5,000 = 500 \text{ h}$
Prensa dobladora	$3 \text{ minutos} \times 5,000 = 250 \text{ h}$

Material:

Lámina de aluminio para perfil	$5,000 (1.20 \text{ m} \times 0.07 \text{ m}) = 420 \text{ m}^2$
--------------------------------	--

Mano de obra directa:

Operador laminadora	$3 \text{ minutos} \times 5,000 = 250 \text{ h}$
Operador cortadora de láminas	$6 \text{ minutos} \times 5,000 = 500 \text{ h}$
Operador prensa dobladora	$3 \text{ minutos} \times 5,000 = 250 \text{ h}$

Como puede observarse, para propósitos de planeación, es necesario que la empresa cuente con: cierto número de horas-máquina, cierto número de horas-hombre por máquina y una cantidad determinada de lámina de aluminio, para producir 5,000 unidades.

Cuando se requiere determinar la demanda para factores específicos de producción, la simple adición del factor determinado y del periodo de tiempo particular es valiosa.

Supongamos que para el próximo mes, deberá fabricarse un total de seis productos, requiriendo cada uno de ellos un cierto número de horas-máquina perforadora. Las horas requeridas por producto pueden ordenarse del modo siguiente:

<i>Producto</i>	<i>Horas-máquina perforadora requeridas</i>
A	50
B	72
C	65
D	48
E	23
F	31
Total	289

Esto nos indica que la empresa requiere de 289 horas-máquina disponibles para el próximo mes, para que los productos A, B, C, D, E y F estén terminados y sean entregados puntualmente.

Supongamos ahora que la empresa debe comprar material para elaborar una línea completa de productos, como sucede en una empresa petroquímica que utiliza el óxido de etileno como materia prima.⁹ En este caso los requerimientos por producto se ordenan como sigue:

⁹ El óxido de etileno es un derivado del petróleo. En México las industrias petroquímicas secundarias lo importaban de los Estados Unidos. A partir de 1972 lo produce Pemex (Petróleos Mexicanos).

Fecha de entrega a clientes	Cantidad requerida de materia prima	Producto	Fecha de uso de materia prima
A	Mayo 20	1,250 kg	Mayo 15
B	Mayo 20	2,000 kg	Mayo 15
C	Mayo 22	1,700 kg	Mayo 17
D	Mayo 21	2,150 kg	Mayo 16
Total		7,100 kg	

Los 7,100 kg de materia prima deben comprarse y estar disponibles para la fecha de uso estipulada por el departamento de producción.

2. AJUSTES EN LA PRODUCCIÓN

El propósito de estos ajustes es determinar los factores ideales necesarios para producir. Cuando se espera una demanda de cierta cantidad para un artículo, puede haber rechazos por defectos en la producción, disminuyendo la eficiencia del 100 %, dando lugar a retrasos inevitables. Consideremos los ajustes necesarios en la planeación de la producción.

a) Ajuste de la producción teniendo en cuenta los rechazos. Supongamos ahora que se desean fabricar 4,800 unidades de un artículo determinado, gracias a la demanda del mismo para un mes futuro. Las especificaciones de operación revelan que debe emplearse una máquina perforadora para producir la cantidad de unidades demandada. Se estima también que un 3 % de la producción total puede rechazarse por defectuosa, o lo que es lo mismo, el 97 % de ella será satisfactoria en cuanto a calidad. En estas condiciones, el ajuste a la cantidad estimada en unidades será de:

$$\text{Ajuste} = \frac{4,800 \text{ unidades}}{1.00 - 0.03}$$

$$\frac{4,800 \text{ unidades}}{0.97} = 4,950 \text{ unidades}$$

Estimamos que un 97 % de la producción de unidades será satisfactoria en calidad y las 4,950 unidades de ajuste se multiplican por este porcentaje, obteniendo un resultado de 4,800 unidades requeridas para una demanda futura y con calidad satisfactoria.

Quizá el enfoque que se quiera dar a este tipo de ajuste, quede reflejado mejor con el siguiente ejemplo:

“Una fábrica de bombas para líquidos corrosivos; ‘La Bomba Selecta’, S. A., emplea un anillo de aluminio para un tipo especial de bomba. Esta empresa consume un promedio de 200 anillos por día, y tiene la costumbre de fabricar los viernes toda la cantidad que consumirá la semana próxima, es decir, un promedio de 1,000 anillos. La experiencia ha demostrado que de los mil anillos, 160 a 170, son rechazados, por lo que acostumbra comenzar la fabricación en 1,170 para terminar con mil. Sin embargo, en la práctica ha tenido numerosos problemas por agotamiento de estas piezas.

La gerencia de producción al estudiar el problema, encontró que durante la fabricación el 60 % de los anillos era aceptado inmediatamente, que el 30 % era necesario remecanizarlo y que el 10 % restante era rechazado. Después del mecanizado original este anillo tan sólo puede remecanizarse un máximo de dos veces más y en estas operaciones se tienen rendimientos similares al del primer mecanizado. Encontró además que el mecanizado inicial tomaba todo un día y que los dos remecanizados siguientes podrían hacerse en un día más. En consecuencia, las piezas aceptadas en total son:

<i>Mecanizado</i>	600
1er. remecanizado	180
2o. remecanizado	54
	<hr/>
TOTAL	834

Las piezas rechazadas en total son:

<i>Mecanizado</i>	100
1er. remecanizado	30
2o. remecanizado	36
	<hr/>
TOTAL	166

Esto demostró que era exacta la observación de que el 16.6 % de las piezas era rechazado, pero demostró también que era erróneo fabricar los viernes el 116 % de las piezas necesarias es decir, los 1,170 que se hacían, ya que lo correcto es fabricar:

$$\frac{1,000}{.834} = 1,200 \text{ anillos}$$

comenzando la fabricación los jueves y terminándola el viernes.” [10]

b) Ajustes en la producción teniendo en cuenta la eficiencia y los retrasos inevitables. Al considerar estos ajustes debemos tener conocimiento de lo que significa para el departamento de producción; tiempo actual, tiempo modelo o estándar y tiempo normal.

“*Tiempo actual.* Es el tiempo requerido por unidad de producción que se determina teniendo en consideración la eficiencia de trabajo y los retra-

tos inevitables, tales como, interrupciones en la maquinaria, merma de materiales y períodos de descanso en las operaciones.

Tiempo modelo o estándar. Es el tiempo determinado tomando en consideración la ocurrencia de retrasos inevitables; pero asumiendo que la eficiencia de trabajo u operación será de 100 %.

Tiempo normal. Es el tiempo supuesto requerido, si la eficacia de trabajo u operación es de 100 % y no hay retrasos inevitables.

En consecuencia, para propósitos de planeación en la producción, si el diagrama de operaciones establece tiempos normales, estos mismos deberán ser ajustados reflejando la eficiencia de trabajo esperado y los retrasos inevitables esperados. Si el diagrama contiene tiempos modelo o estándar estos mismos deberán ajustarse reflejando la eficiencia de trabajo esperada. Si el diagrama contiene tiempos actuales, ningún ajuste será requerido." [11]

Para explicar estos ajustes, emplearemos el siguiente ejemplo:

Supongamos que el tiempo normal para una operación de perforado es 0.120 horas por unidad. Si estimamos que los retrasos inevitables en la operación son el 20 % de la operación total, el tiempo modelo o estándar se determina del modo siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo modelo} &= \frac{0.120 \text{ h/unidad}}{1.00 - 0.20} \\ &= \frac{0.120 \text{ h/unidad}}{0.80} \\ &= 0.150 \text{ h/unidad}\end{aligned}$$

A continuación, si estimamos que la eficiencia de trabajo será de 110 %, el tiempo modelo debe ajustarse para obtener el tiempo actual. Esto se hace de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo actual} = \frac{0.150 \text{ h/unidad}}{1.10} = 0.1363 \text{ h/unidad}$$

Si tenemos programado producir 4,950 unidades teniendo en cuenta los rechazos, las horas requeridas para producirlas serán:

$$\begin{aligned}\text{Horas requeridas} &= 4,950 \text{ unidades} \times 0.1363 \text{ h/unidad} \\ &= 674.69 \text{ h}\end{aligned}$$

Esto significa que la demanda para 4,800 unidades, aceptables en calidad, es equivalente a 674.69 horas-máquina perforadora y horas-hombre operador por máquina. Si la planta opera 48 horas a la semana y cualquier máquina perforadora es teóricamente capaz de operar 200 horas al mes, entonces las 674.69 horas-máquina, equivalen al número siguiente requerido de máquinas:

$$\begin{aligned}
 \text{Máquinas requeridas} &= \frac{674.69 \text{ h/mes}}{200 \text{ h/máquina/mes}} \\
 \text{para operar} &= 3.37 \text{ máquinas.}
 \end{aligned}$$

3. INGRESOS, COSTOS Y UTILIDADES COMO FACTORES DE PLANEACIÓN

Todos los tipos de negocios, requieren de inversiones para producir bienes y servicios. La inversión de cualquier empresa, significa un costo. Así también, los ingresos de cualquier empresa reditúan utilidades, cuando:

$$\text{Ingresos} > \text{costos}$$

Por el contrario si:

$$\text{Ingresos} < \text{costos}$$

la empresa incurrirá en pérdidas.

Es necesario, por tanto, evaluar las alternativas de inversión en las empresas y determinar la que resulte más económica.

a) Evaluación de ingresos, costos y utilidades. Lo anterior sugiere que la alternativa más económica será aquella que esté asociada con los costos que resulten más bajos para producir. O sea, la alternativa más económica será la que genere ingresos que sean más altos que los costos de inversión.

Para ilustrar esto, supongamos que dos máquinas diferentes están disponibles para manufacturar un producto determinado. Un análisis del año anterior revela que el costo anual promedio de la máquina 1 es de \$ 35,000.00 y el de la máquina 2 es de \$ 33,000.00. Con base en estas consideraciones, la máquina 2 parece ofrecer la alternativa más económica.

Sin embargo, puede ser que la máquina 1 sea capaz de producir un artículo, cuya calidad es mayor que el artículo producido por la máquina 2.

El resultado de esto puede ser, que la empresa aumente su precio de venta por unidad, sin experimentar un descenso en sus ventas, si la máquina 1 es empleada. En consecuencia, los ingresos que se perciban al usar la máquina 1 serán mayores que los que podrían obtenerse al emplear la máquina 2.

Supongamos que los ingresos anuales estimados al emplear la máquina 1 son de \$ 40,000, en comparación con \$ 37,000 de ingresos anuales estimados al emplear la máquina 2.

Si calculamos la utilidad anual asociada con cada alternativa, obtendremos el siguiente resultado:

	Máquina 1	Máquina 2
Ingresos anuales	\$ 40,000	\$ 37,000
Costos anuales	35,000	33,000
Utilidad anual	\$ 5,000	\$ 4,000

Si comparamos las respectivas utilidades, esto revela que la máquina 1 ofrece la alternativa más económica, mientras que una comparación de los respectivos costos, erróneamente sugería que la máquina 2 resultaba lo más deseable. En consecuencia, *la alternativa más económica es evaluada en bases de utilidad, más que en bases de costo.*

Sin embargo, si los ingresos no varían, la alternativa más económica puede identificarse comparando los costos. Para ilustrar esto, supongamos que las máquinas 1 y 2 generan ambas el mismo ingreso de \$ 37,000. En este caso, una comparación de utilidades sería la siguiente:

	Máquina 1	Máquina 2
Ingresos anuales	\$ 37,000	\$ 37,000
Costos anuales	35,000	33,000
Utilidad anual	\$ 2,000	\$ 4,000

Un análisis de estos datos, revela que, a causa de tener ingresos constantes, la máquina que minimice costos hará máximas las utilidades.

4. EL MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO COMO INSTRUMENTO DE PLANEACIÓN

En esta parte presentamos el método del *camino crítico* como herramienta que facilita la función de planeación.

A medida que un proyecto se hace más complejo, es más difícil su planeación. Es conveniente, antes de entrar en materia, mencionar las características de cualquier proyecto. En primer lugar, un proyecto está formado por un objetivo y el conjunto de actividades que deben realizarse para lograr dicho objetivo; por ejemplo, para hacer una casa (objetivo del proyecto), es necesario, abrir cepas, hacer el cimiento, levantar los muros, colar las losas, colocar los pisos, colocar puertas y ventanas, hacer las instalaciones eléctricas e hidráulicas y pintar. Estas son las actividades que consideramos necesarias. Cada una puede fragmentarse en las subactividades que se deseen.

Para efectos de planeación, es necesario conocer además de la lista de actividades, las fechas de terminación, el tiempo necesario para realizarlas, su interdependencia y la secuencia u orden de ejecución. Lo anterior constituye las características del proyecto.

El método del *camino crítico* se desarrolló hace menos de 20 años debido a la necesidad de planear y controlar proyectos con miles de actividades. Se explica usando un ejemplo sencillo.

Se planea la construcción de una mesa para sala de juntas del consejo de administración de una empresa; tendrá una cubierta ovalada de cristal de una pulgada de espesor, de cinco metros de largo y metro y medio de ancho, con patas y estructura de hierro forjado.

Supongamos que las características del proyecto son las siguientes:



Tabla 7-1

Actividad		Actividad anterior	Duración de la actividad (días)
Clave	Descripción		
A	(Principio)	0
B	Compra del cristal para la cubierta	A	4
C	Compra del hierro para la estructura y las patas.	A	3
D	Maquinado del cristal (corte del cristal para que quede la cubierta en forma de óvalo y biselados los bordes)	B	6
E	Hechura de la estructura y forjado de las patas	C	5
F	Ensamblado de la cubierta y la estructura	D y E	2
G	Pintura, acabado y colocación de la mesa.	F	1
H	Final	G	0

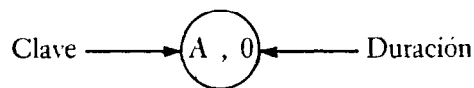
Obsérvese que se han añadido dos actividades, que son: la actividad “*principio*” y la actividad “*final*”. Estas actividades son requisito para el método; debe existir tan sólo una actividad inicial y una actividad final.

Dividiremos la explicación del método en dos partes: *la construcción de la gráfica del proyecto y el cálculo del camino crítico y de los tiempos libres de las actividades*.

a) Construcción de la gráfica del proyecto. Una vez que se tiene la lista de actividades con sus duraciones y secuencias, es conveniente elaborar una gráfica, aun cuando no es requisito, ya que existen programas de computadora que calculan el camino crítico y la holgura de cada actividad sin necesidad de la gráfica. Sin embargo, estas gráficas son una gran ayuda para denotar la secuencia de las actividades anteriores a la que se esté discutiendo durante la fase de planeación.

Los símbolos que se usan son dos:

- 1.—Un círculo para representar cada *actividad*, anotando dentro la *clave* de la actividad y su *duración*.



- 2.—Una flecha para señalar la secuencia entre las actividades.

Estos símbolos, y los datos de la tabla 7-1, se ilustran en la figura 7-5, que es la gráfica del proyecto:

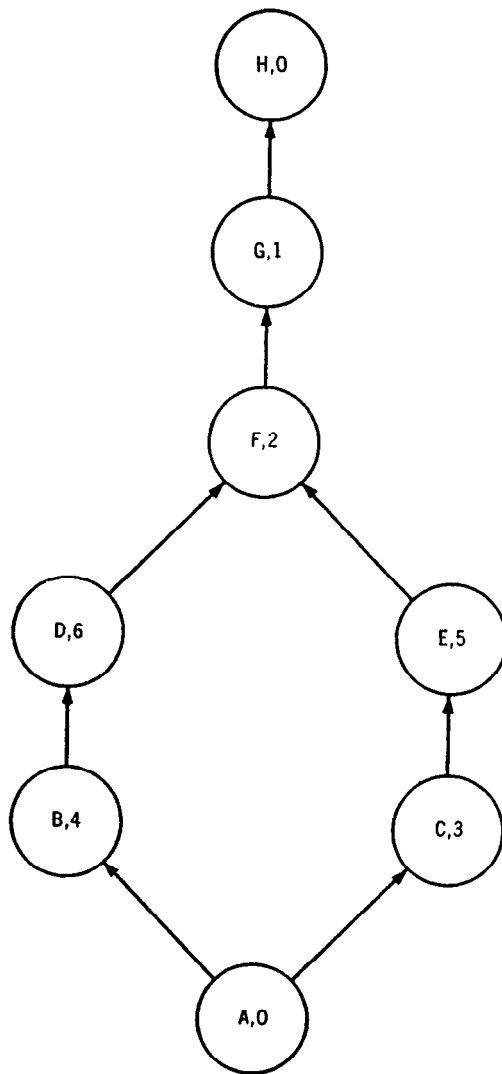


Figura 7-5. Gráfica del proyecto

A partir de este punto esta gráfica se llamará *red de actividades*. Es necesario tomar en cuenta las siguientes *observaciones*:

1. Las actividades B y C pueden ejecutarse simultáneamente; ésta es la razón por la que se introduce la actividad “*principio*” (A) con duración = 0.
2. La actividad E sigue a C por razones obvias; análogamente, la D está después de la B.
3. Las actividades A, C y E forman una sucesión de actividades que

pueden ejecutarse sin tener relación alguna con A, B y D; cada sucesión se denomina *cadena de actividades*. Ambas sucesiones convergen en la actividad F (ensamble de la cubierta con la estructura) ya que es indispensable haberlas terminado. Esto quiere decir que F se iniciará cuando E y D estén terminadas.

4. G sucede a F ya que sólo se puede pintar, terminar y colocar, si la mesa está ensamblada. Esta podría ser la última actividad, sin embargo, por requerimientos del método se incluye la actividad H.

5. Las flechas indican el orden de ejecución y la interrelación entre las actividades.

Llamaremos *camino entre dos actividades* a un conjunto de actividades unidas por flechas. Por ejemplo, los caminos entre A y F son dos (A, C, E y F) y (A, B, D y F), otro ejemplo: el camino entre B y F sólo es uno: (B, D y F).

Sumando las duraciones de las actividades de un camino se tiene la duración de ese camino.

Ahora bien, el camino entre las actividades PRINCIPIO y FINAL, cuya duración es mayor, se denomina CAMINO CRÍTICO. En este ejemplo existen dos caminos: (A, C, E, F, G y H) y (A, B, D, F, G y H), la duración del primero es de $(0 + 3 + 5 + 2 + 1 + 0) = 11$ y la del segundo es de $(0 + 4 + 6 + 2 + 1) = 13$, en consecuencia, el segundo es el *camino crítico*.

Se puede observar que los dos caminos de A a F tienen duración diferente: la de (A, C, E y F) es de 8 días y la de (A, B, D y F) es de 10 días; esto significa que tenemos dos días de *holgura* en el camino de 8 días; estos 2 días se pueden usar retardando el inicio de alguna de las actividades del camino, puesto que si se terminan las actividades, no se ha ganado nada. La siguiente actividad, F, sólo puede iniciarse hasta que termina D. En la sección (b) se puede apreciar el cálculo de este tiempo de *holgura*.

El proyecto en cuestión, por lo mencionado anteriormente, se puede realizar en 13 días, si no hay ningún retraso. Ahora bien, si hubiera un retraso total de 2 días en las actividades C y E, también se podría terminar el proyecto en 13 días. Nótese que estas actividades no están en el camino crítico.

b) Cálculo del camino crítico y el tiempo de holgura de cada actividad. Definimos, a continuación, los términos necesarios para la explicación del método:

Duración (D): Es el tiempo necesario para realizar una actividad dada.

Tiempo próximo de iniciación (TPI): Es el momento más cercano al inicio de un proyecto, en el que ya se puede iniciar una actividad (considerando que se han realizado las actividades anteriores según la red).

Tiempo lejano de terminación (TLT): Es el momento más lejano en que se puede terminar una actividad, sin retrasar el proyecto.

Tiempo próximo de terminación (TPT) = $TPI + D$.

Tiempo lejano de iniciación (TLI) = $TLT - D$.

Tiempo de holgura (TH): Es el resultado de: $TLI - TPI$ ó $TLT - TPT$.

Nuestra siguiente tarea consiste en determinar la fecha de terminación más próxima *TPT*, del proyecto. Para hacer lo anterior se hacen las siguientes computaciones, partiendo de la actividad PRINCIPIO y subiendo un nivel cada vez:

1. Escriba 0 a la *derecha* de PRINCIPIO.
2. Tome otra actividad y a su izquierda anote el número *más alto* que aparece a la derecha de cualquier antecesor inmediato.
3. Añada a este número la duración de la actividad anotándolo a la *derecha* del círculo.
4. Continúe hasta llegar a la actividad FINAL.

La interpretación de la rutina es la siguiente: El número a la *izquierda* de la actividad es el *más próximo* de su posible *inicio*, y el número a la *derecha* es el tiempo *más próximo* a su posible terminación. PRINCIPIO empieza en el tiempo cero, y de ahí computamos los otros números tomando en cuenta el hecho de que un proyecto puede empezar tan pronto como sus antecesores inmediatos han sido terminados. A los tiempos computados se les llama tiempo próximo de iniciación *TPI* y tiempo próximo de terminación *TPT* de las distintas actividades. La respuesta a nuestro problema es que el tiempo más próximo en el cual el proyecto se termina lo denominamos *tiempo meta*.

La figura 7-6, señala el *TPI* y el *TPT* de todas las distintas actividades que pueden computarse. El *tiempo meta* fue de 13.

Nótese que al subir los niveles y llegar a la actividad $\textcircled{F, 2}$,

anotamos a su izquierda el *TPT más alto* de sus antecesores inmediatos.

A continuación quisiéramos saber de qué tanta libertad disponemos al programar las distintas actividades. Para ello queremos saber el tiempo lejano de terminación, *TLT*, o su inicio, *TLI*, sin retrasar el *tiempo meta*. Continuamos anotando los tiempos de *inicio* a la *izquierda* y los tiempos de *terminación* a la *derecha* de las actividades, señalando *TLI* a la izquierda y *TLT* a la derecha. Esta forma es muy similar al método anterior de 4 pasos, sólo que empezamos con FINAL y bajaremos un nivel cada vez.

1. Con base en la figura 7-6, empezamos con FINAL

$$\frac{TLI}{13} \quad \textcircled{H, 0} \quad \frac{TLT}{13}$$

señalando ahora *TLI* y *TLT* en lugar de *TPI* y *TPT*.

2. Reste *TLT* de la duración de cada actividad.

Ejemplo: $TLT - D = 13 - 0 = 13$.

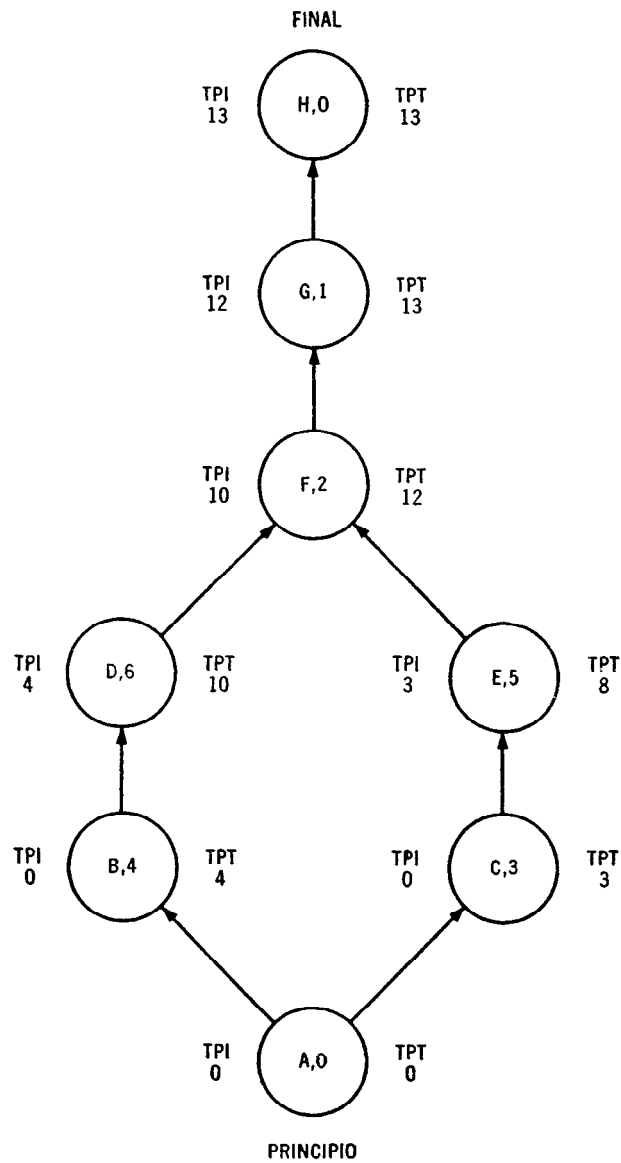


Figura 7-6. Tiempo próximo de iniciación. TPI
Tiempo próximo de terminación. TPT

3. Anote el resultado a la izquierda del círculo, como *TLI*.
4. El *TLI* obtenido, lo anotamos como *TLT* a la derecha del círculo de la actividad sucesora inmediata, tal como lo indican las flechas punteadas en la figura 7-7. Cuando una actividad tiene más de un sucesor, se elige como *TLT* al *TLI* más pequeño de dichos sucesores.

5. Continuamos hasta llegar a la actividad PRINCIPIO.

La figura 7-7 señala el *TLI* y el *TLT* de las distintas actividades que pueden computarse.

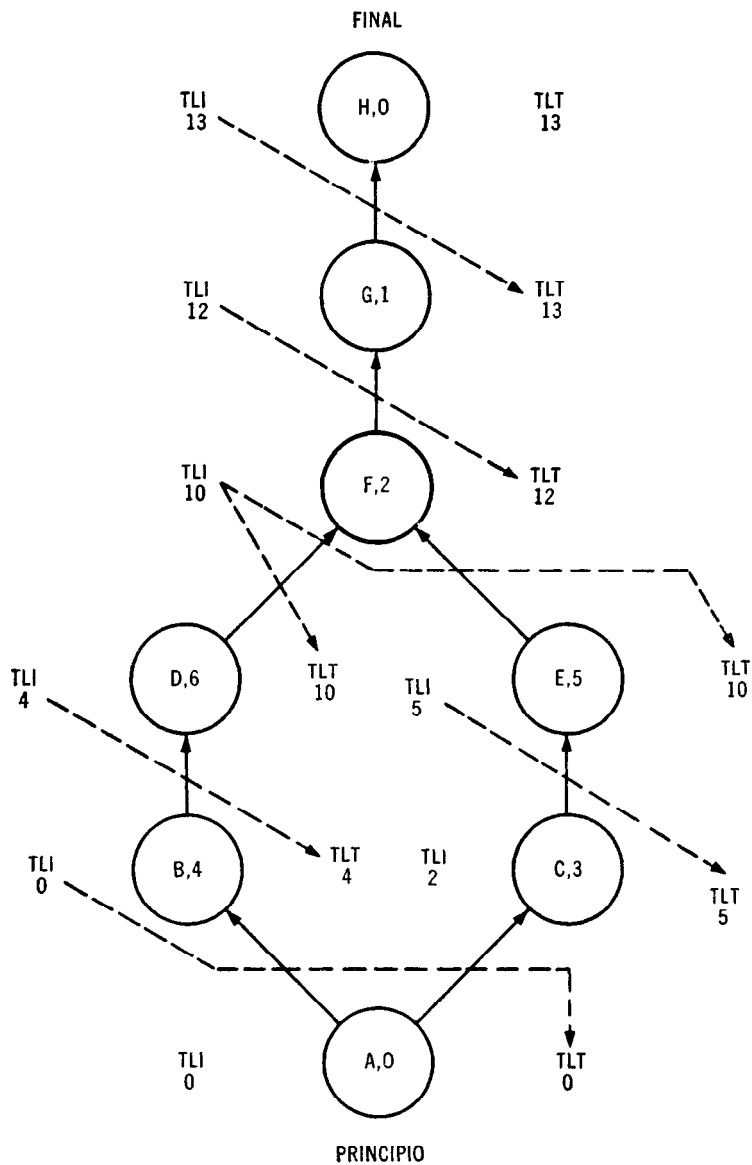


Figura 7-7. Tiempo lejano de iniciación: *TLI*
Tiempo lejano de terminación: *TLT*

NÓTESE, que al bajar los niveles y llegar a la actividad (A , 0),

principio, asignamos a ésta el *TLI más pequeño* de sus sucesores inmediatos $\textcircled{B, 4}$ y $\textcircled{C, 3}$, tal como lo indica la flecha punteada, colocándolo a la derecha del círculo como *TLT*.

El resultado de los análisis anteriores puede resumirse en la tabla 7-1.

Tabla 7-1

Clave	D	TPI	TLI	TPT	TLT	Holgura
A	0	0	0	0	0	0
B	4	0	0	4	4	0
C	3	0	2	3	5	2
D	6	4	4	10	10	0
E	5	3	5	8	10	2
F	2	10	10	12	12	0
G	1	12	12	13	13	0
H	0	13	13	13	13	0

Para el cálculo de la holgura de cada actividad, dimos anteriormente unas fórmulas que son:

$$H = TLI - TPI = TLT - TPT$$

Aplicando estas fórmulas se tiene para C:

$$H = TLI - TPI = TLT - TPT$$

$$H = 2 - 0 = 5 - 3$$

Haciendo lo mismo para E se tendrá:

$$H = 2$$

Puede observarse que sólo las actividades C y E tienen tiempo libre u holgura. Esto no quiere decir que cada una cuenta con 2 días, más bien, significa que están en alguna cadena que cuenta con 2 días de holgura. Observe que el camino crítico, como antes se definió, lo constituyen las actividades (A, B, D, F, G y H)'. Estas actividades carecen de *HOLGURA*, lo cual significa que si sucede algún atraso en alguna de ellas, se causa un retraso en la terminación del proyecto. Por otra parte, observe que la cadena (A, C, E, F), en primer lugar, no pertenece al camino crítico, más aún, tiene holgura, de manera que si sufren en total C y E un retraso no mayor de 2 días, no causan retraso alguno a la terminación del proyecto y entonces, es posible asignar ese tiempo de holgura de 2 días a las actividades C y E como nos convenga. Podría manejarse de modo tal que

nos permita alguna reducción de costo del proyecto, usando los recursos limitados de la forma más económica.

En este ejemplo hemos visto que para calcular los tiempos de holgura, estamos considerando que el tiempo total para el proyecto es de 13 días, o sea que es la suma de los tiempos de duración de cada actividad. Sin embargo, es de tomarse en cuenta que si para la ejecución total del proyecto se fijara un tiempo mayor que 13 días, entonces desde el principio, tendríamos una holgura por la diferencia entre el tiempo fijado y 13 días. Recíprocamente, si el tiempo fijado es menor que 13 días, nunca se podrá terminar a tiempo, es decir, se empezaría con un retraso que nunca se eliminaría, si no se modifican las duraciones de las actividades.

c) Ventajas del método. Las ventajas del método son las siguientes:

1ª Permite tener una gráfica que señala la secuencia, dependencia y relación entre las actividades.

2ª Como resultado de lo anterior nos permite conocer qué tiempo es necesario para terminar el proyecto, o sea, la duración del camino crítico. Además, nos indica el tiempo de holgura de las actividades, lo cual facilita la toma de decisiones para reducir los costos del proyecto, mejorando el uso de los recursos.

3ª Hemos presentado el método como herramienta de planeación, pero su uso es valioso para controlar un proyecto, ya que, conforme se ejecutan las actividades podemos hacer la gráfica de las actividades pendientes de realizar y calcular el nuevo camino crítico, comparándolo con el original y encontrando las desviaciones. Al tomar en cuenta las diferencias de tiempo de duración de las actividades ya terminadas, se obtiene información para las decisiones sobre el control del proyecto. Esta ventaja se aprecia mejor en proyectos con cientos de actividades. Más aún, después de haber ejecutado las decisiones de control, se puede hacer nuevamente la gráfica y encontrar el nuevo camino crítico.

4ª El conocer cuáles son las actividades críticas, facilita la administración del proyecto, el análisis de las actividades verdaderamente importantes, considerando la duración del proyecto. De este modo se evita también el acelerar actividades "no críticas" que no colaboran a la reducción del tiempo de terminación del proyecto.

5. MODELOS GRAFICOS DE PLANEACION Y PROGRAMACION

Ya no debe tener nuestro estimado lector la menor duda para asegurar que en la industria moderna, la planeación representa los cimientos sobre los cuales va a edificar su supervivencia y su éxito económico.

Para lograr una buena planeación es necesario considerar el factor que lleva implícito ésta misma. A este factor se le llama programación, y programar significa establecer un horario destinado a las actividades que requieren las instalaciones productivas. En este caso

nos interesa elaborar horarios para ordenes de fabricación, utilizando los medios de producción disponibles en la fábrica. Sin embargo, los problemas no difieren mucho de los que se pueden presentar al establecer horarios de autobuses y aviones, programas para acontecimientos deportivos u horarios escolares.

a) **Diagrama de carga.** Este diagrama relaciona el programa referido al *tiempo* y la *cantidad* o carga de trabajo que debe llevarse a cabo. El diagrama de carga nos ayuda a preveer con anticipación la carga de trabajo de una máquina, un departamento de fabricación o toda la planta. La carga suele especificarse en función de horas de trabajo.

La figura 7-8 muestra un típico diagrama de carga. Obsérvese que el diagrama no indica cuándo debe hacerse un trabajo, sino únicamente cuánto trabajo tiene asignado cada máquina.

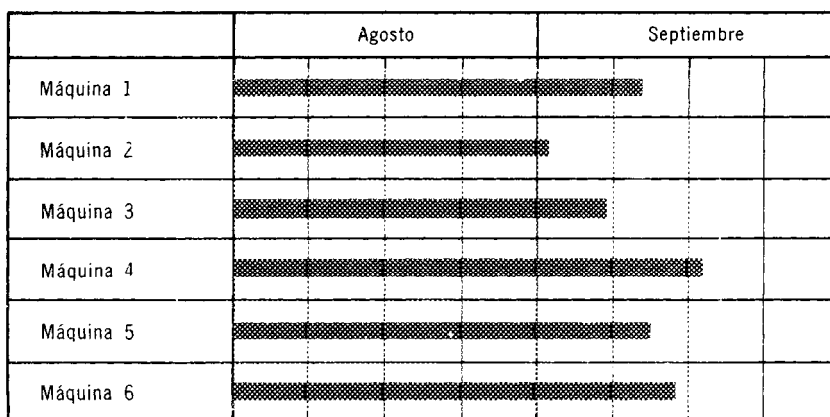


Figura 7-8. Diagrama de carga.

El diagrama de carga es representado generalmente mediante el uso de algún método gráfico, como la Gráfica de Gantt, llamada también gráfica de barras.

Nuestro lector puede analizar que si una carga de trabajo resulta excesiva, habrá que tomar otras medidas, como por ejemplo delegar el trabajo a otra máquina u otro departamento o tal vez enviar a maquilar los trabajos a otros talleres. El diagrama de carga nos ayuda a planear la carga correcta y preveer las instalaciones desocupadas. Esto nos permite programar el mantenimiento de la maquinaria, trasladar personal, planificar vacaciones y hacer los presupuestos necesarios para contratar y suspender personal.

b) **El diagrama de Gantt.** Este diagrama es sin duda el método más difundido de programación gráfica o esquemática, siendo al mismo tiempo la técnica de planeación y control de más uso actualmente.

Cabe señalar que este diagrama se vale de un lenguaje abreviado y es necesario conocer los símbolos del mismo. Los símbolos generalmente usuales se presentan en la figura 7-9, sin embargo, no hay nada que objetar si una empresa desea crear los propios.

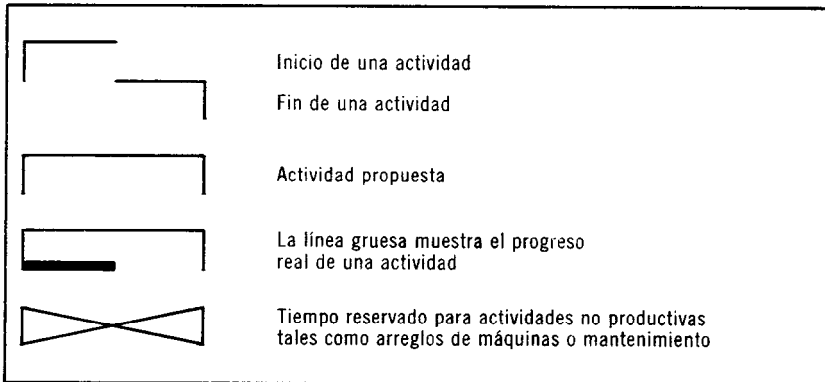


Figura 7-9. Símbolos de Gráfica Gantt.

Un ejemplo de Gráfica Gantt aparece en la figura 7-10.

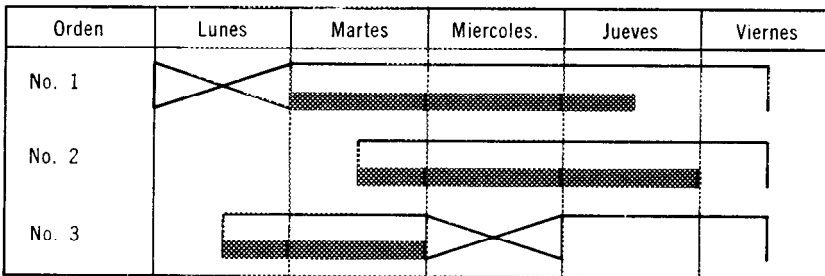
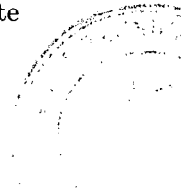


Figura 7-10. Ejemplo de Gráfica Gantt.

Es preciso comprender que las distancias a lo largo del eje horizontal de la gráfica, representan tiempo o producción.

Paralela a la línea delgada corre otra gruesa que representa la producción propuesta. La diferencia entre ambas líneas muestra cuánto falta aún para que la producción llegue a su término.

El tiempo reservado para actividades no productivas, tales como mantenimiento o arreglo de máquinas se comprenderá fácilmente contemplando la figura.



c) **Programación secuencial.** Podemos decir que la programación secuencial se basa en la identificación, ordenamiento y determinación de los tiempos de realización de las distintas actividades que comprende un plan de acción. Dicho de otra manera, es la secuencia lógica del conjunto de operaciones necesarias para procesar un producto.

Haciendo uso de un diagrama de barras, es posible representar en forma esquemática la programación secuencial teniendo en cuenta las siguientes indicaciones:

1. Determine cuáles son las actividades del proceso.
2. Haga una estimación de la duración real o efectiva de la actividad.
3. Haga una lista de actividades e indique las mismas usando el renglón a la izquierda del diagrama, manteniendo la secuencia lógica del proceso.
4. Represente cada actividad mediante una barra horizontal, cuya longitud a una escala determinada sea representativa de la duración real o efectiva del proceso.
5. Desplace la barra que representa la duración de la actividad a la derecha del renglón correspondiente a la misma, teniendo en cuenta que el extremo izquierdo de la barra señala el comienzo de una actividad (o la fecha de iniciación) y el extremo derecho de la barra el fin de una actividad (o de la fecha de terminación).

Suponga ahora nuestro lector que desea programar la fabricación de un lote de 500 mil cajas de empaque para cereales, teniendo en cuenta los siguientes datos:

- a) El pedido debe surtir al cliente en 21 días.
- b) La materia prima y los materiales estarán en la fábrica a los 4 y 5 días, respectivamente, después de colocar el pedido.
- c) El proceso de impresión dura 2 días.
- d) El proceso de corte (troquelado) dura 3 días.
- e) El martillado neumático dura 2 días.
- f) El proceso de engomado de 500,000 cajas dura 6 turnos (8 hrs. c/turno).
- g) El embarque debe estar con el cliente con un día de anticipación.

La lista de actividades es la siguiente:

Ordenar materia prima y materiales.
Proceso de impresión.
Proceso de corte (troquelado).
Martillado neumático.
Proceso de engomado.
Embarque al cliente.

Debido al sistema de control de producción establecido, el proceso de impresión no puede iniciarse sino hasta recibir tanto materias primas como materiales. Así también la impresión no podrá empezar hasta no permitir el mantenimiento o arreglo de las máquinas (esto dura aproximadamente un día).

El corte (troquelado) no podrá iniciarse sino hasta tener listo el arreglo de la máquina. (Esto dura aproximadamente 3 turnos de 8 hrs. c/u.)



Siguiendo las indicaciones señaladas anteriormente, la programación secuencial para la fabricación de empaques aparece en la figura 7-11.

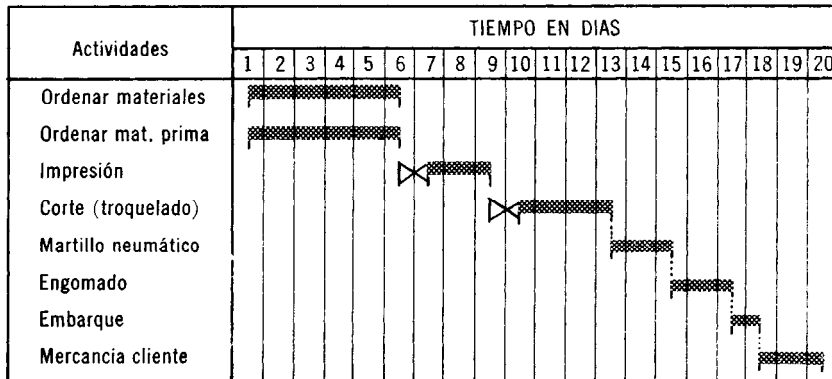


Figura 7-11. Programación secuencial. Fabricación empaque para cereales.

Como puede apreciarse en la figura 7-11, la programación secuencial en este caso es satisfactoria y en consecuencia se acepta el programa. De otra manera se recurre al criterio y experiencia personal del programador. Se hacen los cambios necesarios según el proceso productivo hasta llegar a una solución aceptable.

d) Conclusión. Uno de los inconvenientes que presentan los modelos gráficos, es su dificultad en el manejo de la programación. Las gráficas de Gantt exigen atención constante, con el fin de manejar y obtener oportunamente la información. Tienen el defecto de considerar una sola dimensión — el tiempo. Igualmente, es difícil transcribir en ellas los cambios en los planes y programas.

Tanto se ha escrito sobre dichos métodos de planeación y control de producción, que los principios elementales se pierden muchas veces en una plétora de detalles. Sin embargo, los modelos señalados ofrecen algunas significativas ventajas:

- La Gráfica Gantt es fácil de elaborar con papel, lápiz y regla.
- Estas gráficas son condensadas. Pueden sustituir todo un archivo lleno de información.
- Son gráficas netamente dinámicas, ya que proporcionan una imagen viva del proceso productivo.
- No es necesario recordar tanta información para poder comparar el trabajo planeado y el avance del mismo.

Sea cual fuere el modelo empleado, el objetivo del mismo consiste en poner la planeación y el control de producción sobre una base coherente y ordenada, y además en proveer a la gerencia de un dispositivo automático para determinar posibles fuentes de dificultades.

Referencias bibliográficas

1. *Planeación y control de la producción*. Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso. 1968. Pág. 6.
2. Adaptado de: *Planeación y control de la producción*, Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso. 1968. Pág. 6.
3. *Control de producción*. "Procedimiento Cuantitativo". John E. Biegel. Herrero Hermanos, Sucesores, S. A. Editores. México 1972. Cap. 7, pág. 106.
4. *Planeación y control de la producción*. Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso. 1968. Pág. 6.
5. Adaptado de: *Planeación y control de la producción*. Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso. 1968. Pág. 68.
6. Adaptado de: *Planeación y control de la producción*. Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso. 1968. Pág. 67.
7. Adaptado de: *Planeación y control de la producción*. Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso. 1968. Pág. 73.
8. *Planeación y control de la producción*. Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso. 1968. Pág. 72.
10. Adaptado de: *Planeación y control de la producción*. Centro Nacional de Productividad. Apuntes para el curso. 1968. Pág. 113.
11. *Production Management*. Raymond R. Mayer. McGraw-Hill Book Company, Segunda edición 1968. Cap. 3, pág. 60.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. *Administración y dirección de la producción*. Elwood S. Buffa. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México. 1972.
2. *Planeación y control de la producción*. Robert H. Bock y William K. Holstein. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México. 1966.
3. *Dirección de producción*. "Sistemas y Síntesis". Martin K. Starr. Herrero Hermanos Sucesores, S. A. México. 1968.
4. *Control de producción*. "Procedimiento Cuantitativo". John E. Biegel. Herrero Hermanos Sucesores, S. A., Editores. México. 1972.
5. *Método del camino crítico*. Preparado por: Catalytic Construction Company. Editorial Diana. México. 1972.
6. *Método de la ruta crítica y su aplicación a la construcción*. Antill y Woodhead. Editorial Limusa, S. A.

TEMA 8

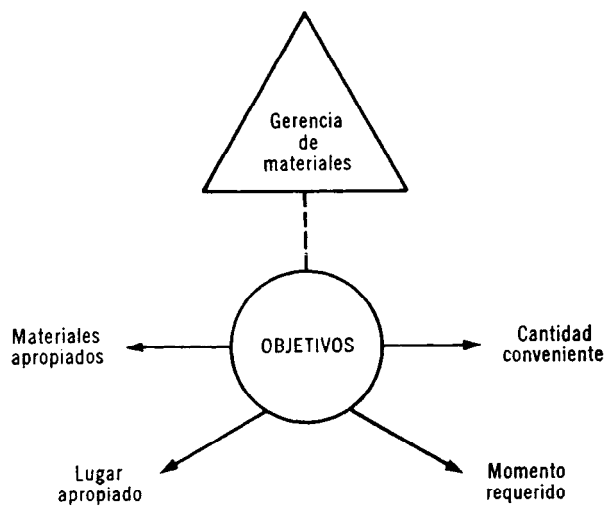
Administración de materiales

Sumario:

1. *Importancia del sistema de materiales.*—2. *El sistema de compras.*—a) Definición en importancia.—b) Objetivos del sistema.—c) La función del sistema.—3. *El sistema de inventarios.*—a) Definición.—b) Clasificación.—c) Ejemplo de un sistema de producción-inventarios.—d) Costos de inventarios.—e) Políticas A B C.—f) Cantidad económica de compras y de producción.—g) Limitaciones del modelo básico.—h) Inventarios de seguridad. El punto de reorden.—i) Sistemas básicos de reabastecimiento.—4. *Generalidades de la distribución física.*—a) Sistema de manejo y embarque de materiales.—b) Organización de la distribución física.

1. IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE MATERIALES

Los requerimientos y necesidades de la empresa moderna han encontrado en la administración de materiales, un factor indispensable para la organización de la producción. El objetivo que persigue la gerencia de materiales es disponer de los materiales apropiados, en la cantidad conveniente, en el lugar apropiado y en el momento requerido.



El sistema de materiales es un concepto de organización que relaciona todas las funciones involucradas con materiales: compras, inventarios y manejo. La gerencia de materiales está a cargo de todas aquellas actividades que facilitan el flujo ininterrumpido de materiales, herramientas, piezas y servicios requeridos por el sistema de producción.

La función del sistema de materiales aparece ilustrada en la figura 8-1.

La secuencia del sistema de materiales es la siguiente:

El sistema de compras recibe como insumo los servicios proporcionados por los proveedores, controlando las órdenes de compra en lo que respecta a precios, servicios y calidad, estableciendo al mismo tiempo un control adecuado en las entregas de materias primas o materiales y en los pagos. Su producto, obviamente, es la compra de materiales.

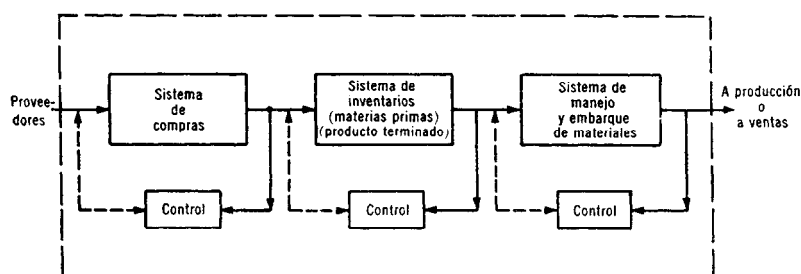


Figura 8-1. Sistema de materiales

El sistema de inventarios recibe como insumos los materiales o materias primas que se almacenan para su disponibilidad controlando, al mismo tiempo, las entradas y salidas, tanto de las materias primas como del producto terminado.

En el sistema de manejo y embarque, las entradas y salidas son los elementos esenciales para el manejo y transporte de los materiales, y toma en cuenta los espacios para almacenamiento, los puntos de recepción, las áreas de embarque y los sitios de trabajo. El sistema no sólo maneja materiales o materias primas, también se encarga del producto terminado. Es decir, las previsiones para el manejo de los materiales abarcan desde el muelle de descarga hasta el almacén, tratándose de materias primas; y del almacén a las áreas de embarque, cuando se trata de productos terminados. El sistema de manejo puede controlar, también, la distribución de productos en proceso.

Un organigrama típico de la administración de materiales aparece en la figura 8-2.

La subdivisión que presenta el organigrama permite un control de lo más detallado de los materiales.

Sin embargo, "algunos propositores del concepto dan repentinamente

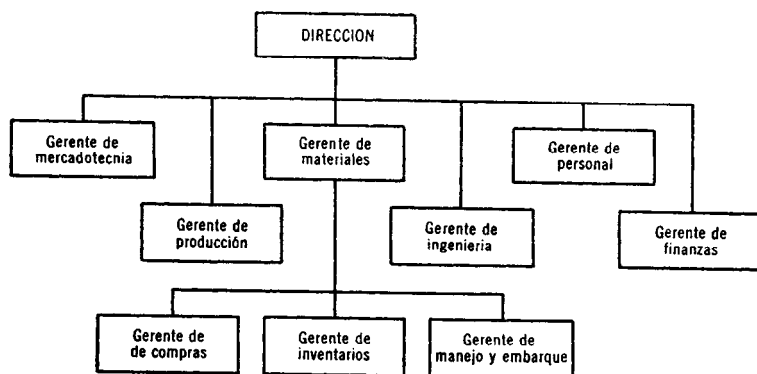


Figura 8-2. La administración de materiales en la empresa

la voz de alerta y advierten que cuando la gerencia de materiales trata de interferir o de hacerse cargo del programa de producción del taller, corre el peligro de propasarse del fin para el que fue creada, y que, a la corta o a la larga, esto crea fricciones con el departamento de producción. La forma menos radical de organización que proponen es, que el jefe de producción se responsabilice de la programación de producción; en todo lo demás, su organigrama es idéntico al ejemplo de la figura 8-2. Estos propositores definirían la gerencia de materiales como la agrupación, bajo un gerente, de las funciones relativas al flujo de materiales, incluyendo la expedición de solicitudes, las compras, la aceleración de los procesos y el control del inventario hasta el punto de introducción en la línea de producción. Sin embargo, algunas compañías, tienen un gerente de materiales, que lleva las compras y el control de inventarios bajo su dirección.

Para no confundir y para demostrar la verdadera necesidad de definir el concepto, en algunos casos, tienen un gerente de materiales que es un “superhombre” de compras (presuntamente con un título universitario); otras empresas tienen un departamento de “compras” que abarca todas las funciones relacionadas con los materiales; y, finalmente, varias compañías grandes tienen divisiones con una organización de gerencia de materiales y divisiones con un grupo de compras tradicional.” [1]

Cabe señalar, que la duplicidad de funciones no se presenta cuando existe una colaboración estrecha de la gerencia de materiales con una organización general sana; es decir, cuando comprende la labor de la gerencia de compras, de la gerencia de mercadotecnia y de las necesidades de producción, así como, cuando está al tanto de las innovaciones de los proveedores y de las necesidades de la gerencia de ingeniería en sus esfuerzos por preparar nuevos productos para su fabricación y venta.

2. EL SISTEMA DE COMPRAS

a) Definición e importancia. Tradicionalmente, el sistema de compras es el responsable de hacer todas las compras requeridas en el momento debido, en la cantidad y calidad requeridas y al precio debido. Esta definición implica saber qué es lo que se compra y por qué se compra, además de analizar cualquier aspecto de una compra, ya que puede afectar alguna operación provechosa para la empresa.

Podemos decir que el sistema de compras es el eslabón entre una compañía y sus proveedores. La importancia del sistema de compras la señala Peter F. Drucker cuando dice: “La clave de una mercadotecnia eficiente y fructífera no es el proveedor sino el comprador.” [2]

Lo anterior revela que el sistema de compras tiene la tremenda responsabilidad de conseguir las mercancías y los servicios más adecuados para la empresa.

Nuestro amigo Peter continúa diciendo:

“El comprador industrial tiene que conocer, naturalmente, su propio negocio (y los progresos logrados en años recientes, en este sentido son muy alentadores); tiene que saber en qué forma el producto o suministro que está comprando contribuirá a los resultados finales de su empresa; tiene que comprarlo al costo por unidad de su propio artículo terminado más bien que por el marbete del precio. Pero debe también conocer, a la perfección, la estructura y la situación económica de la industria del proveedor.” [3]

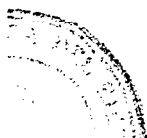
“El agente de compras de hoy, tiene que ser uno de los gerentes más preparados de su compañía. A menos que entienda suficientemente y con bastante detalle sobre diseño, ingeniería, producción, mercadotecnia y sobre las demás funciones relacionadas, le será absolutamente imposible llevar a cabo su labor. Insistimos en que nuestros compradores sean consultados en las primeras etapas de diseño, de ingeniería y de producción. Con frecuencia están en condiciones de hacer sugerencias creativas y estudios que pueden redundar en productos mejorados, programas de producción más rápidos y hasta en un mejor diseño y presentación. En realidad, las consideraciones de precios probablemente vendrán en primer lugar. Pero, día a día, las compañías se están percatando de que las prácticas creativas de compras pueden redundar en algo más que un simple ahorro de dinero; pueden también proporcionar dinero.” [4]

b) Objetivos del sistema. “Poco comprendida ha sido la función de compras por parte de los ejecutivos no relacionados con ella, probablemente porque esta función no tenía en tiempos pasados la importancia que está adquiriendo hoy, y porque los compradores no estaban considerados como personal de talento superior en las organizaciones. Por consiguiente, las compras habían estado relegadas a una posición subordinada a otros departamentos, especialmente al de producción. En años recientes, esta costumbre ha cedido su lugar al reconocimiento gradual de que una labor de compras eficaz requiere de individuos con intereses y conocimientos especializados y con capacidad para hacer frente a las condiciones cambiantes que experimentan los negocios modernos.

“En el futuro, a la función de compras se le impondrán, probablemente nuevas y pesadas responsabilidades a fin de mantener la posición de la compañía en el mercado. Por ejemplo; mayor confianza en el producto del proveedor, mejor servicio del suministrador, análisis de valores, pronósticos de precios a largo plazo, adaptación a procedimientos automatizados, relaciones comerciales más eficaces, introducción de nuevos materiales y coordinación de los requisitos de los materiales. También deben mantenerse los costos de los materiales tan bajos como sea posible sin menoscabar la calidad. Esta pretensión creará muchos problemas en las relaciones y en el trato con otras personas y departamentos.” [5]

Específicamente, los principales objetivos de compras son:

- “1. Pagar precios razonablemente bajos por los mejores productos obtenibles, negociando y ejecutando todos los compromisos de la compañía.



2. Mantener los inventarios lo más bajo posible, sin perjudicar la producción.
3. Encontrar fuentes de suministro satisfactorias y mantener buenas relaciones con las mismas.
4. Asegurar la buena actuación del proveedor, en lo que se refiere a la rápida entrega de los materiales y a una calidad aceptable.
5. Localizar nuevos materiales y productos a medida que vayan requiriéndose.
6. Introducir buenos procedimientos, además de controles adecuados y una buena política de compras.
7. Implantar programas como análisis de valores y análisis de costo, y decidir si deben comprarse o hacerse los materiales para reducir el costo de las compras.
8. Conseguir empleados de alto calibre y permitir que cada uno desarrolle al máximo su capacidad.
9. Mantener un departamento, lo más económico posible sin desmejorar la actuación.
10. Mantener informada a la alta gerencia de los nuevos materiales que van saliendo, que puedan afectar la utilidad o el buen funcionamiento de la compañía." [6]

c) La función del sistema. La función del sistema de compras es proveer de lo necesario a las operaciones de la empresa. En esencia, el sistema de compras cumple con su objetivo, recibiendo información y asistencia de otras áreas de operación de la empresa. La figura 8-3, nos ilustra lo anterior:

Las líneas punteadas indican la comunicación que debe existir entre el departamento de compras y las otras áreas de la empresa. Las líneas llenas nos recuerdan el comportamiento de la productividad como un sistema, lo cual fue visto en el tema 2 de este libro.

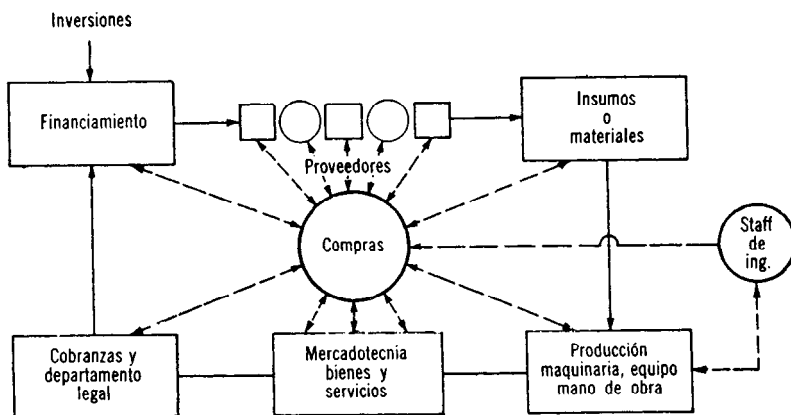


Figura 8-3. La función del sistema de compras

También en este caso, volvemos a hacer hincapié en el valor de la comunicación entre las distintas áreas de la empresa y en la necesidad de crear líneas claras de autoridad. La alta administración debe fijar metas amplias para la función de compras. En la empresa donde no se sigue esta práctica, la gerencia de compras debe fijar sus propias normas de buena actuación y hacer todo lo que esté en sus manos para cumplirlas.

Algunas de las metas de la función de compras con las otras áreas de la empresa podrían ser las siguientes:

Compras ← — → *finanzas*

- Mantener bajos los costos de funcionamiento.
- Mantener una aportación eficaz a las utilidades mediante análisis de valía y reducción de costos.

En este punto, podemos decir que la función de compras es la heredera de la responsabilidad de las utilidades. Si una empresa gasta un promedio de 53 % de su peso en ventas en materiales y servicios, aquella empresa con un volumen de ventas de 60 millones de pesos gastaría 31.8 millones de pesos para cubrir el costo de los materiales comprados, de los suministros y de los servicios. A un margen de utilidad promedio del 9 %, se requieren 6 millones de pesos de ventas para producir una utilidad de \$ 540,000; sin embargo, con sólo una reducción del 5 % en el costo de las compras, esta utilidad puede aumentarse en un 29 %, o sean \$ 159,000.

Compras ← — → *proveedores*

- Crear un clima de buena voluntad para la empresa, mediante unas relaciones comerciales cordiales.
- Mantener una buena selección de proveedores que actúen de la mejor manera posible.
- Obtener el mejor valor en los materiales comprados y al precio más bajo posible, sin menoscabo en la calidad.

En este punto, cabe aclarar que ningún comprador adquiriría por sistema, un artículo al precio más bajo. Un escritor, John Ruskin, dijo en su oportunidad:

“Es imprudente pagar en exceso... pero aún lo es más pagar demasiado poco. Cuando se paga en exceso, se pierde algo de dinero... eso es todo. Cuando se paga demasiado poco, a veces se pierde todo, porque lo que se ha comprado no puede realizar la función para la que se compró. La ley común de equilibrio comercial impide que se pague poco y se obtenga mucho, esto no puede hacerse. Si se negocia con el mejor postor, es conveniente añadir algo por el riesgo que se corre. Y si se añade algo, se tendrá suficiente para pagar por un artículo mejor.”

Compras $\leftarrow - \rightarrow$ producción $\leftarrow - \rightarrow$ ingeniería

El departamento de producción es el punto inicial de la mayor parte de las requisiciones de materiales y el punto final de la corriente de flujo de los insumos. La principal meta de comunicación entre el departamento de compras y los departamentos de producción e ingeniería puede ser, tal vez, el factor *comprar* o *hacer*. "La gente de producción e ingeniería, piensa muchas veces que compras prefiere comprarlo todo. Este sentimiento se origina de la frecuencia con que ese departamento sugiere ideas sobre artículos ya fabricados y recomienda que se compren a proveedores especializados. Estas sugerencias son la consecuencia natural de las continuas e íntimas discusiones con los vendedores. Sin embargo, hay muchas más operaciones de compra cuando se fabrica un artículo que cuando lo suministra un proveedor. Por ejemplo, si una compañía decide comprar una compresora, sólo se adquiere ese artículo; en cambio, si decide fabricar las compresoras, entonces deben adquirirse los pistones, los anillos de los pistones, las bielas, las piezas fundidas, el aceite lubricante y muchos más artículos relacionados con el proceso de fabricación." [7]

Esto implica una estrecha comunicación del sistema de compras con los sistemas de producción e ingeniería de una empresa. La investigación que conjuntamente se lleve a cabo, puede ser muy efectiva en los análisis de las situaciones en que debe determinarse si se va a fabricar o a comprar. Al tomar decisiones sobre la alternativa más provechosa de comprar o hacer, una lista que puede resultar de ayuda a las metas de los sistemas de compras, producción e ingeniería es la siguiente: [8]

Comprar:

1. Los estudios de costos indican que es más barato comprar que fabricar.
2. No se dispone de espacio, de equipo, de tiempo y/o de habilidad para llevar a cabo las operaciones necesarias de producción.
3. Debido al pequeño volumen o a otras necesidades de capital, la inversión para fabricar no resulta atractiva.
4. Se desea que otro encare las demandas estacionales, cíclicas o arriesgadas del mercado.
5. La necesidad de técnicas o de equipo especial hace que sea más lógico comprar.
6. Es aconsejable que los ejecutivos de la compañía se concentren en su especialidad.
7. Se desea una supervisión en las propias operaciones.
8. Las patentes o las relaciones entre clientes y proveedor favorecen comprar.

Fabricar:

1. Los estudios de costos indican que es más barato fabricar que comprar.
2. Fabricar se aviene a los conocimientos, al equipo y a la tradición de la compañía.

3. Se dispone de capacidad para absorber los gastos indirectos.
4. Lo que se está considerando es raro o complejo; se requiere una supervisión directa para asegurar el control.
5. Fabricar facilitará el control de cambios en las piezas, en los inventarios y en las entregas.
6. La pieza es difícil de transportar.
7. El diseño de la pieza o su fabricación son confidenciales.
8. No se desea depender de una sola fuente externa de suministro.

Si para una empresa es más lógico comprar, comprará; o si le resulta más económico fabricar, fabricará. En el mejor de los casos, los sistemas de compras, producción e ingeniería deberán tener en cuenta la ecuación que marca la pauta en el factor “comprar o hacer”:

$$\text{Costo de oportunidad} = \text{Valor estimado} + \text{Valor de servicio}$$

de tal suerte, que el lector podrá estimar fácilmente la importancia que representa para la empresa una estrecha colaboración y comunicación entre compras, producción e ingeniería.

Compras ← — → *departamento legal*

Las comunicaciones del departamento de compras con el departamento legal, requiere metas cuidadosas con respecto a requisiciones, facturas, rechazos, créditos, cancelaciones, etc., así como descripciones de las diversas clases de contratos: cuándo deben usarse; cómo deben prepararse, etc.

Compras ← — → *mercadotecnia*

La información que proporciona el sistema de mercadotecnia al analizar los pronósticos de la demanda de los productos que fabrica la empresa, es de primordial importancia en la compra y venta de factores futuros. Es decir, la información que proporcione el sistema de mercadotecnia al sistema de compras, indicará hasta qué punto es posible comprar por adelantado.

Así por ejemplo, una empresa que prevea un aumento de los precios de los artículos básicos, materiales o materias primas, comprará una cantidad determinada de los mismos para su entrega en un mes futuro. Se paga el precio del mercado más los gastos. Cuando se necesite realmente ese material para las actividades de producción, antes del mes futuro, se hará una compra en el acto de entrega inmediata y al contado. Simultáneamente se concertará una venta para su entrega en el mes futuro. A este tipo de técnicas de compras especializadas se le llama compra y venta de futuros (en inglés: *Hedging*). Estas operaciones requieren, naturalmente, de la comunicación más sofisticada entre compras y mercadotecnia.⁹

⁹ Si al lector le interesa analizar más extensamente la función de compras, nos per-

La figura 8-4, nos ilustra el procedimiento de compra.

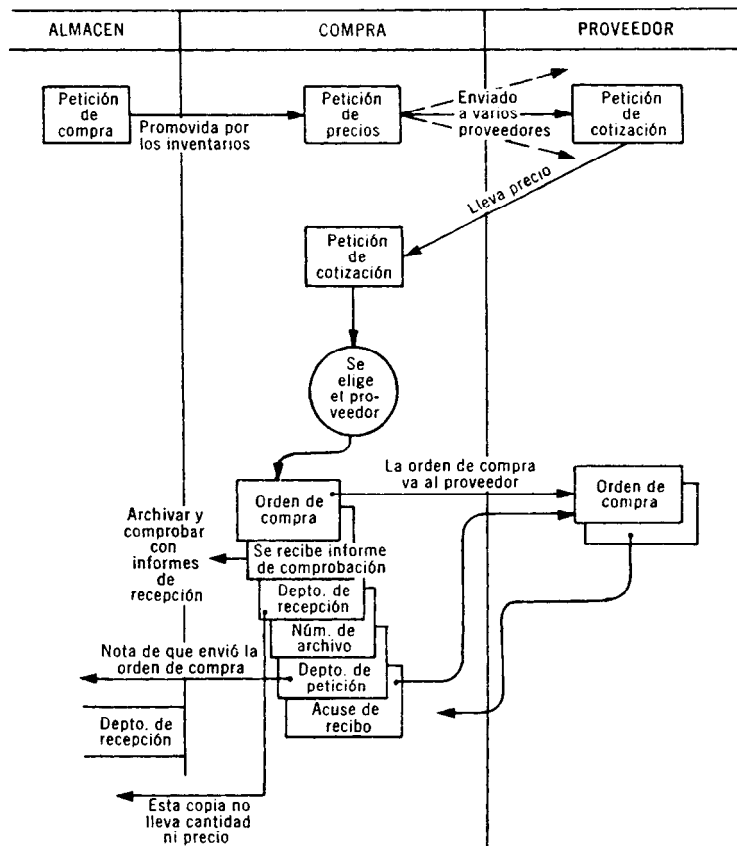


Figura 8-4. Procedimiento de compra [10]

3. EL SISTEMA DE INVENTARIOS

a) Definición. La administración del sistema de inventarios consiste en establecer, poner en efecto y mantener las cantidades más ventajosas de materias primas, materiales y productos, empleando para tal fin las técnicas, los procedimientos y los programas más convenientes a las necesidades de una empresa. En sentido *contable*, inventario es el conjunto de suministros, materias primas, materiales de producción, productos en proceso y productos terminados. No es raro oír hablar a un empresario

mitimos recomendarle el libro *El Gerente de Compras y sus Funciones*, de Victor H. Pooler, Jr. Editorial Limusa, S. A., México, 1971.

de “inventariar”, o sea contar las existencias de almacén, y ponerlas en lista.

b) Clasificación. La clasificación de inventarios en la industria se hace generalmente de la siguiente forma:

Suministros: Artículos de costo indirecto que se consumen en las operaciones de la fábrica, tales como aceites lubricantes, material para limpieza, cajas de empaque, etc.

Materias primas: La materia prima o materia bruta; es un término relativo. Se aplica al material que no está terminado, tal como es recibido por la fábrica para su incorporación posterior al producto de una empresa. Dicho de otro modo, son los bienes a los que no se les ha añadido ningún factor o componente en la fábrica en que se hallan. Además, a veces pueden considerarse las materias primas como productos terminados. Por ejemplo, el mineral de hierro llamado “arrabio”, es un producto terminado que usan como materia prima los altos hornos. El lingote de hierro, producto terminado del alto horno, es materia prima para las fundiciones y, en cambio, materia prima para los talleres mecánicos. A su vez, las piezas fundidas pueden ser materia prima para un fabricante de motores.

Productos en proceso: Son aquellos que están en períodos de transformación, antes de convertirse en productos terminados. Cuando hay que hacer evaluación de existencias es más fácil realizarla con las materias primas o con los productos terminados debido a la dificultad de hallar los costos de materiales en elaboración que se hallan en determinado momento en proceso de producción.

Productos terminados: Son los productos acabados que se almacenan para su entrega a clientes.

Materiales de producción: Son las piezas o componentes que pueden obtenerse en fuentes externas a la empresa, o pueden ser producidas en la fábrica y almacenadas para uso futuro. Estas son piezas, que van a ser incorporadas al producto terminado, tales como arandelas y pernos, generadores, motores, etc.

c) Ejemplo de un sistema de producción-inventarios. El sistema que aquí presentamos es el de la empresa “Velázquez, Hernández y Arena”, S. A., fabricante de pequeños utensilios eléctricos, los cuales son vendidos a distribuidores, los que a su vez venden a comerciantes al por menor o minoristas que se encargan de venderlos a clientes. La empresa mantiene un inventario de productos terminados. Los pedidos de los distribuidores son recibidos por la empresa y los embarques son hechos a los distribuidores del inventario de productos terminados. La organización de la producción de la empresa determina sus programas tomando como base un pronóstico de la demanda sobre los pedidos hechos por los distribuidores.

La figura 8-5, ilustra un sistema de producción-inventarios. Esta figura ilustra claramente el flujo de materiales e información del sistema de producción-inventarios; llamado también sistema de producción-distribución. (Analice la figura 8-5, discútala y saque sus conclusiones).

d) Costos de inventarios. Los costos resultantes de cualquier decisión

específica de una empresa se determinan cuando se toma la decisión referente a la cantidad de llevar o mantener inventarios.

El que una empresa adopte un determinado sistema de inventarios, lleva implícito un costo de capital considerable. Es conveniente que una empresa adopte, junto con el sistema de inventarios que más le convenga, un sistema que calcule lo que podrá redituarse el capital invertido en el inventario si se hubiera destinado a otro tipo de inversión, deduciendo así, el costo de capital en que se incurre.

Al emplear un determinado sistema de cómputo, la empresa debe considerar dos factores muy importantes del sistema de inventarios: su *valor realizable* y el *riesgo*. El dinero que se invierte en inventarios, es un *valor realizable* en el *activo* de una empresa, de manera que si fuese necesario podría convertirse en *efectivo* en un lapso de tiempo breve. En cuanto al *riesgo* el inventario está expuesto a la descomposición, al desuso y al deterioro.

Las siguientes clases de costos forman parte de las decisiones que se toman en inventarios:

Costos de ordenamiento:

Estos pueden ser: órdenes de compra de pedido de materiales o aquellos asociados con órdenes de preparación del lote de producción.

Costos de llevar o mantener los inventarios

Estos costos incluyen todos los gastos en que una empresa incurre con el fin de mantener o llevar un determinado volumen de inventarios. Dentro de este tipo de costos están usualmente los siguientes factores: *almacenamiento, seguros, capital, obsolescencia y deterioro*.

Para guardar el inventario deben construirse depósitos y zonas de almacenaje que requieren mantenimiento. Los estantes, instalaciones y demás utensilios para almacenar sufren una depreciación. Todos estos factores son costos que deben cargarse al inventario y generalmente se distribuyen en forma proporcional entre los diversos productos almacenados, en base a un porcentaje que se determina conforme al valor del producto en pesos.

Algunas empresas aseguran el inventario contra incendios cargándolo al costo del mismo. Aquellas empresas que no lo aseguran deberán hacer que la tasa del costo de inventario refleje el riesgo existente de una pérdida por fuego, para lo cual se le cargará una suma equivalente a la de un seguro contra incendios.

El dinero invertido en inventarios, no está disponible para usarse en otras áreas de la empresa. El costo que implica un préstamo de capital nuevo, propicia una estimación inadecuada del costo de capital invertido en inventarios, a menos que la empresa esté realmente dispuesta y en posibilidades de alterar su préstamo como respuesta a modificaciones en el nivel de inventarios. Las empresas deben cargar a los inventarios un *costo de oportunidad*, equivalente a la ganancia que se esperaba obtener en otras inversiones que envuelven riesgos y valores realizables similares al de inventarios.

La tasa que se fija a dicho *costo de oportunidad* generalmente excede a la tasa del préstamo.

El factor de obsolescencia implica costos a causa de que el inventario no puede venderse más, debido a cambios en la demanda, deseos de la clientela, hacerse viejo o pasar de moda, etc.

El factor deterioro implica también costos a causa de que el material existente en inventarios puede adquirir humedad o secarse, ensuciarse por manejo, etc. De cualquier forma, este factor hace que un producto no pueda venderse más.

Costos por agotamiento de inventario:

¿Nos importa quedarnos sin inventarios? Esta pregunta se hace si el producto no está disponible para embarcarse al cliente cuando éste lo ordene. Pueden perderse clientes o incurrirse en costos extra que pueden ser considerables.

Costos asociados con la capacidad de producción

Estos costos incluyen horas extras de trabajo, contratos de arrendamiento, adiestramiento de obreros y empleados, paros en la producción, etc.

Estos costos se incurren cuando es necesario aumentar o disminuir la capacidad de la producción.

e) Políticas A B C. Algunas compañías clasifican sus artículos mediante un sistema llamado de políticas A B C, clasificando su inventario por grupos de artículos:

- a) *Artículos de alto valor*
- b) *Artículos de mediano valor*
- c) *Artículos de poco valor*

Generalmente, para la empresa “Velázquez, Hernández y Arena”, S. A., fabricante de artículos eléctricos, el 10 % de los artículos de inventarios se clasifica en la categoría A, alrededor del 70 % son artículos C de poco valor, y el resto son artículos B de mediano valor, tal como se indica en la figura 8-6.

La empresa antes señalada, considera que la mejor manera de mantener un control eficaz de inventario es comprando los artículos A, de alto valor, en cantidades mínimas, según vayan requiriéndose y comprando partidas económicas B, de mediano valor; estas dos clases de artículos integran alrededor del 30 % del inventario. En realidad, la categoría A constituye del 70 al 75 % del costo total de inventario. Los artículos C, de poco valor, aunque se compran en grandes cantidades, tendrán poco efecto en el valor del inventario, porque representan solamente un 5 % del costo total.

En general, el sistema de políticas de inventarios A B C, señala que un número reducido de artículos inventariados constituye la proporción mayor del valor total de inventario.

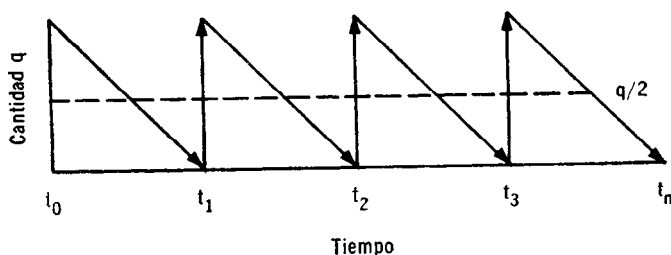


Figura 8-8. Modelo gráfico de inventarios
Cantidad de existencias utilizadas constantemente
y con reposición instantánea

Supongamos en este modelo simplificado que los pedidos son tomados en intervalos de períodos fijos iguales a t_1, t_2, t_3, t_n y que los materiales son ordenados y recibidos instantáneamente. Es decir, damos por supuestas las condiciones ideales, a saber: un ritmo constante en la utilización, cantidad de existencias igual a cero en cada uno de los puntos de reposición y reposición instantánea.

El inventario promedio mantenido a lo largo de un tiempo dado (un año por ejemplo) es $\frac{q}{2}$, ilustrado con la línea punteada. El costo de mantener el inventario es $Ci \left(\frac{q}{2}\right)$. Ya que el número de pedidos ordenados en un determinado tiempo es $\frac{D}{q}$ y los costos totales de ordenamiento de pedidos $\left(\frac{D}{q}\right)0$, podemos calcular el costo total planteando la ecuación:

$$CT = \frac{Ci q}{2} + \frac{D0}{q} \quad (8-1)$$

Por otra parte, si suponemos también las condiciones mencionadas para el modelo gráfico de inventarios de la figura 8-8, con la sola diferencia de que sustituimos la reposición instantánea cambiándola a reposición una vez transcurrido un período finito de tiempo, la situación que se presenta es ilustrada en la figura 8-9.

Un artículo es producido por una duración de tiempo $t_1 - t_0$, durante el cual la cantidad de inventario alcanza su máximo nivel en A. Después que la producción se suspende, el inventario es vendido hasta agotarse en t_2 , momento en el cual se inicia otro ciclo de producción. En este caso la reposición de la cantidad de existencias se hace al transcurrir t_1 y t_3 o sea en los puntos A y B de la figura 8-9, la utilización de las existencias, ocurre

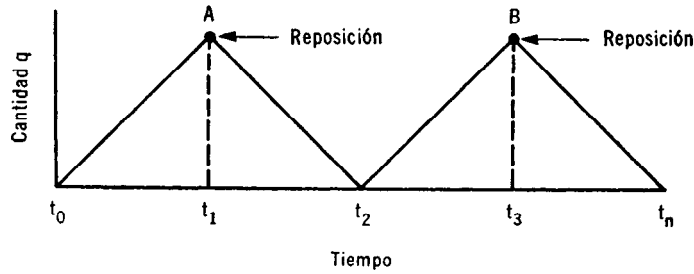


Figura 8-9. Cantidad de existencias utilizadas constantemente y reposición en un período finito de tiempo

durante $t_0 + t_1 + t_2$ y $t_2 + t_3 + t_n$, o sea el ciclo entero. (Discuta el lector su opinión al respecto.)

Puesto que el costo total CT está en función de q (tamaño de la orden), el empleo del cálculo diferencial puede usarse para determinar el tamaño de la orden q que resultará mínimo en CT .

Derivando la ecuación (8-1) se tendrá:

$$CT = \frac{Ci q}{2} + \frac{D0}{q} \quad (8-1)$$

$$\frac{d(CT)}{d(q)} = \frac{Ci}{2} - \frac{D0}{q^2} \quad (8-2)$$

igualando a cero la primera derivada de CT con respecto a q :

$$0 = \frac{Ci}{2} - \frac{D0}{q^2} \quad (8-3)$$

en donde:

$$\frac{Ci}{2} = \frac{D0}{q^2} \quad (8-4)$$

despejando q se tendrá:

$$q = \sqrt{\frac{2 D0}{Ci}} \quad (8-5)$$

La ecuación (8-5) es la fórmula para calcular el tamaño de orden económica (llamado también lote de magnitud económica) de compra (o de producción).

Supongamos ahora que la empresa "Velázquez, Hernández y Arena", S.

A., fabricante de artículos eléctricos estima que necesita exportar a Japón 18,000 transistores de un determinado tipo, en un período de 300 días de trabajo al año, o 60 transistores por día, con el fin de mantener la capacidad diaria que sus requerimientos de producción le indican. El departamento de producción de la empresa dispone de los siguientes datos:

$$C_i = \$ 0.10 \text{ (por unidad-por año)}$$

$$D = 18,000$$

$$O = \$ 100 \text{ (por orden)}$$

aplicando la ecuación (8-5):

$$q = \sqrt{\frac{2 \times 18,000 \times 100}{0.10}} = \sqrt{36,000,000}$$

$$q = 6,000 \text{ unidades}$$

El mínimo de pedidos por año será:

$$\frac{D}{q} = \frac{18,000}{6,000} = 3$$

En consecuencia, el intervalo entre órdenes será de 4 meses o 66.6 días de trabajo. Substituyendo estos valores en la ecuación de costo total, el costo mínimo de inventario será:

$$CT = \frac{C_i q}{2} + \frac{DO}{q}$$

$$CT = \frac{\$ 0.10 \times 6,000}{2} + 100 \times 3$$

$$CT = \$ 600$$

g) Limitaciones del modelo básico. La fórmula del lote económico de producción (o de compras) es relativamente fácil de emplear y aplicar. Ordinariamente esto es deseable; sin embargo es importante señalar las limitaciones de que adolece el modelo de cantidad económica de compras (o de producción).

Demanda: la demanda de los productos se supone uniforme y constante.

Órdenes: se supone que las órdenes de compra o de producción son agotadas y reemplazadas en forma instantánea.

Descuentos: se da por supuesto que no se dispone de descuentos en la cantidad comprada.

Costos: se supone que los precios y costo de los materiales son constantes. Los factores de costo de mantenimiento de los inventarios, como son; seguros, almacenamiento e intereses de capital, son también constantes e independientes de los niveles de inventarios.

Como consecuencia de lo anterior, pueden tenerse errores innumerables al usarse el modelo básico. Sin embargo, existen situaciones que se acercan a la realidad y pueden garantizar el uso de este modelo. Por ejemplo, cuando se aplica a inventarios que tienen productos estándar de poco o mediano valor y son empleados en grandes cantidades, tales como artículos estacionales o de temporada, suministros y artículos metálicos comunes. A pesar de todo, la gerencia de la empresa se conserva generalmente satisfecha con los resultados aproximados que el modelo básico proporciona en forma rápida y barata.

h) Inventarios de seguridad y punto de reorden. Generalmente, la demanda tiene variaciones que afectan el control de inventarios. Cuando una empresa trabaja con inventarios sujetos a una demanda continua, es necesario mantener éstos entre los niveles máximos y mínimos convenientes.

Los límites de los inventarios extras, planeados para absorber la demanda, dependerán de la estabilidad de la misma. Esto influirá necesariamente los objetivos que sigue una empresa para agotar sus inventarios. Si las necesidades de producción y servicio, permiten a una empresa quedarse sin inventarios, entonces los *inventarios de seguridad* máximos y mínimos, serán menores.

Mantener un *inventario mínimo de seguridad* implica ciertas consideraciones: ¿Cuánto tiempo tardará en recibirse un pedido después de haber hecho la requisición de material? ¿Hasta qué punto afectará la escasez de material a las operaciones de la producción y al departamento de ventas? En respuesta a estas consideraciones, el inventario mínimo de seguridad marcará la pauta para hacer las requisiciones y programar eficientemente las operaciones de la producción.

El *inventario máximo de seguridad* podría consistir en una compra extraordinaria de especialización para aprovechar un precio muy ventajoso y anticiparse a una elevación de precios, o a una escasez prevista. Comúnmente, la cantidad se rige por la economía del tamaño del lote, tomando en cuenta el tiempo requerido para procesar el pedido, para recibir los materiales y para el consumo en el ciclo de producción. La figura 8-10, ilustra un sistema de inventarios bajo ordenamiento de la producción cuando se hacen pedidos en cantidades fijas e intervalos fijos de tiempo.

Cuando se sigue un sistema de pedidos por cantidades fijas, es necesario determinar el punto en el cual debe ordenarse un nuevo pedido, o en consecuencia, programar las órdenes de producción. A este punto se le llama *punto de reorden*. Este puede ser expresado en términos de cantidad o inventario sobrante o como un punto determinado de tiempo.

Supongamos que la empresa "Velázquez, Hernández y Arena", S. A.,

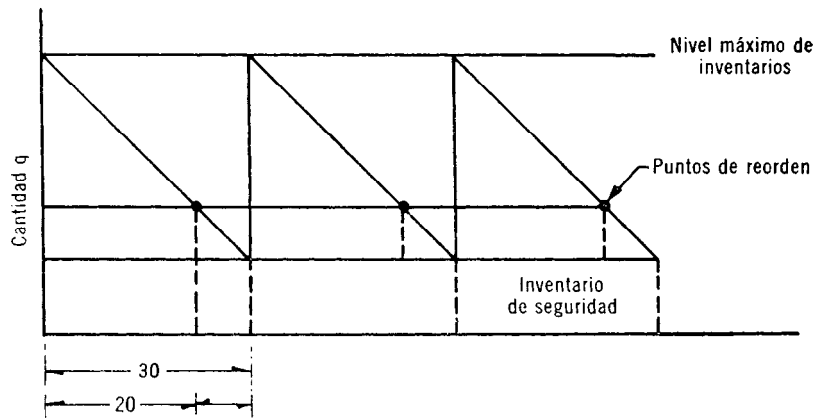


Figura 8-10. Sistema de inventarios bajo ordenamiento por pedidos en cantidades fijas e intervalos fijos

requiere 10 días de adelanto, antes de ordenar un nuevo ciclo de producción. En 10 días la utilización esperada del material será de:

$$10 \times 60 = 600 \text{ transistores}$$

(Recuerde el lector que en páginas anteriores señalamos que la empresa requería de 60 transistores diarios).

Esto significa lo siguiente: cuando la empresa tenga en existencia 10 veces el uso diario de transistores, será hecha la orden de producción para el siguiente ciclo. O lo que es lo mismo, la orden deberá hacerse: $30 - 10 = 20$ días después de la orden previa de producción. (Véase figura 8-10.)

Otro ejemplo es el de una empresa que tiene una tasa de consumo bastante regular de un determinado tipo de tornillo. El tornillo tiene un diseño especial y generalmente se requiere de 30 días para obtener un nuevo suministro. Se estima que durante ese periodo serán usados 8,000 tornillos y por lo tanto, su escasez detendría a toda una línea de producción. En consecuencia, puede programarse una requisición cuando el inventario descienda a 10,000 tornillos, 8,000 para el tiempo de obtención más 2,000 para contingencias.

“Una pregunta se impone: ¿Cuál es el tiempo normal para renovar un pedido? Naturalmente, variará según el proveedor, y muchas compañías prefieren tener distintos abastecedores para no estar ateridas a uno solo. Esto presenta la ventaja de que los proveedores se ven obligados a hacerse la competencia. Los nombres de los abastecedores pueden inscribirse en el registro de inventario junto con los tiempos que suelen tardar en hacer sus entregas. Como es de imaginar, las diferencias según los proveedores pueden ser considerables.

La mejor política a seguir sería fijar el grado de renovación de pedido,

teniendo en cuenta el tiempo máximo de nuevo pedido, o dejar que el empleado de inventario escoja el proveedor, considerando el ritmo de salida de material y las emergencias que pueden presentarse. Si la demanda es grande, convendría hacer el pedido al proveedor que pueda entregarlo lo antes posible.” [11]

i) Sistemas básicos de reabastecimiento. “Básicamente, hay dos tipos diferentes de sistemas de reabastecimiento de inventarios planeados para manejar las incertidumbres en las ventas, — el pedido fijo —, comúnmente utilizado en bodegas y fábricas, así como en los depósitos de piezas o de otros materiales; y el pedido periódico, frecuentemente utilizado en bodegas, para inventarios que incluyan un gran número de artículos bajo control de las oficinas. Aun cuando estos sistemas son básicamente iguales en sus conceptos, tienen algunos efectos un poco diferentes sobre las existencias mínimas, y la selección de uno o del otro, o de alguna combinación de ellos, requiere de una cuidadosa consideración.” [12]

Sistema de pedidos fijos

“En este sistema se establece un nivel de reordenamiento, el que permita al nivel del inventario reducirse hasta el nivel de seguridad, durante el tiempo de compra, si se experimenta una utilización media durante dicho tiempo. Las reórdenes de reabastecimiento se colocan espaciadamente en cantidades fijas predeterminadas (la cantidad económica u otra cantidad fija) de manera que se reciban al final del tiempo de compra. Los máximos niveles de inventario promedian la cantidad ordenada q con el inventario de seguridad I_{min} . El inventario promedio es: $I_{min} + q/2$. La revisión de las tasas de uso es periódica, durante la cual se pueden variar los niveles de los inventarios de seguridad y la cantidad del pedido. La demanda de una pieza dada se deriva ordinariamente de las operaciones subsecuentes, es decir, si la pieza fuese un tornillo estándar que se usa en diferentes productos finales, los departamentos de ensamble emitirán una orden de pedido para tal tornillo, de acuerdo con sus necesidades de producción. La demanda de los productos finales, a su vez, puede basarse en órdenes recibidas por los almacenes los cuales, asimismo, se basarán en las órdenes reales de los clientes recibidas por los vendedores. La cadena de demanda, por lo tanto, se refleja hacia atrás a través de una serie de puntos de almacenaje, cada uno de los cuales mantiene inventarios y hace pedidos de reabastecimiento. Los sistemas de pedidos por cantidades fijas son comunes para piezas de poco valor, como son el caso de tuercas y pernos, en donde el nivel de inventario se mantiene bajo una continua vigilancia, de manera que mediante un aviso se notifique que se ha alcanzado el nivel para volver a ordenar.” [13]

Podemos citar las siguientes condiciones ventajosas para la aplicación del sistema de pedidos fijos:

“— Cuando sea posible vigilar continuamente al inventario, ya sea porque las existencias físicas son visibles y fácilmente controlables durante su utilización, o porque se efectúa un control continuo del inventario.

—Cuando el inventario consiste en artículos de valor unitario reducido, que se compran no muy a menudo y en cantidades grandes, con respecto a las tasas de consumo; o bien, cuando hay muy poca necesidad de un control estrecho.

—Cuando las existencias se compran a un proveedor foráneo y representan una mínima parte de la producción total de éste, o bien, cuando se obtienen de alguna fuente cuyo programa no depende en forma fundamental del artículo particular, o inventario en cuestión; y cuando los pedidos irregulares de ese artículo hechos al proveedor, no causan problemas en la producción.” [14]

Sistema de pedidos periódicos

“Se usa mucho el sistema de pedidos periódicos para el continuo reabastecimiento de inventarios, que constituye el otro método básico para contrarrestar los efectos de las incertidumbres en la demanda, particularmente donde se utiliza un libro especial para el control de inventarios y donde es conveniente examinar el inventario, de acuerdo con un programa establecido. La idea básica de todas las variedades de este sistema consiste en revisar las existencias, a intervalos definidos de tiempo y variar la cantidad del pedido, de acuerdo con lo utilizado, a partir de la última revisión.” [15]

El sistema de pedidos periódicos ofrece un control más estricto a través de un reabastecimiento más frecuente, si se compara con el sistema de pedidos por cantidad fija. Comúnmente se usa con partes de alto valor intrínseco y en donde un gran número de piezas se piden regularmente a una misma fuente. Estos pedidos de múltiples piezas pueden juntarse para embarcarlos a fin de obtener una ventaja en el costo por fletes.” [16]

El sistema de pedidos periódicos es adecuado bajo las condiciones siguientes:

—Cuando el valor de los artículos exige un control estrecho y más frecuente.

—Cuando simultáneamente se pide una gran variedad de artículos, como es el caso de un almacén que pide muchos artículos a una sola fábrica. (Aun cuando los diferentes artículos pueden embarcarse separadamente, pueden conseguirse las ventajas de la tarifa de flete por un gran volumen.)

—Cuando los artículos pedidos constituyen una parte importante de la producción de la planta abastecedora y se piden regularmente.” [17]

4. GENERALIDADES DE LA DISTRIBUCION FISICA

a) Sistema de manejo y embarque de materiales. Ya hemos dicho en páginas anteriores, que el sistema de manejo y embarque de materiales se encarga de proveer el transporte para las materias primas, los productos en proceso y los productos terminados. La estrategia de fabricación de una empresa debe esforzarse por implantar sistemas de manejo y embarque de materiales, que proporcionen el nivel máximo de eficiencia.

“Las plantas modernas son, básicamente, un sistema de manejo de materiales, puesto que la producción es esencialmente de materiales en movimiento. Desde el primer recibo de materias primas y piezas, hasta el último embarque del producto terminado, la gerencia deberá tomar providencias para el transporte físico de todos los componentes de un producto de una operación a otra. El manejo de materiales requiere la carga, descarga y vuelta a la carga repetida, de los vehículos de transporte, así como elevar, estibar y acarrear la mercancía de un lado a otro de la fábrica. Estas actividades requieren mano de obra, equipo y espacio. El cambio de colocación y de posición es una parte necesaria de la producción que puede ser simplificada por medio de dispositivos que ahorren mano de obra. El costo del manejo afecta la economía de la producción. La reducción del costo y tiempo involucrados en el manejo de materiales puede reducir substancialmente el costo de producción de muchas industrias.

Gran parte del manejo de materiales puede llevarse a cabo sin emplear medios mecánicos. En muchos países, donde abunda la mano de obra no especializada y los salarios son bajos, a menudo se manejan cargas pesadas empleando la fuerza humana.

Los animales nos proporcionan una fuente relativamente barata de energía locomotriz, siempre que su alimentación sea de bajo precio. Sin embargo, aun en donde prevalecen condiciones económicas tan primitivas, son preferibles los dispositivos mecánicos para mover y levantar mercancías. Algunos de estos dispositivos fueron inventados por civilizaciones y en épocas en que se empleaba libremente el trabajo de esclavos. No fue, pues, falta de hombres o de bestias de carga lo que condujo a la invención de la palanca, la polea, el malacate o polipasto, la carretilla de mano y el carro manual. Estos y sus modernos sucesores, como son los equipos mecanizados de manejo de material, son capaces de llevar a cabo cosas que las manos y espaldas nunca hubieran podido lograr por sí solas. Dichos equipos pueden manejar mercancía pesada dentro de un espacio limitado. Si los medios mecánicos permiten que uno o varios hombres lleven a cabo lo que hasta ahora requería el esfuerzo de cuarenta, cien, o más hombres, entonces es posible eliminar el espacio improductivo de la planta. La naturaleza del manejo de materiales es tal que el levantar y mover, dentro de una planta, no son operaciones intermitentes, sino más bien continuas y permanentes. La costumbre de tener cargadores y estibadores en espera de que se les necesite para utilizar sus esfuerzos en una forma ocasional e irregular, es un desperdicio de energía humana. Esto degrada al hombre hasta el nivel de una bestia de carga. Los dispositivos mecánicos lo liberan para un trabajo más productivo.” [18]

“Las plantas modernas han introducido dos ideas esencialmente nuevas que han mejorado radicalmente los métodos y dispositivos utilizados en el manejo de materiales:

1. Siempre que sea posible, la gerencia trata de liberar al trabajador especializado de todo manejo de materiales. La división de habilidades y la especialización actual ayuda al artesano entrenado o al operador de máquinas, pues se pueden concentrar en la clase de trabajo para la que

se hallan mejor preparados. Las piezas que necesitan, las herramientas y los materiales se los traen hasta su lugar de trabajo y se colocan en una posición conveniente dentro de su alcance, por medio de especialistas en manejo de materiales. Estos mismos especialistas se encargan de llevar hasta el lugar donde se lleva a cabo la siguiente operación todas las piezas ya terminadas por el obrero especializado.

2. La inventiva y el estudio científico de los procesos de trabajo han desarrollado mejores métodos y aparatos para fines especiales. Las plantas de mayor importancia utilizan bandas transportadoras, carros, monorrieles colgantes, dispositivos para dejar caer materiales de un nivel a otro o cadenas sinfín que llevan materiales de una operación a otra a una velocidad ajustada científicamente para estar en concordancia con el ritmo de trabajo y la capacidad de hombres y máquinas.

Los sistemas menos complicados usados en fábricas de menor tamaño, también han sido rediseñados para que estén en concordancia con la necesidad de una mayor eficiencia y economía. Algunos de ellos funcionan por medio de motores, pero aun los dispositivos manuales, como los carros de rieles, las carretillas de mano y las repisas o anaqueles rodantes de diseño moderno, reducen el esfuerzo y la fatiga y aumentan el rendimiento del personal especializado." [19]

b) **Organización de la distribución física.** Hablar de Administración de Materiales implica hablar necesariamente de "Administrar la Distribución Física". El concepto de distribución física y administración de materiales viene a ser propiamente el mismo; sin embargo, queremos insistir en esta redundancia para recalcar la importancia que actualmente representa la Administración de Materiales.

La tarea de organizar la distribución física no es más difícil que la de Producción o Mercadotecnia; y éstas han sido manejadas exitosamente, hasta ahora, por los hombres de negocios.

Es necesario recordar los principios básicos de la organización, principios que, en este caso comienzan por el establecimiento de distinciones entre las actividades propias de línea y las que son propias de Staff.

Tradicionalmente, la administración ha distinguido entre las actividades de línea y las de Staff como sigue:

- Las actividades de línea son las que tienen relación directa con la producción o venta de bienes y servicios.
- Las actividades de Staff son primordialmente analíticas, asesoras, suplementarias o consultoras y existen para proporcionar facilidades o servicios y para auxiliar al personal de línea a producir y vender. La administración de materiales es función primordialmente Staff.

Hasta hace poco la mayoría de las empresas habían dado la espalda a las tremendas oportunidades existentes para aumentar sus utilidades mediante mejoras en la administración de materiales.

La alta gerencia sabe hoy muy bien que es necesaria una solución y un enfoque serio de tales problemas, porque ese sector tan olvidado ofrece oportunidades inexploradas para conseguir grandes

economías y se reconoce en la actualidad que la administración de la distribución física quizá sea la última área de oportunidad que queda para disminuir costos y aumentar las utilidades en forma verdaderamente importante.

La figura 8-11 muestra un modelo de administración de materiales que ha demostrado ser efectivo. (20)

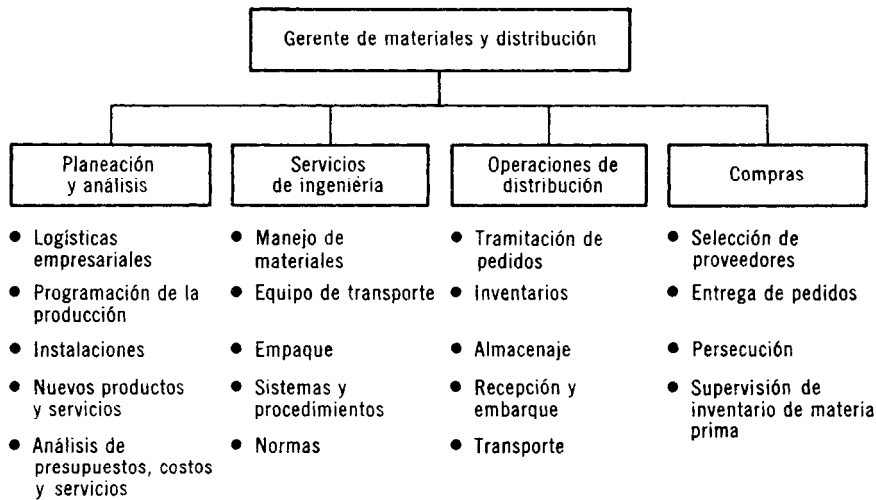


Figura 8-11. Modelo de administración de materiales y distribución.

En este modelo de organización la Gerencia de Materiales y Distribución lleva la responsabilidad total de la distribución física, comenzando por la compra de materiales a los proveedores, hasta la entrega del producto al cliente.

Las consideraciones de organización del modelo deben influir en la forma de organizar que se seleccione, pero es importante comenzar por identificar los agrupamientos de línea y de Staff, y después determinar el modelo que mejor servirá a la empresa.

La perspectiva de la industria en cuanto a la administración de materiales está madurando rápidamente, al grado que esta función está logrando la misma categoría que la de producción o fabricación, la de mercadotecnia y la de finanzas.

Referencias bibliográficas

1. "El Gerente de Compras y sus Funciones". Victor H. -Pooler, Jr. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1971. Capítulo 14, páginas 248 y 249.
2. Drucker, F. Peter. "The Economy's Dark Continent", Fortune, Abril 1962, página 265.
3. Drucker F. Peter. "The Economy's Dark Continent", Fortune, Abril 1962, página 265.
4. "Rockwell Report", The Wall Street Journal, New York, 1 de julio de 1963.

5. "El Gerente de Compras y sus Funciones". Victor H.-Pooler, Jr. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1971. Introducción, páginas 16 y 22.
6. "El Gerente de Compras y sus Funciones". Victor H.-Pooler, Jr. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1971. Introducción, páginas 22 y 23.
7. "El Gerente de Compras y sus Funciones". Victor H.-Pooler, Jr. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1971. Capítulo 7, página 139.
8. "El Gerente de Compras y sus Funciones". Victor H.-Pooler, Jr. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1971. Capítulo 7, página 138.
10. "Control de la Producción, Sistemas y Decisiones". James H. Greene. Editorial Diana, S. A. México 1971. Capítulo 7, página 197.
11. "Control de la Producción, Sistemas y Decisiones". James H. Greene. Editorial Diana, S. A. México 1971. Capítulo 8, páginas 223 y 224.
12. "Planeación y Control de la Producción". Robert H. Bock y William K. Holstein. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1966. Capítulo 10 página 244.
13. "Administración y Dirección Técnica de la Producción". Elwood S. Buffa. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1972. Capítulo 16, páginas 466 y 467.
14. "Planeación y Control de la Producción". Robert H. Bock y William K. Holstein. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1966. Capítulo 10, página 251.
15. "Planeación y Control de la Producción". Robert H. Bock y William K. Holstein. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1966. Capítulo 10, página 248.
16. "Administración y Dirección Técnica de la Producción". Elwood S. Buffa. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1972. Capítulo 16, página 468.
17. "Planeación y Control de la Producción". Robert H. Bock y William K. Holstein. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1966. Capítulo 10, página 251.
18. "Dirección de la Producción". Karl E. Ettinger. Herrero Hermanos Sucs., S. A. México 1966. Páginas 34, 35 y 37.
19. "Dirección de la Producción". Karl E. Ettinger. Herrero Hermanos Sucs., S. A. México 1966. Páginas 37 y 39.
20. "Cómo administrar la distribución física", John F. Stolle, Biblioteca Harvard de Administración de Empresas. Fascículo 52. Publicaciones Ejecutivas de México, S.A., México, 1974.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. "Administración y Dirección Técnica de la Producción". Elwood S. Buffa. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1972.
2. "Control de la Producción". James H. Greene Editorial Diana, México 1971.
3. "Control de la Producción". Procedimiento Cuantitativo. John E. Biegel, Herrero Hermanos, Sucesores, S. A. Editores. México 1972.
4. "Planeación y Control de la Producción". Robert H. Bock y William K. Holstein. Editorial Limusa-Wiley. México 1966.
5. "Production Management". Raymond R. Mayer. McGraw-Hill Book Company Second Edition. 1968.
6. "El Gerente de Compras y sus Funciones". Victor H. Pooler Jr. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1971.

TEMA 9

Control de la producción

Sumario:

a) Definición. — *b)* La planeación de la producción como enlace entre el control del inventario y el control de la producción. — *c)* Naturaleza de la planeación agregada. — *d)* Sistema de control de la producción. — *e)* Producción continua e intermitente. — *f)* Organización del sistema. — *g)* Fases del sistema de control de la producción. — *h)* Alcances del sistema. — *i)* Programación cronológica del sistema. — *j)* Cómo medir la eficiencia del control de producción.

a) Definición. Podemos decir que la administración de materiales y el control de la producción son un solo tema; ya que cualquier análisis de los problemas de producción que los considere en forma aislada, probablemente conduzca a una solución subóptima y no muy adecuada a las necesidades de una empresa.

“Los inventarios producen tantas ganancias como cualquier otro tipo de inversión del capital, ya que funcionan como especie de lubricantes y amortiguadores en un sistema de producción y distribución, librándolo de consumirse o desintegrarse debido a la acción de los diversos agentes a que suele estar sujeto, pues ayudan a absorber los efectos de los errores en los pronósticos de la demanda, a permitir un uso más efectivo de las instalaciones y del personal directivo, basándose ello en el conocimiento de las fluctuaciones de las ventas; asimismo, permiten desacoplar las distintas partes del sistema para, de ese modo, permitir que cada una de ellas trabaje más eficientemente.” [1]

De hecho y considerando los comentarios anteriores, podemos definir el *control de la producción* como la toma de decisiones y acciones que son necesarias para corregir el desarrollo de un proceso de modo que se apegue al plan trazado. Otra definición más amplia podría ser la que da el *Diccionario de Términos para el Control de la Producción y el Inventario*: “La función de dirigir o regular el movimiento metódico de los materiales por todo el ciclo de fabricación, desde la requisición de materias primas, hasta la entrega del producto terminado, mediante la transmisión sistemática de órdenes a los subordinados, según un plan de rutina que utiliza las instalaciones de la fábrica del modo más económico.” [2]

Para lograr este objetivo, la gerencia debe estar al tanto del desarrollo de los trabajos a realizar en cuanto a tiempo y cantidad producida. Al mismo tiempo y cuando sea necesario, la gerencia modificará los planes establecidos, respondiendo a situaciones cambiantes no previstas.

“Al principio, el control de la producción exige la respuesta a cinco preguntas básicas relativas al manejo de una orden de producción. ¿Qué es lo que se va a hacer? ¿Quién va a hacerlo? ¿Cómo, dónde y cuándo se va a cumplir? Las respuestas a estas preguntas se logran mediante la planeación. Sin embargo, el control significa algo más que planeación. Control significa la aplicación de varias formas y medios para asegurar la ejecución del programa de producción deseado. De aquí que estén implicadas varias funciones de ejecución y valoración. Incluyen la emisión de órdenes que se originen de la orden de producción; entrañan la vigilancia del progreso;

e implican acciones para corregir irregularidades en ese progreso.” [3] Sin embargo, podemos decir que en la mayoría de los casos el control de la producción se refiere a ambas cosas.

b) La planeación de la producción como enlace entre el control del inventario y el control de la producción. [4] El Diccionario de Términos para Control de Producción y Control de Inventario, define la planeación de la producción como aquella función que determina los límites o niveles que deben mantener las operaciones de la industria fabril en el futuro... Un plan de producción adecuado es una proyección del nivel de producción requerido para una provisión de producción específica, pero no constituye un compromiso que obligue a que los artículos individuales sean elaborados dentro del plan mencionado. El plan de producción crea el marco dentro del cual funcionarán las técnicas de control de inventario y fija el monto de los pedidos que deben hacerse para alimentar la planta.

La experiencia ha demostrado que, entre todas las mejoras que se han hecho al control de la producción, la introducción del plan de producción que se ha mencionado anteriormente es la más provechosa al presente, ya que ha ocasionado una significativa y gratificante revisión de sistemas en aquellas compañías que no contaban con planes eficaces de producción. Se tiene por ejemplo, que las compañías que producen artículos estacionales (recuérdese el ejemplo de la compañía juguetera “Los Amigos de Pinocho”, S. A., correspondiente al tema 6 de este libro), son muy susceptibles a la elevación de costos, así como a incurrir en un funcionamiento deficiente si no cuentan con una eficaz planeación de la producción. El plan de producción mencionado, proyecta por anticipado el programa para reforzar el inventario antes de que llegue la temporada máxima de ventas y, a la vez, traza un curso a seguir contra el cual se compara el funcionamiento cotidiano de la compañía. Es típico que en las compañías de producción estacional carentes de este tipo de plan, cunda la alarma en la administración, al aproximarse la temporada de ventas máximas; ya que deben ampliar su inventario con anticipación, y no disponen de una información específica que les indique el nivel al cual deben elevar su inventario. En situaciones así, suele acontecer que la gerencia se pone nerviosa al darse cuenta que no tiene graficados los aumentos que ha experimentado el inventario, y procede a reducir el volumen de las tasas de producción, precisamente antes de la temporada de ventas, para a continuación reaccionar incrementando las tasas de producción a un costo considerable, cuando ya se han recogido las tasas de ventas y el inventario ha desaparecido.

De aquí la conveniencia de un plan de producción, ya que éste permite cotejar con regularidad el reforzamiento del inventario contra los niveles predeterminados, pudiéndose decidir a tiempo para una acción correctiva si dichos niveles son demasiado altos o demasiado bajos, evitándose consecuentemente, una serie de discusiones sin fundamento al igual que la toma de decisiones precipitadas motivadas por el pánico.

c) Naturaleza de la planeación agregada. “La planeación agregada

aumenta el alcance de las alternativas existentes para el uso de la capacidad de producción, lo cual es muy importante y debe ser tomado en consideración por la gerencia. El término *planeación agregada* comprende el de programación, de tal manera que los términos "*planeación agregada*" y "*programación agregada*" son casi intercambiables. La importancia que tienen estas ideas desde un punto de vista económico, es bastante considerable, ya que suscitan interrogantes básicas de amplio significado tales como: ¿hasta qué punto deberá utilizarse el inventario para absorber las fluctuaciones que experimentará la demanda en los próximos 6 o 12 meses? ¿Por qué no absorber estas fluctuaciones variando simplemente la dimensión de la fuerza de trabajo? ¿Por qué no mantener más o menos estable la dimensión de la fuerza de trabajo y absorber las fluctuaciones cambiando las tasas de producción a través de una variación en las horas laborables? ¿Por qué no mantener en condiciones medianamente estables la tasa de producción y la fuerza de trabajo, dejando que los subcontratistas resuelvan el problema que representa la fluctuación de las tasas de pedidos? ¿Deberá la empresa no satisfacer intencionalmente todas las demandas? Es muy probable que en el terreno práctico ninguna de estas estrategias utilizadas aisladamente pueda resultar tan efectiva como si se emplea en unión de otras. Esto obedece a que cada estrategia lleva un cierto número de costos asociados a ella, y, por lo tanto, se debe procurar obtener una combinación inteligente de las alternativas. (La tabla 9-1, ilustra las relaciones de los planes para varios horizontes de tiempo.)

Al utilizarse los inventarios para absorber los cambios estacionales que sufre la demanda, tienden a aumentar tanto los costos de capital y de obsolescencia, como los costos asociados con el almacenaje, el seguro y el manejo de mercancía.

Independientemente de los factores estacionales, el empleo de inventarios para absorber fluctuaciones a corto plazo incrementa también a estos mismos costos, lo cual se ha demostrado comparando el nivel de los inventarios utilizados con el nivel ideal o mínimo de un inventario que se ha predeterminado como el indispensable para mantener el proceso de producción. Cuando los inventarios desciendan más allá de ese nivel ideal o mínimo, aumentan los costos en que se incurre por agotamiento de existencias, así como todos aquellos costos originados por la escasez de determinadas mercancías. Los cambios que modifiquen la magnitud de la fuerza de trabajo afectarán los costos totales de la rotación de mano de obra. La contratación de obreros nuevos produce un aumento en los costos por concepto de selección, entrenamiento y baja eficiencia productiva. La separación de los obreros suele traer consigo una compensación por desempleo, o bien algún otro tipo de costo por separación, además produce un efecto intangible en las relaciones públicas, así como en la imagen que la empresa proyecta al público.

En algunas ocasiones el alterar considerablemente la magnitud de la fuerza de trabajo origina el eliminar o añadir un turno completo de obreros; los costos incrementales que lo anterior implica son el premio por turno de obreros, los costos de supervisión incrementales y otros gastos

TABLA 9-1. Relaciones de los planes para varios horizontes de tiempo.

Periodo actual de realización de los planes de la firma ya trazados	Planes de la empresa para el periodo venidero	Planes proforma para periodos futuros inmediatos	Planes de alcance intermedio para los productos y capacidad de producción	Planes de largo alcance para los productos, mercados y capacidades productivas.
Planes y programas detallados para la utilización de la fuerza de trabajo y equipo existente	Basándose en las predicciones de la demanda para el presente y futuro periodos, trazar los planes referentes a las necesidades inmediatas de la capacidad de producción. Lo cual puede implicar la contratación o la suspensión de personal, establecer las tasas de producción y elaborar los planes concernientes al empleo del tiempo extra y de los inventarios	Dimensión de la fuerza de trabajo. Tasas de producción. Subcontratación. Tiempo extra. Inventarios.	Cambios en la "mezcla" de productos. Necesidades de la capacidad de producción con efectos anticipados para el equipo y la mano de obra	Estudios de mercados y sus ubicaciones. Estudios de la dimensión y ubicación de las instalaciones

indirectos. Si las fluctuaciones se absorben a través de cambios en la tasa de producción, se absorberán los costos de los premios por tiempo extra originados por los aumentos en la tasa de producción, y quizás también se absorban los costos por mano de obra desperdiciada (costo máximo de la mano de obra promedio por unidad) que resulta por los decrementos en dicha tasa. Sin embargo, los gerentes, por lo general, tratan de conservar los mismos costos de mano de obra promedio, reduciendo las horas trabajadas a niveles un tanto más bajos de los normales. Cuando persisten los horarios de tiempo no aprovechable, tienden a aumentar los costos de mano de obra. Muchos de los costos afectados por las decisiones que

emanan de la planeación y programación agregada, son difíciles de calcular y por lo tanto no se encuentran por separado en los registros contables. Algunos, tales como los costos de intereses sobre inversiones en inventario, son costos alternativos de oportunidad. Otros costos, como los asociados con las relaciones públicas y la imagen pública de la compañía, no se pue-

TABLA 9-2. Resumen de insumos, productos y variables sujetos a control administrativo para tres niveles comunes del horizonte de tiempo [6]

<i>Horizontes de tiempo</i>	<i>Insumos</i>	<i>Productos</i>	<i>Variables sujetas a control administrativo</i>
Varios años	Predicciones de: tendencias económicas. Tendencias de la población. Cambios sociales y políticos. Factores competitivos. Patrones del costo de producción y distribución. Innovaciones técnicas. Limitaciones del capital.	Planes de largo alcance para las instalaciones y su ubicación.	Distribución de los recursos para la planta y el equipo, ingeniería y mercadotecnia. Determinación de la dimensión y ubicación de las plantas y depósitos. Desarrollo de productos complementarios.
De un mes a un año anticipado.	Predicciones de: cantidad y sincronización de las ventas. Costos abastecimiento, políticas y limitaciones en: Horas extras, contratación y liquidación. Inventarios, capital, planes de largo alcance.	Planes y programas agregados para el uso de diversas fuentes de capacidad (rendimiento).	Dimensión de la fuerza laboral. Tasa de producción. Inventario. Subcontratación.
De un día a un mes anticipado.	Progreso de las ventas existentes en relación a la demanda. Planes y programas agregados.	Programa detallado de las labores asignadas al hombre y a la máquina.	Tasa de producción. Modificaciones a las labores asignadas al hombre y a la máquina. Dimensión de la fuerza laboral.

den calcular directamente. Sin embargo, todos los costos son reales y están relacionados con las decisiones de la planeación agregada.” [5]

d) Sistema de control de la producción. Básicamente, el objetivo del sistema de control de la producción expuesto en términos muy generales es señalado por Biegel:

“El objetivo del control de producción, expuesto en sentido muy general, es hacer el plan de la corriente de materiales que llegan a la fábrica, pasan por ella y salen de la misma, regulándola de tal manera que se alcance la posición óptima en cuanto a beneficios, dentro del marco de las metas que la empresa se ha fijado. Así pues, el control de producción tiene que establecer medios para una continua estimación de: la demanda del cliente; la situación de capital; la capacidad productiva; la mano de obra; etc. Esta evaluación deberá tomar en cuenta no sólo el estado actual de estos factores, sino que deberá también proyectarlos en el futuro.” [7]

Es decir, “la interdependencia de las funciones de manufactura en una fábrica es tal, que el aprovechamiento más productivo de los recursos sólo puede asegurarse por medio de una continuidad ininterrumpida del trabajo, desde el recibo de las materias primas en la planta hasta la entrega de los productos terminados al cliente. La responsabilidad del gerente de producción es crear una secuencia perfecta en la misma, de manera que cada participante y cada pieza funcione de acuerdo con un plan común y un horario de actividades coordinado”. [8]

La figura 9-1, ilustra un sistema de control de la producción.

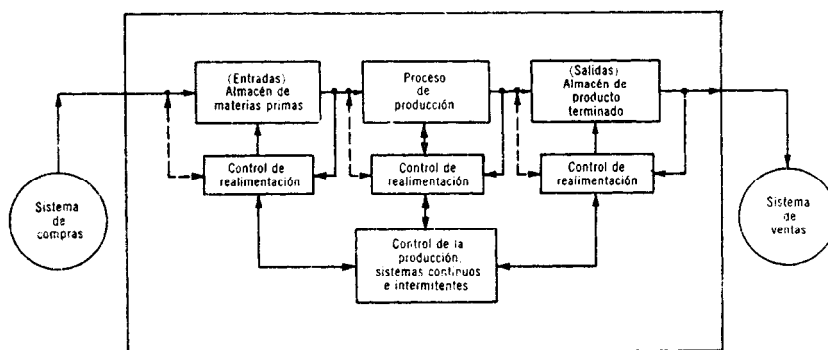


Figura 9-1. Sistema de control de la producción

Como puede apreciarse en la figura, el flujo de entrada lo constituyen las materias primas o materiales que se utilizan en el producto. El proceso de producción considera la conversión de las materias primas empleando mano de obra, maquinaria y equipo, capital, tiempo, etc. Las salidas constituyen el producto terminado. “La mayoría de las organizaciones actuales son combinaciones de modelos intermitentes y continuos, de modo que los sistemas de programación necesitan reflejar las

necesidades de una compañía dada. En el modelo intermitente, la orden individual de producción, su fecha de entrega, las operaciones que deben llevarse a cabo, la asignación del tiempo de la máquina de control, de su progreso en relación al programa, etc., constituyen la cuestión central del problema. Este tipo de programación y control se llama comúnmente *control de pedido*. Por otra parte, donde tenemos un modelo continuo caracterizado por grandes volúmenes de productos estandarizados no se requiere un control estricto sobre los pedidos individuales, y se usa el término de *control de flujo* para caracterizar las operaciones de programación y control en estas situaciones.” [9]

Ambos tipos de control caracterizan al control de la producción cuando entra en escena.

e) Producción continua e intermitente. “En sentido general existen dos sistemas básicos de fabricación: el continuo y el intermitente. Mediante el uso de la fabricación continua, los métodos de elaboración y configuración del producto, permanecen teóricamente inactivos al iniciarse la producción, y los productos tipificados se elaboran a una tasa relativamente constante a través de la línea de producción establecida. De esta manera es como se fabrican, entre otros productos, los automóviles, los refrigeradores y los radios. Por el contrario, el uso del enfoque intermitente hace que el nivel de la actividad fabril quede sujeto a amplias variaciones. En este caso los métodos de fabricación y configuración del producto que se empleen, quedan sujetos también al cambio. El taller de máquinas o bien el taller de órdenes de producción especializada, por lo común, utilizan el enfoque de fabricación intermitente.

En la práctica son relativamente pocos los casos en que se presentan en la industria procesos de fabricación absolutamente continuos o absolutamente intermitentes. La mayor parte de las compañías convienen en adoptar una posición intermedia entre ambos extremos. Sin embargo, se pueden enumerar ciertas características generales que ayudan a definir la posición hacia la que se inclina la producción de una compañía.

Características de la fabricación continua

1. Una de sus características más comunes es la producción de un considerable volumen de productos tipificados.
2. Está generalizado el empleo de maquinaria especializada, que se ajusta a la disposición que guarda la línea del producto.
3. Es común que grúas y transportadores formen parte del equipo fijo que se utiliza para el manejo de materiales.
4. Se contratan trabajadores inexpertos y no calificados, consecuentemente el costo del trabajo es relativamente bajo.

Características de la fabricación intermitente

1. La compañía fabrica generalmente una amplia variedad de productos; para la mayor parte de los artículos, el volumen de las ventas y conse-

cuentemente el tamaño de las órdenes de producción son pequeñas en relación a la producción total.

2. Normalmente se utiliza maquinaria para producción ordinaria, favoreciendo así la disposición del proceso.

3. El equipo para el manejo de materiales, lo integran utensilios tales como carretillas de mano y carretillas elevadoras.

4. Se contrata mano de obra calificada, cuyo costo es relativamente alto por requerirlo así la elaboración de diferentes tipos y cantidades de productos.

El enfoque de fabricación que se utiliza rige hasta cierto punto la naturaleza de la planeación de la producción y el funcionamiento del control, el cual debe trazarse en forma tal, que se ajuste a las características de la operación manufacturera. El control seriado es el comúnmente utilizado en caso de que la fabricación sea continua; se empleará el control en sucesión cuando la fabricación es intermitente. En ambos casos, los objetivos de la planeación y del control, así como las actividades que ejecuta la fabricación, son substancialmente lo mismo. Aunque, sin embargo, cabe señalar una diferencia muy importante entre ambos tipos de fabricación. La fabricación intermitente hace agobiante la planeación de la producción así como la actividad de control. Consecuentemente, al estudiar los problemas referentes a la planeación y al control para las operaciones manufacturadas de tipo intermitente se deberá desmenuzar y analizar el control de producción en general.” [10]

f) Organización del sistema. La organización que sigue el sistema de control de la producción, se considera generalmente a nivel *staff* y está subordinado a la gerencia de producción. El sistema puede estar completamente centralizado en las fábricas pequeñas, es decir, todas las

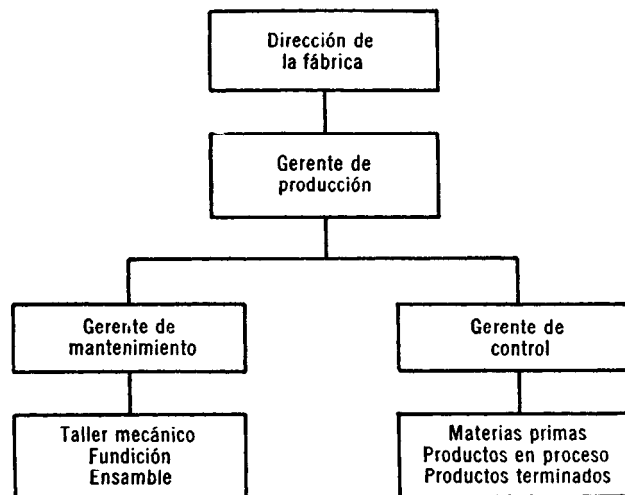


Figura 9-2. Organigrama del sistema de control centralizado de la producción

actividades de control son manejadas en una oficina central de la planta. La fuerza del sistema centralizado se apoya en la íntima relación del proceso productivo, con los miembros del *staff* y la gerencia de producción.

Cuando el sistema de control de la producción está descentralizado, las funciones de control son manejadas por departamentos individuales de la organización de producción de la empresa. El sistema descentralizado es característico de las fábricas grandes, con áreas extensas o con muchos departamentos de producción. Tal es el caso de la industria automotriz.

Las figuras 9-2 y 9.3, nos ilustran los sistemas mencionados.

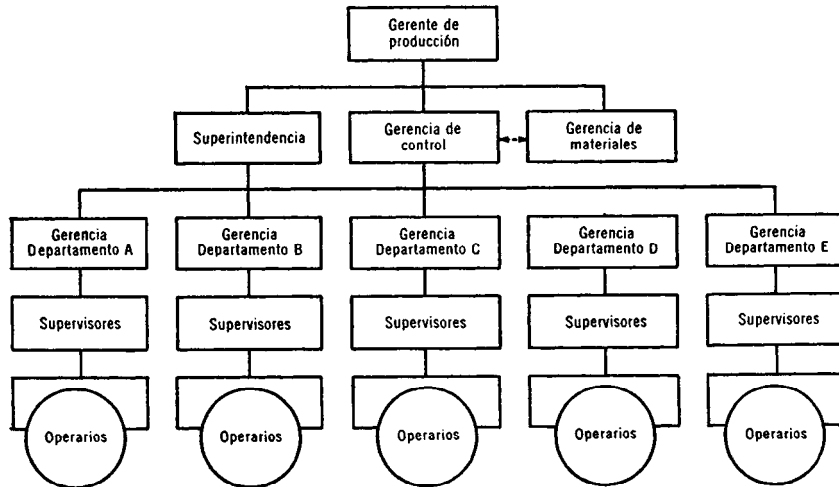


Figura 9-3. Organigrama del sistema de control descentralizado de la producción

g) Fases del sistema de control de la producción. “Se ha estilizado tanto el control de la producción, que el estudiante acaba creyendo que todas las organizaciones de control de la producción son idénticas. La división clásica era orientación o señalamiento de la ruta a seguir, programación o determinación del tiempo, despacho y expedición o seguimiento. Las actividades de orientación y programación están en la fase de planeamiento, la de despacho en la acción y la de seguimiento en la ejecución o cumplimiento.

Fase de planeamiento: orientación

La orientación determina dónde se va a realizar la labor. A veces empieza esta función con la representación del producto en un plano y se decide cada detalle de cómo va a ejecutarse el producto hasta el punto de designar concretamente máquinas y herramientas. Otras veces determina todo el proceso de fabricación algún otro grupo y en la orientación se decide únicamente la máquina que se va a emplear.

Fase de planeamiento: programación

Por medio de la programación se decide cuándo se hará el trabajo. Es la regulación del tiempo de control de la producción parecida a la fijación de horarios en los ferrocarriles y teatros y a otras actividades semejantes.

Fase de acción: despacho

Consiste en el despacho de órdenes a su debido tiempo, función semejante a la de dar salida a los trenes en el ferrocarril. En el control por flujo el despachar órdenes es notificar a los servicios de producción la cantidad que se necesita, mientras en el control por pedidos se transforma en complejo procedimiento de abundantes órdenes de fabricación que se dan a los trabajadores directos e indirectos.

Fase de cumplimiento o activación

La expedición consiste en determinar si el trabajo avanza o no como estaba planeado. En los primeros tiempos de la industria se designaba esta función mediante expresiones más descriptivas, como: seguir la mercancía o seguimiento, y a veces todavía se llama así. El expedidor es como el elemento autorregulador entre la ejecución del trabajo y las funciones de programación y orientación del control de la producción. En un ambiente más moderno, la labor del expedidor es mínima porque en su lugar existen los informes del avance de la operación, recogidos y elaborados mediante un procedimiento automático de datos. Un número excesivo de expedidores es probablemente un indicador de operación ineficaz. El expedidor puede tener un importante papel en el control de la producción, mas hay que elegirlo con cuidado porque si se excede en su autoridad, en lugar de allanar el camino para la producción puede convertirse en agente agitador de lo que de otro modo sería una eficiente situación de trabajo.” [11]

h) Alcances del sistema. “Es difícil enumerar los objetivos del control de la producción porque en las diferentes organizaciones se combinan diferentes actividades. Las diferencias se deben a la tradición, a las variaciones de productos y mercados y a otras muchas razones. *He aquí una lista de actividades (muchas de ellas empalmándose unas sobre otras) que podrían entrar en la sección de control de la producción.*” [12]

Recibir y registrar órdenes del departamento de ventas.

Estimar el costo de nuevos trabajos.

Servir de enlace entre la fábrica y el departamento de ventas o el cliente.

Estimar las ventas.

Mandar requisiciones de compra.

Tomar decisiones de fabricación o de compra.

Mantener el control sobre las materias primas y los productos acabados.

Mantener edificios de almacenamiento para las materias primas y los productos acabados.

Determinar los niveles de inventario.
Determinar la ruta que seguirán los artículos acabados.
Determinar el transporte interno del material.
Controlar las existencias de los almacenes o bodegas secundarios.
Estimar las necesidades de mano de obra y maquinaria para cumplir con los programas.
Programar y mantener la producción de toda la planta.
Replanear los programas y atenuar las fallas del replanteamiento.
Asignar tareas a hombres y máquinas.
Hacer dibujos detallados de un producto.
Mandar órdenes de producción.
Activar la ejecución de las órdenes.
Evaluar el rendimiento.
Hacer y conservar las copias de ingeniería.
Hacer y conservar los cambios hechos en los dibujos de ingeniería.
Hacer y reproducir impresos de manufactura.
Diseñar y rediseñar sistemas de elaboración de datos.
Elaborar datos.
Instalar sistemas de elaboración o de datos.
Programación para computadoras.
Evaluar los sistemas de elaboración de datos.

i) Programación cronológica del sistema. Establecer la trayectoria de la materia prima y de las piezas durante el proceso de producción hasta la obtención del producto terminado, es a lo que se llama *cédula cronológica del sistema de control de la producción*.

“La cédula cronológica se basa principalmente en los siguientes factores:

Requisitos de la entrega del producto terminado, cantidades y fechas.
Capacidad de producción de las instalaciones de la planta y del personal.
Cargas de trabajo existentes, compromisos futuros y su urgencia (revelando el tiempo abierto para nuevos trabajos).
Tiempo requerido para la procuración de materiales, piezas compradas, herramientas, y para otros trabajos preliminares.
La cantidad de material y de piezas, incluyendo el material de consumo en existencias y disponibles para el nuevo trabajo.

Los tiempos estándar para procesamiento, desarrollados mediante el estudio de tiempos, se cuentan entre las principales aportaciones de otras unidades de *staff* al control de la producción. La cooperación del personal de compras, ingenieros de herramientas y del taller de herramientas es necesaria para la determinación del tiempo de arranque (tiempo requerido para todo el trabajo y las procuraciones esenciales antes que principie la producción). El *staff* de personal puede ser responsable de la obtención de hombres adicionales —lo que toma tiempo—. El departamento de la fábrica a cargo de los materiales comparte la responsabilidad de proporcionar materiales, piezas y material de consumo. Un trabajo nuevo puede requerir los servicios de ingenieros de productos y de métodos, y el tiempo para estas actividades puede ser asentado en la cédula.

Las cédulas que incluyen todos estos elementos son necesarias cuando se producen grandes máquinas especiales y en trabajos de construcción, y el trabajo o la construcción puede iniciarse en varios segmentos importantes antes que concluyan los planes detallados para los componentes menores del trabajo. El tiempo de arranque por lo general es amplio cuando debe fabricarse algún nuevo artículo o un modelo de un producto mayor. La aviación, los automóviles y los aparatos de televisión son casos típicos de los artículos cuya fabricación implica meses de tiempo de arranque. Sin embargo, el factor del tiempo de arranque se encuentra en casi todos los tipos de producción.

La formulación de cédulas cronológicas completas para productos que requieren una pluralidad de operaciones y que se van a fabricar en cantidad, obviamente demanda el mantenimiento sistemático de registros pertinentes y cuidadosos cálculos de tiempo para los diversos elementos del trabajo. Las cédulas muy ajustadas permiten poca latitud para el criterio y los errores suelen ser costosos. El flujo continuo del trabajo en la producción de automóviles —miles de pasos sincronizados que forman un río continuo de autos— muestra la exactitud con la que pueden ser calculados estos elementos de tiempo en la práctica moderna.” [13]

j) *Cómo medir la eficiencia del control de producción.* [14] Como gerente de producción o persona que algún día llegará a ocupar ese puesto de responsabilidad, tal vez se haga esta pregunta: “¿Cómo puedo yo saber si el sistema de control de producción de mi fábrica es efectivo?” Hay varias formas para descubrir un control de producción defectuoso, aun cuando en muchos casos es injusto el culpar de todo lo malo al procedimiento mismo. He aquí algunos casos que demuestran la existencia de un mal control:

1. Escasez de piezas individuales en la línea de ensamble. Puesto que el ensamble pasa de un lugar de trabajo a otro, siempre debe haber piezas disponibles a fin de que cada obrero ejecute lo asignado. Si en cualquiera de los lugares de trabajo se acaban las partes, tendrá que detenerse toda la línea hasta que surtan nuevamente las piezas faltantes. Naturalmente, esto afectará la cédula de producción.

2. Retraso crónico para terminar los pedidos a tiempo. En la mayor parte de los pedidos, se ha prometido la entrega al cliente para una fecha determinada. Aun en casos en que el cliente no resulte seriamente afectado, lo menos que podemos decir es que retrasos frecuentes en la terminación de los pedidos, indican que nuestra planeación no se ajusta a la realidad.

3. Demasiados pedidos urgentes (especialmente cuando la mayor parte no eran pedidos de urgencia, originalmente). Todos hemos observado casos en que un cliente importante se presenta repentinamente con un pedido que necesita con urgencia. Aunque esto complica nuestro problema de planeación nos sentimos obligados a satisfacer al cliente. Este tipo de pedido urgente es justificable y fácil de comprender. Sin embargo, nos encontramos con muchos casos en que los pedidos se recibieron con bastante anticipación a la fecha de entrega, pero que por una razón

o por otra se han retrasado tanto, que llegan a ser un verdadero problema. Esto nos indica que el control no es muy bueno.

4. Excesivo tiempo extra. Un método bastante común para tratar de corregir una planeación inadecuada, es tratar de hacer, durante el tiempo extra, lo que no se logró hacer dentro de las horas ordinarias de trabajo. Muchos gerentes de producción se interesan en saber la cantidad de tiempo extra necesaria cada mes y reciben informes que detallan esta información. A menudo las necesidades del momento justifican el tiempo extra; sin embargo, es importante que el gerente examine los antecedentes de la situación a fin de que comprenda por qué en determinados casos fue necesario trabajar más del horario normal.

5. Frecuentes demoras en la operación, debidas a escasez de material o de herramientas.

6. Excesivos costos de preparación de máquinas. Igual que el número 5, la falta de herramientas y materiales adecuados causa demora en la preparación de máquinas u operaciones. Generalmente, lo que resulta más caro es el frecuente cambio en la preparación de las máquinas cuando se interrumpe una línea de producción debido a emergencias o pedidos urgentes. El volver a preparar las máquinas implica cargos por trabajos extras y también por pérdida de tiempo productivo mientras se cambian las máquinas, teniendo como resultado costos más elevados.

7. Tiempo de espera de los obreros antes de recibir las órdenes de producción. Por medio de un buen sistema de control de la producción, podremos prevenir este desperdicio, si informamos con anticipación a los jefes de grupo o supervisores sobre los trabajos pendientes que van a entrar a la línea de producción.

8. Pérdidas frecuentes de materiales en proceso. Tales pérdidas son un rompecabezas en cualquier fábrica, pero este problema crece en proporción al tamaño de la operación y el número de piezas necesarias. El jefe de control de producción coordina el trabajo que va a hacerse y los medios para llevarlo a cabo. Cuando ya se han fabricado algunas partes, éstas deben pasar a la siguiente operación o almacenarse temporalmente. En la misma forma en que el coordinador debe proporcionar información al personal de la fábrica, ellos deben darle información a él a fin de que siempre esté enterado de los acontecimientos. Es decir, que se debe establecer un sistema a fin de que la información necesaria corra en ambas direcciones (del jefe de control de producción a los supervisores de producción indicándoles lo que deben hacer y a dónde deben enviar el producto terminado y de los supervisores al jefe de control indicándole lo que hicieron y a dónde lo mandaron). Cualquier falla en el sistema de comunicación, en cualquiera de los dos sentidos, reduce la eficiencia del mismo.

9. La necesidad frecuente de "robarle a una orden para completar otra". Éste es otro modo de descubrir una planeación deficiente. Se deben programar las órdenes a modo de disponer de la cantidad necesaria de piezas y material, contando además, con un margen para trabajo echado a perder. Cuando existe la necesidad de tomar artículos terminados de un pedido porque se ha descubierto que otro pedido tenía prioridad, es

evidente que este método de resolver un problema, nos crea otro. Una mejor planeación y control podrían eliminar ambos.

10. La incapacidad del departamento de control de producción para dar información respecto al progreso de pedidos individuales. Un buen sistema debe permitir que el jefe de control de producción sepa en cualquier momento la situación de la fábrica. Debe saber qué trabajos se están realizando y cuánto tiempo falta para terminarlos. Si al preguntársele al jefe de control sobre un trabajo determinado, éste tarda en responder, esto significa que su sistema no le proporciona la información adecuada con la rapidez necesaria. En este caso tendremos más problemas en el futuro.

11. Un ritmo disparejo en la sección de embarques (sobre todo al final del período de elaboración). Una planeación adecuada debe procurar hasta donde sea posible, la utilización uniforme y eficiente del personal de la planta, así como de todo el equipo. Si los pedidos se demoran más tiempo del calculado y no se descubren estas demoras sino hasta casi terminar el mes, el resultado será una actividad febril en un esfuerzo por recuperar el tiempo perdido. Una buena información de control junto con medidas tomadas a tiempo, nos ayudarán a mantener un ritmo suave en el trabajo de toda la fábrica.

12. El exceso o acumulación de inventarios obsoletos, generalmente es indicación de una rotación lenta. La revisión constante de inventarios es una de las responsabilidades más importantes del departamento de control de la producción. Un mal control puede dejar márgenes excesivos para material echado a perder durante la fabricación, con el consiguiente resultado de producir mucho más de lo que el cliente solicita. Es decir, que algunos de los productos terminados pasarán a inventarios al terminar cada orden. Igualmente, si el jefe de control no hace una cuidadosa revisión o si sus registros de inventarios son inexactos o están atrasados, girará órdenes para producir artículos que probablemente estén olvidados en algún rincón de la bodega. Esto implica una mayor inversión de capital, además de aumentar el problema de almacenamiento. Un buen jefe de control de producción también debe revisar constantemente si en realidad se necesitan aquellas piezas que se piden automáticamente por el almacenista al llegar al punto de reposición para hacer nuevo pedido. Debe asegurarse de que tales piezas aún se usan, de otro modo puede autorizar y programar la fabricación de artículos que, al terminarse, irán a dar a la pila de material desperdiciado.

13. Fluctuaciones en el costo de operación o entre tiempo real y tiempo tipo. La habilidad para determinar los costos de operación, indica que existe un sistema que nos permite reunir información sobre costos y distribuir dichos costos entre las diferentes operaciones en proceso. También implica que se han llevado a cabo estudios a fin de tener un cálculo exacto o aproximado del tiempo que debería ser necesario para completar una operación y que se presentan al departamento de control de producción informes sobre el tiempo real que fue necesario para hacer determinada operación.

Es obvia la necesidad de un buen sistema de producción si queremos

reducir o eliminar la mayoría de las dificultades mencionadas anteriormente. Este sistema debe ser controlado por personas bien preparadas. Existe la posibilidad de que el departamento de control de producción crezca demasiado y sea difícil de manejar, lo cual elevará sus costos y causará demoras al operar con más lentitud. Sin embargo, este problema sólo puede encontrarse en las grandes compañías. Por el contrario, es más común que las empresas pequeñas adolezcan de falta absoluta de control, o de un control inadecuado, ya que a menudo se cree que un buen sistema para controlar la producción es un lujo costoso y poco práctico.

Los gerentes modernos deben estar familiarizados con las dificultades que pueden traer como resultado el control inadecuado de la producción. Deben tratar de medir la eficacia del sistema que se usa en sus fábricas. Al mismo tiempo se darán cuenta de que muchas pérdidas resultan de un mal control (según las indicaciones mencionadas anteriormente): pérdidas en el tiempo productivo de la maquinaria, desperdicio de materiales, desperdicio de mano de obra. A la larga un buen sistema de control de producción instalado y ejecutado por personal bien preparado, pagará con creces su costo.

Referencias bibliográficas

1. "Planeación y control de la producción". Robert H. Bock y William K. Holstein. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1966. Capítulo 11, pág. 271.
2. "APICS-Dictionary of Production and Inventory Control Terms". Clifford M. Baenback. American Production and Inventory Control Society, 330 South Wells St., Chicago 6, Illinois.
3. "Organización para la producción". E. S. Roscoe. Compañía Editorial Continental, S. A. México 1972. Capítulo 10, pág. 232.
4. "Production and Inventory Control". G. W. Plossl y O. W. Wight. Prentice-Hall, Inc. 1967. Capítulo 7, págs. 193 y 194.
5. "Modern Production Management". E. S. Buffa. John Wiley and Sons Inc. 3rd. Edition. Capítulo 17, págs. 536, 537 y 538.
6. "Production-Inventory Systems", "Planning and Control". E. S. Buffa. Richard D. Irwin, Inc., 1968. Capítulo 5, pág. 122.
7. "Control de la producción", "Procedimiento cuantitativo". John E. Biegel, Herrero Hermanos, Sucesores, S. A. Editores. México 1972. Capítulo 1, pág. 1.
8. "Dirección de la producción". Karl E. Ettinger. Herrero Hermanos, Sucs., S. A. Editores. México 1966. Página 15.
9. "Administración y dirección técnica de la producción". E. S. Buffa. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México 1972. Capítulo 16, págs. 481 y 482.
10. "Production Management Analysis". Leonard J. Garret y Milton Silver. Harcourt Brace and World Inc., págs. 542-544.
11. "Control de la producción". James H. Greene. Editorial Diana, S. A. México 1971. Capítulo 3, págs. 49 y 50.
12. "Control de la producción". James H. Greene. Editorial Diana, S. A. México 1971. Capítulo 3, págs. 51 y 52.
13. "Organización para la producción". E. S. Roscoe. Compañía Editorial Continental, S. A. México 1972. Capítulo 10, págs. 236 y 237.
14. Artículo exclusivo del ingeniero Murray Greenberg, Catedrático de la Universidad de Nueva York. Editado por la revista *Productividad*. Nº 134, con fecha 16 de diciembre de 1960.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. "Administración y dirección técnica de la producción". Elwood S. Buffa. Editorial Limusa-Wiley, S. A.
2. "Planeación y control de la producción". Robert H. Bock y William K. Holstein. Editorial Limusa-Wiley, S. A.
3. "Control de la producción". James H. Greene. Editorial Diana, S. A.
4. "Control de la producción", "Procedimiento cuantitativo", John E. Biegel. Herrero Hermanos, Sucesores, S. A. Editores.
5. "Production Management". Segunda edición. Raymond R. Mayer. McGraw-Hill Book Company.
6. "Production and Inventory Control". G. W. Plossl and O. W. Wight. Prentice-Hall Inc.
7. "Administración de la producción", "Sistemas y síntesis". M. K. Starr. Herrero Hermanos, Sucesores, S. A. Editores.

TEMA 10

El sistema de control de calidad

Sumario:

a) Introducción y definición. — *b)* Cuatro aspectos del control de calidad. — *c)* Sistema de control de calidad. — *d)* Control de calidad dentro de la organización. — *e)* Políticas de producción y calidad. — *f)* Importancia y función del sistema de control de calidad. — *g)* Economía del sistema de garantía de calidad. — *h)* Control de calidad en la producción. — *i)* Control estadístico de calidad. — *j)* Muestreo de aceptación por variables. — *k)* Muestreo de aceptación por atributos. — *l)* Control de calidad en las fases de distribución, colocación y uso. — *m)* Curvas características de operación. — *n)* Gráficas de control; mecanismo y usos. — *o)* Planes de muestreo. — *p)* Gráficas de diseño económico de control. — *q)* Círculos de control de calidad. — *r)* Conclusión. — *Apéndice:* La problemática del control de calidad.

a) Introducción y definición. “Puede afirmarse que la idea de calidad nació con el hombre mismo. Todo lo que servía para satisfacer sus necesidades era bueno. Tengo la impresión de que una de las primeras pruebas de muestreo de aceptación que se hizo, fue la selección de un garrote adecuado que le sirviera como arma de defensa y ataque al más remoto de nuestros antepasados. Hasta me parece ver al antropopiteco propinando golpes a una roca para comprobar que el madero seco que había encontrado no iba a romperse cuando tratara de rechazar los ataques de algún animal. Esto es cierto hasta nuestros días, pero el control de calidad sólo apareció hasta que el hombre empezó a comerciar.

A principios del siglo xx entró al escenario fabril el mayordomo de control de calidad. Al surgir las fábricas modernas en las que muchos hombres desempeñan tareas similares, se ve que hace falta un supervisor, quien asume la responsabilidad por la calidad del trabajo efectuado en su departamento. Pero llega la Primera Guerra Mundial y el supervisor se preocupa más por la cantidad que por la calidad. Veinte años después, se inicia *el control de calidad por inspección*. Aparece el primer inspector de tiempo completo, y esto conduce a que de 1920 a 1930 grandes organizaciones de inspección se encuentren separadas e independientes de la producción. Durante la Segunda Guerra Mundial aparece *el control estadístico de calidad*. Las principales aportaciones de esta etapa son las gráficas de control estadístico y la inspección por muestreo, en lugar de la inspección 100 %. Esta última tiene una probabilidad de aprobar el 10 % de los efectivos y el muestreo estadístico arroja, en cambio, una probabilidad de 5 % con menor cantidad de mano de obra.” [1]

Es bien sabido que *calidad* es un grado de excelencia, una medida de bondad por medio de la cual juzgamos la capacidad de las cosas para satisfacer una necesidad.

“Al mencionar la palabra *calidad* hay que reconocer la distinción entre calidad de diseño y calidad de fabricación.

Si se dice que un automóvil Lincoln es de mejor calidad que un Ford, o bien, que un Cadillac, es mejor que un Chevrolet, se utiliza la palabra *calidad* en el sentido del diseño. Los diseñadores de automóviles de mayor costo han incluido ciertas cualidades encaminadas a conseguir mejor confort, mejor apariencia, mejor comportamiento.

La calidad de fabricación o calidad de producción se refiere a si la calidad de las características de un producto corresponden a las realmente necesarias para conseguir los resultados pensados por el diseñador. Aquí

es donde se establecen las márgenes de seguridad o tolerancias y, en caso de ser satisfechos, los artículos fabricados tendrán buena calidad de producción. De esta manera, si todas las partes de un radio se adaptan bien entre sí, de modo que en cualquier momento, los requisitos de ellas puedan substituir a los originales, se dice que están bien conformados.

Los artículos que poseen estas dos características de calidad siempre dan beneficios a la empresa que los produce, lo que se traduce en pesos y centavos al ser más aceptados por el consumidor." [2]

Claro está que, si comparamos la calidad de las mencionadas marcas de automóviles, con las afamadas marcas "Carcacha", "Carcacha Deportiva" y "Carcacha Imperial", que fabrica la empresa "Velázquez, Mendoza y López", S. A., los Fords, los Lincolns, los Cadillacs, los Volskwagens, etc., resultan obviamente, de inferior calidad.³

Es bien sabido que la palabra *control*, en administración, envuelve las funciones de ver que las normas y planes se lleven a cabo. Incluye la vigilancia, evaluación de los resultados y las actividades reguladoras. También puede ser una actividad especializada, que se aplica a cualquier otra área de interés en la empresa; la *calidad*, por ejemplo.

Considerando lo anterior, definimos:

Control de calidad: Es la función administrativa cuyo objetivo es mantener la calidad de los productos que elabora una empresa, de acuerdo a una línea de normas y estándares establecidos.

Otras dos definiciones pueden ser las siguientes:

"**Control de calidad** es la coordinación de esfuerzos en la organización de manufactura para que la producción se lleve a cabo en los niveles más económicos que permitan obtener completa satisfacción del consumidor." [4]

"**Control de calidad** son todas las actividades que en una empresa manufacturera tienden a mejorar el comportamiento de las partes, de acuerdo a ciertas especificaciones, revisando las ya existentes, hasta alcanzar un nivel de calidad real." [5]

No dudamos que el lector, escogerá de las definiciones dadas la que más le agrade.

b) Cuatro aspectos del control de calidad. [6] El control de calidad es llevado a los siguientes planos revistiendo en cada uno de ellos un aspecto distinto:

- a) Se aplica en aquellos niveles de política que deben determinar el nivel de calidad deseable en el mercado.
- b) Se lleva a la etapa de planeación técnica de la empresa, durante la cual se especifican los niveles de calidad que le permitirán competir con los niveles óptimos del mercado.
- c) Es indispensable en aquella etapa del proceso de producción que requiere el ejercicio de un control sobre las materias primas recién adquiridas, al igual que sobre las diversas operaciones de dicho proceso, e

³ Con el debido respeto que se merecen las fábricas de automóviles establecidas en México.

fin de hacer efectivas las políticas acordadas y lograr elaborar productos con los requisitos de calidad que se han determinado.

- d) Debe llevarse a las etapas de colocación, distribución y uso del producto, puesto que no es raro que la calidad del producto sufra menoscabo al ser mal colocado o distribuido. Y en lo que respecta al uso, es necesario el control de calidad puesto que la mayor parte de los productos son garantizados en el transcurso de tiempo X , y, consecuentemente el control de calidad debe extenderse hasta esta fase, vigilando que el funcionamiento de los productos sea tal que no defraude la garantía que se le otorga.

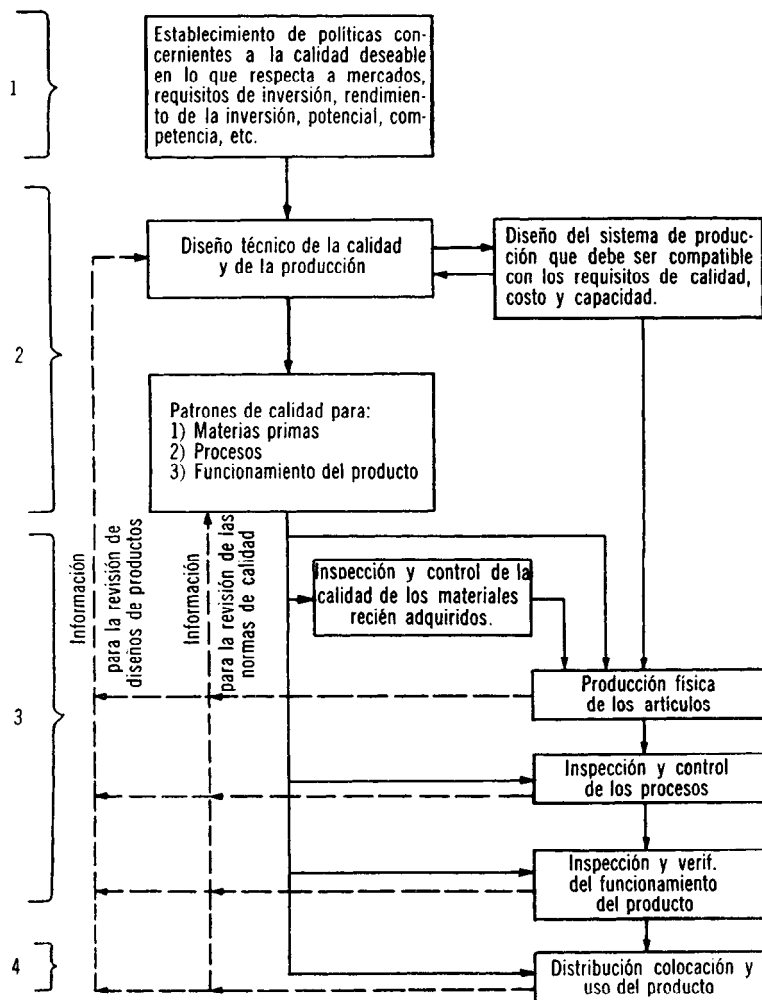


Figura 10-1. Representación esquemática del papel que desempeña el control de calidad a lo largo de las fases de planeación, producción y distribución de un producto. [7]

Estos cuatro aspectos del control de calidad se muestran esquemáticamente en la figura 10-1, con algunas de sus interrelaciones.

c) Sistema de control de calidad. La fabricación o elaboración de productos con una calidad determinada, implica ejercitar un minucioso control sobre la misma a lo largo del proceso de producción y de sus funciones asociadas, comprendiendo inclusive la planeación de producción, la adquisición de materias primas e insumos y la distribución de los productos, tal como se ilustra en la figura 10-2.

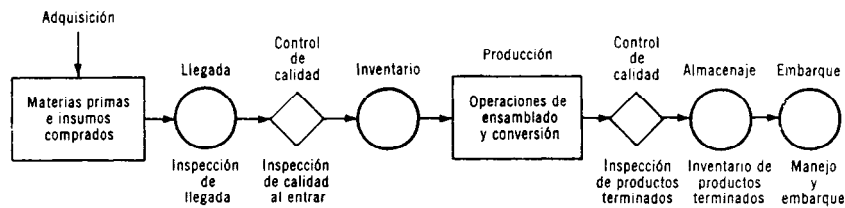


Figura 10-2. Un sistema de control de calidad

Analice el lector el sistema ilustrado en la figura 10-2 y discútalo.

d) Control de calidad dentro de la organización. “En la mayoría de las empresas manufactureras, el control del nivel de calidad (o sea el que garantiza la calidad de los productos) es, por lo común, asignado a un departamento especial que informa sobre el particular a la dirección general. Organizacionalmente es denominado *departamento del control de calidad*. La autoridad que dicho departamento puede ejercer varía de acuerdo a la relativa dificultad que presente el control de calidad, así como de la evaluación, por parte de la dirección general, de las consecuencias que acarrea el poner en circulación productos defectuosos.

En industrias tan diversificadas como las dedicadas a la producción de automóviles y a la elaboración de productos alimenticios para bebé, el departamento de control de calidad tiene autoridad en ocasiones, para suspender el proceso de producción, y a veces se le confiere autoridad para dictar medidas correctivas.

La concesión de este grado de autoridad al departamento de control puede crear problemas organizacionales. Así, por ejemplo, el gerente de un departamento de línea de producción que es responsable de la cantidad y calidad del producto elaborado por su departamento, se ve privado de autoridad para determinar cómo debe ser elaborado el producto cuando se autoriza al departamento de control de calidad a dictar medidas correctivas. A fin de evitar un desequilibrio entre autoridad y responsabilidad, muchas empresas no otorgan al departamento de control de calidad este grado de autoridad. En vez de ello, generalmente se le permite tan sólo “recomendar” acción correctiva o la suspensión de una línea de producción, dejando al jefe del departamento de producción la decisión final, ya que él es responsable de los productos elaborados. Si los jefes de los departamentos de producción y de control de calidad entran en desacuerdo, la decisión se pasa al nivel administrativo superior más próximo.

La estructura organizacional que se emplea para analizar estos enfoques se muestran en la figura 10-3. En dicha figura se puede apreciar que el jefe del departamento de producción es responsable tanto de la cantidad como de la calidad de lo producido. El departamento de control de calidad ejerce control sobre el producto examinándolo para ver si reúne los requisitos de calidad que le han sido señalados, de no ser así, este departamento puede desecharlo e impedir su envío.” [8]

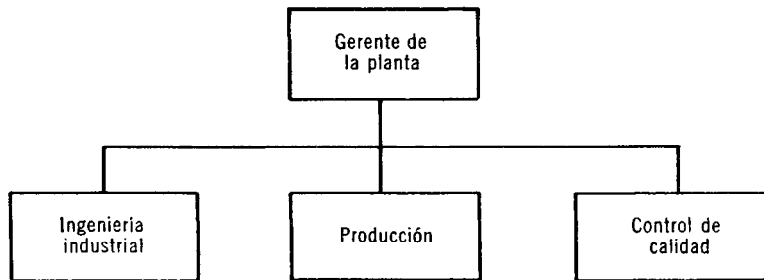


Figura 10-3. Relación típica entre los departamentos de control de calidad y producción

“Lo expuesto en párrafos anteriores viene a demostrar la verdad que encierra el *slogan* ‘la calidad es el resultado del trabajo de todos’. Todos los niveles de una organización están en alguna forma relacionados con la producción de la calidad, ya sea en términos de política, de concepciones de diseños de productos, del diseño del sistema de producción, del diseño de la misma producción, o bien de la distribución. La figura 10-1, mediante sus relaciones esquemáticas de los segmentos mayores del control de calidad, intenta centrar la atención del lector en la naturaleza difusa de la función de la calidad. Al tratar de organizar la empresa para el logro de la calidad de que se ha venido hablando, se hace evidente la necesidad de establecer una coordinación total a través de un programa de calidad, si así fuese necesario.

Es indispensable que alguien asuma, dentro de la organización, la responsabilidad total de la calidad, con el fin de coordinar los objetivos de la calidad a lo largo de las diferentes fases que muestra la figura 10-1. Esto significa que el individuo que se responsabilice, debe ocupar un puesto muy alto dentro de la organización. Su ubicación exacta, así como su grado de autoridad e influencia, varían necesariamente de una organización a otra, dado que la importancia de la función de la calidad no es la misma para todos los productos, ni para todas las organizaciones.

Sin embargo, es importante para todas las organizaciones la integración de este nuevo punto de vista de la calidad. En una organización, donde la calidad sea un factor dominante, se contará con un gerente de control de calidad que informe sobre sus actividades a un vicepresidente de fabricación. En aquellas organizaciones donde la función de la calidad revista

menor importancia, debido a la naturaleza de los productos, de los mercados, y de la industria en sí, la coordinación de la calidad se encontrará en manos de un oficial de alguna línea de la organización. Sin embargo, en ambos casos debe tenerse una concepción clara y cabal de las funciones de la calidad, a fin de lograr un control efectivo de la misma dentro de las políticas y objetivos de la empresa.” [9]

e) Políticas de producción y calidad. [10] Las políticas básicas referentes a la calidad de los productos emanan necesariamente, de los niveles organizacionales superiores, puesto que mantienen una interrelación con las decisiones estructurales de la empresa como son las que atañen a sus objetivos, dirección y enfoque de la misma.

Estas políticas de calidad del producto basan sus decisiones, obligadamente, en una evaluación de los mercados y de sus potenciales a diferentes niveles de calidad.

Toda política de calidad de productos debe formularse preguntas del siguiente tipo, para comprender cómo miden los clientes la calidad del producto: ¿La determinan en base a su apariencia y diseño estético, o bien, considerando su fineza, confiabilidad, duración, u otros factores similares?, ¿qué tan sensible es el costo de producción y la capacidad de inversión de la empresa para hacer las instalaciones que sean necesarias, a fin de satisfacer a estas medidas de calidad de un producto en particular, que pueden estar en la mente del consumidor? En lo que se refiere al potencial de mercado cabe reflexionar sobre los siguientes puntos: ¿Qué “rendimiento de la inversión” se puede proyectar para los diversos niveles de calidad que se pueden producir?, ¿cuál es la capacidad competitiva de una industria en particular, tomando como referencia sus diferentes niveles de calidad? Consideraciones de este género pueden ser de gran utilidad para determinar hacia qué sector del mercado debe dirigir la empresa sus actividades. Desde cualquier ángulo que se observe, es evidente que los objetivos de la organización constituyen el punto de partida para el diseño de los niveles de calidad del producto, así como para el diseño de la capacidad del sistema de producción.

f) Importancia y función del sistema de control de calidad. “Dentro de un sistema de producción, la calidad puede tomar distintos significados y motivar consideraciones muy diversas, siendo todas ellas importantes, aunque en diferente grado, para los gerentes del sistema.

Para un comerciante de menudeo, la calidad es una característica esencial en los productos que él compra. Sin embargo, rara vez puede medirla con precisión por carecer de la pericia y equipo que esto requiere. Viéndose obligado así a confiar en el renombre de las marcas, en su reputación, experiencia previa y apariencia general del producto. La eficiencia del producto, una vez que ha sido comprado, se mide contra la de los productos similares de los competidores así como contra la imagen que se haya proyectado del producto a través de la publicidad.

El comerciante de mayoreo, o sea el industrial, se encuentra en mejores condiciones para medir la calidad. Está consciente de que los insumos adquiridos para sus sistemas, afectarán en último grado la calidad del

producto y, consecuentemente, a su reputación. Su elevado volumen productivo le provee de personal y tecnología suficiente para verificar la calidad y cantidad de sus compras. No obstante ello, no le sería costea-ble, además de que no es de su preferencia, realizar la medición de la cali-dad de cada artículo adquirido. Es necesario seleccionar criterios de cali-dad económicamente válidos y desarrollar un plan de muestreo que garantice una conformación adecuada a dichos criterios, implicando cos-tos de inspección razonables.

Los diseñadores del producto deben estar al tanto de las exigencias de calidad por parte del cliente, así como de la capacidad productiva de ca-lidad de los fabricantes.

Su primera responsabilidad es la de diseñar un producto realmente requerido por los consumidores. Se le ayuda a determinarlo realizando una investigación de mercados cuyos datos se le suministran, a la vez se le proporcionan colaboradores. Luego se procede a ajustar las especi-ficaciones del diseño del producto a la capacidad de producción del fa-bricante y a las exigencias del comprador.

La temática de la calidad que enmarca las actividades de la producción es la del control continuo. Sus manifestaciones adoptan formas muy va-riadas y suscitan diversas actitudes. Para el departamento estadístico de la compañía, constituye un verdadero reto desarrollar fórmulas estadísti-cas compatibles con el proceso de producción y las directrices de la calidad. Los inspectores llevan a cabo una serie de mediciones y observaciones para elaborar el diseño estadístico. Los supervisores ocupan el plano interme-dio entre las metas establecidas por la dirección general, y la ejecución de programas orientados a alcanzar dichas metas. Es un plano crítico en el que convergen todos los esfuerzos por un control de calidad. Finalmente, se tiene a los trabajadores quienes representando la fuente básica de la calidad, se encuentran sujetos a las exhortaciones de conscientes supervi-sores de la calidad, a la propaganda motivacional de los programas de ca-lidad, y al sistema de graduación de operarios establecidos por los méto-dos de inspección de la empresa.

Todas las piezas que integran la imagen de la calidad deben ser de tal naturaleza que constituyan, en conjunto, una entidad funcional; de lo contrario degeneran en campañas esporádicas de actividad fabril basadas en una serie de informes de inspección.

Como se representa en la figura 10-4, el subsistema de calidad está ín-timamente vinculado al sistema de producción que rige. Un producto de calidad es el resultado de un cuidadoso trazo de las especificaciones del diseño, de la conformación a esas especificaciones, y de una realimenta-ción respecto a la eficiencia del producto.

El papel decisivo que el cliente desempeña en el control de calidad lo evidencian tanto el diseño que busca satisfacer sus exigencias, como la eje-cución de una realimentación tendiente a verificar si ha quedado o no, satisfecho con el producto. El control de calidad ha recibido dramáticos endosos documentarios y cuenta con una tecnología perfectamente des-arrollada asociada a ella. Pese a ello no puede funcionar aisladamente. Los

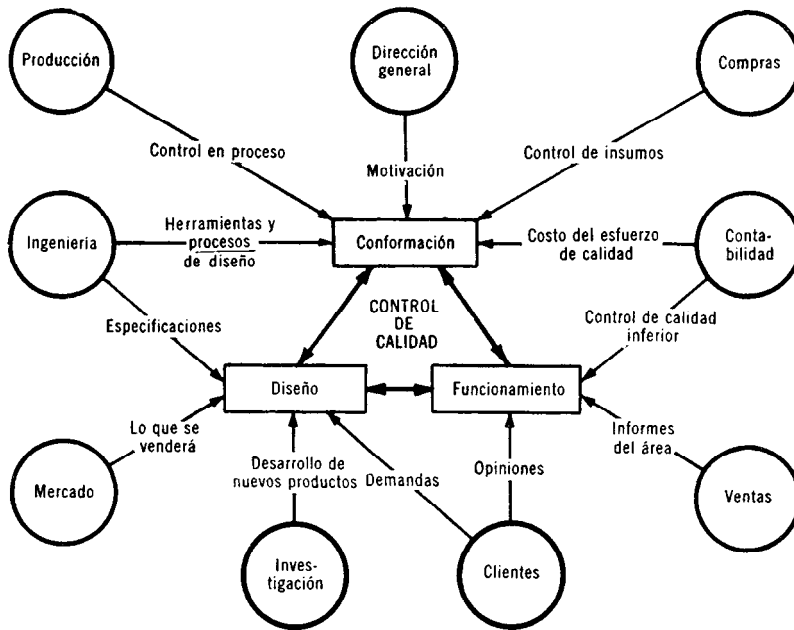


Figura 10-4. Responsabilidad funcional en relación a la calidad dentro del sistema total de producción [11]

mejores instrumentos estadísticos y los programas de calidad más ingeniosos podrán ser realmente eficaces sólo si son respaldados por todos los niveles empresariales y son adaptados mediante una realimentación del sistema de producción.” [12]

“Conviene señalar que al presente hay 2 sistemas de control de calidad: el tradicional y el actual (denominado sistema de garantía de calidad). El tradicional, al desarrollar su acción de control, debe determinar la extensión y tipo de inspección, así como el control que se requiere para lograr satisfacer en forma económica, los requisitos de calidad señalados al producto. Es importante hacer notar que, en la actualidad, controlar implica algo más que una simple inspección. En este sistema, el énfasis de la inspección recae sobre la calidad de una producción ya realizada. Los supervisores miden las características críticas del producto y comparan estas medidas con las de un producto patrón. Cualquier producto que discrepe con el producto patrón es removido del proceso. Obsérvese que este sistema de control de calidad no formula ninguna acción correctiva en su proceso de inspección, a fin de imposibilitar la aparición futura de piezas defectuosas.

El sistema de garantía de calidad tiene una función más amplia que la del sistema de control de calidad tradicional, ya que le compete determinar, dónde, cuándo y cuántos productos deben ser inspeccionados. Si el número de productos desechados es mayor que el esperado, mediante

este sistema se procede a buscar en el proceso de producción las fallas que los están originando e inmediatamente se recomienda la acción correctiva. De esta manera, el sistema de garantía de calidad controla la calidad tanto de la producción ya realizada como de la futura." [13]

g) Economía del sistema de garantía de calidad. [14] Hay tres tipos de costos que se interaccionan en el sistema de control de calidad.

Costos de prevención. Se incurre en estos costos al tratar de prevenir posibles fallas en áreas, tales como la de planeación de producción, entrenamiento de personal, inspección de la mercancía al llegar, y la de proyectos de sistemas de producción.

Costos de inspección. Se incurre en estos costos al comparar los productos de la firma con los patrones de calidad. Los costos de este tipo derivan primordialmente del trabajo de inspección y verificación.

Costos derivados de fallas en el proceso de producción. Estos costos provienen directamente de los artículos defectuosos. Comprenden no sólo aquellos que originan el trabajo de corrección y los productos desechados, sino incluyen también un costo muy valioso que proviene de la deterioración tanto de imagen como de reputación de la compañía en la mente del cliente, y que se refleja en la pérdida de ventas futuras, las cuales realizarán sus competidores.

Hay varias formas para calcular cómo se debe distribuir el gasto total que deriva del sistema de garantía de calidad, entre estas tres categorías de costos.

Un análisis al que frecuentemente se hace referencia, aplica el 70 por ciento de los costos de calidad a las fallas mencionadas; cerca del 25 por ciento a la inspección de productos, y únicamente el 5 por ciento a las actividades preventivas. Estas cifras son verdaderamente sorprendentes; indican que el gasto mayor es el del costo por fallas en el proceso de producción y que el gasto que le sigue es el del esfuerzo por impedir que lleguen al cliente productos defectuosos.

En un contraste ilógico, la distribución anterior muestra que son muy pocos los fondos destinados a tratar de prevenir la aparición de defectos en los productos, en primer término.

Todo enfoque, en el cual se dedique una enorme suma de dinero a la corrección de errores pasados, ha demostrado ser ineficaz y, más aún, lo que es peor, tiende a autoperpetuarse. Para ejemplificar lo anterior, considérese lo que sucede cuando se sigue el siguiente enfoque. Cuando se eleva el nivel de productos desechados, se elevan los costos por fallas en el proceso de producción. Para combatir esto, la dirección general aumenta las actividades de inspección, con la consecuente alza de los costos de la misma. Bien sabido es que el factor inspección no puede eliminar a todos los productos defectuosos, sólo evita que la mayor parte de ellos llegue al consumidor. Aun a las mejores maniobras de inspección, escapan algunos productos defectuosos que llegan al cliente. Como resultado, el costo de fallas en el proceso de producción permanece elevado y, a su vez, los costos de inspección son también altos. Asimismo, los costos de producción son elevados debido al nivel de los productos desechados. Con-

secuentemente, la dirección general cuenta con pocos fondos para financiar el área de prevención, de modo que (bajo estas condiciones) el programa de garantía de calidad resulta inoperante.

Irónicamente, el remedio indicado para reducir el costo excesivo de este sistema de control de calidad consiste en aumentar y no en disminuir los fondos destinados a la prevención. Se deben emplear fondos adicionales para financiar el control del proceso de producción, la ingeniería de calidad y todo aquello que esté dirigido a la obtención de productos confiables, a fin de reducir el número de defectos producidos lo cual, a su vez, reducirá los costos de inspección y de fallas en el proceso de producción.

h) Control de calidad en la producción. “El control de calidad en la fabricación es, de hecho, lo que viene a la mente en la mayor parte de las personas cuando escuchan el término *control de calidad*. En realidad, hay tres subfases importantes que describen el control de calidad a lo largo del proceso de fabricación. Estas tres subfases comprenden los siguientes aspectos: a) Inspección y control de la calidad de las materias primas recién adquiridas. b) La inspección de los productos y el control de los procesos. c) La inspección y verificación del correcto funcionamiento de los productos. Es en estas subfases en donde encuentran su mayor aplicación las acreditadas técnicas para inspección y control estadístico de la calidad.

Sin embargo, es conveniente hacer notar en este punto, que el objetivo del control de calidad en el proceso de fabricación es el de implantar los patrones, midiendo para ello las características de las materias primas, piezas y productos, a fin de comparar estas medidas con las de los patrones establecidos, de tal manera que, a) se acepten o se desechen los productos, y b) se corrija su funcionamiento mediante una realimentación de datos.

En este nivel es oportuno indicar que las técnicas que se han venido señalando desempeñan funciones distintas. Así las de inspección y verificación de productos, proporcionan el control necesario para evitar la filtración de artículos que no satisfacen los patrones de calidad, así como de aquellos con muy pocas probabilidades de satisfacerlos. Las técnicas de control, del proceso de producción, tienen como finalidad determinar: cuándo el proceso, que genera las medidas patrones de calidad, tienen una probable falla. Estas técnicas proporcionan la acción correctiva a seguir antes de que las pérdidas por material de desecho se vuelvan prohibitivas. Por último, la realimentación de datos provenientes de las diversas operaciones de inspección y producción, suministra la información necesaria para realizar una revisión de los patrones de calidad y de los diseños del producto, como se indicó en la figura 10-1.” [15]

La aplicación de las técnicas modernas de inspección y la multitud de aspectos y secciones de la fabricación a que afecta, obliga a establecer una organización adecuada de la inspección, dividiéndola en diversas secciones que corresponden a las variadas funciones que se presentan en el sistema de control de calidad, cuya importancia y extensión dependen del

volumen y características de la empresa y que son esencialmente las siguientes:

"Sección técnica. El personal de esta sección tiene la misión de establecer los métodos y rutinas de la inspección adecuados en cada caso, confeccionar pautas de inspección, determinar y aplicar los métodos de control de la calidad, decidir las gráficas de control que han de aplicarse, recoger y ordenar datos para establecer tendencias y causas de error y deducir resultados.

Inspección de recepción. Interviene en la inspección de todos los productos que llegan a la factoría, comprendidas las máquinas-herramientas y equipos adquiridos en el exterior.

Inspección de fabricación. Comprende la inspección de mecanizado, de montaje y la de todos aquellos talleres que intervienen en la fabricación del producto, tales como los de acabados electrolíticos, de fundición, pintura, barnizado, carpintería, etc.

Inspección final. Tienen como misión efectuar todas las pruebas de recepción establecidas para la unidad terminada, tanto las funcionales como de laboratorio; interviene también en el almacenamiento y en el embalaje y transporte del producto." [16]

i) Control estadístico de calidad. "Para entender el control estadístico de calidad conviene definir lo que es estadística.

No se limita simplemente a la recopilación de una serie de datos que son presentados en forma de tablas o gráficas. La estadística es una ciencia que trata de responder a preguntas tales como:

¿Cuál es la forma de planear un programa para obtener datos, de tal manera que se puedan inferir buenas conclusiones a partir de ellas?

¿Cómo se van a analizar los datos?

¿Qué tan dignas de confianza son las conclusiones?

La función del estadígrafo es igual a la del médico que se dedique a llevar historia o el número de casos que se presentaron en tal o cual enfermedad, o a la de un sociólogo o a la de cualquier otra persona que, al acumular datos, obtiene algunas conclusiones de ellos. Sin embargo, tales conclusiones serán extraídas cuando los datos no representen dificultad; pero a medida que el fenómeno que se estudia, llega a ser más complejo, es necesario utilizar conceptos más especializados, con el fin de hacer un verdadero estudio. En estos casos aparecen las técnicas estadísticas que indican la forma de coleccionar, trabajar, analizar e interpretar los datos.

En concreto:

Los métodos estadísticos consisten en hacer inferencias a partir de datos recopilados para llegar a conclusiones satisfactorias en el estudio de un evento determinado.

Obviamente, el control estadístico de calidad, es el control de calidad en el que se utilizan métodos estadísticos.

En otras palabras, es un sistema de inspección, análisis y acción, aplicado a un proceso de manufactura, de tal manera que, por medio del

estudio de una pequeña parte del producto manufacturado y analizando adecuadamente los datos concernientes a sus características de calidad, se pueda determinar la acción por seguir en el proceso, para mantener un nivel deseado de calidad.

La colección, análisis e interpretación, son realizados por el departamento de control de calidad. La acción correctiva es prescrita por el departamento de producción. En su más amplia aplicación, el control estadístico de calidad es una herramienta preventiva usada para minimizar el desperdicio, aumentando la producción.” [17]

La figura 10-5 da una idea más concreta de las herramientas de que consta el control estadístico de calidad.

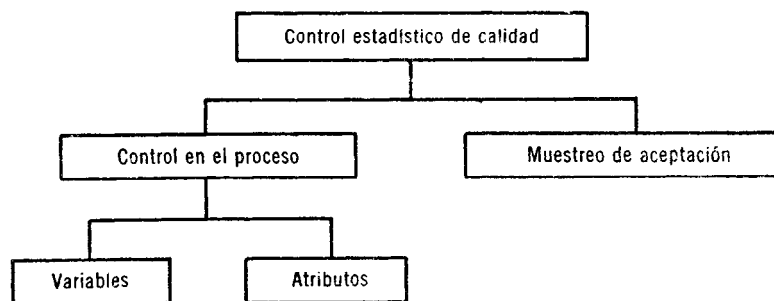


Figura 10-5. Organigrama del control estadístico de calidad [18]

j) Muestreo de aceptación por variables. Muchas características de calidad son medibles; por ejemplo: el diámetro de una tableta, la resistencia a la tracción de una fibra textil, el par de un motor, la temperatura de inflamación de un aceite, la composición química de un acero, la duración de un transistor, etc.

Generalmente, tales variables son continuas. Es posible cualquier valor dentro de ciertos límites. Cuando el proceso marcha controlado, la distribución de sus frecuencias suele ser aproximadamente normal, tal como lo indica la figura 10-6.

Como se aprecia en la figura, las distribuciones normales tienen forma de campana, son simétricas y presentan un solo “pico” en la zona central de la distribución.

“Como ejemplo del método estadístico, supongamos que se está fabricando una pieza con una tolerancia en el diámetro de 0.999” a 1.001”. Con frecuencia se miden las muestras para comprobar el tamaño real. Si la tolerancia es razonable y las condiciones de fabricación son normales, muy pocas piezas resultarán mayores que 1.001” o más pequeñas que 0.999”, cuando se midan estrictamente, y el promedio será de 1.000”. Los tamaños registrados se trazarán en una gráfica, de acuerdo con la bien conocida curva de probabilidad que se muestra en la figura 10-7. Ahora supóngase que se desgaste la herramienta de corte y que los rechazos por sobreme-

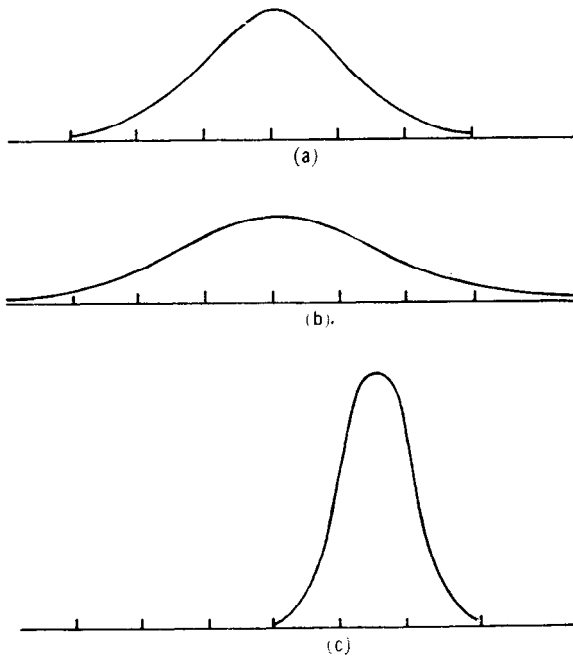


Figura 10-6. Tres tipos de curvas que muestran las distribuciones normales de probabilidad

didá aumentan, resultando la medida promedio de 1.0005", como se indica en la figura 10-8. Como los diámetros trazados muestran tendencia al aumento de tamaño, pueden prevenirse excesivos rechazos, cambiando la herramienta de corte o ajustando la máquina. En la figura 10-9, el tamaño medio es normal, pero la variación en tamaño va en aumento con demasiados rechazos por tamaño excesivo o deficiente. Esto indica que la reposición de la herramienta o el ajuste de la máquina no impedirá que se siga deteriorando la calidad; puede necesitarse una revisión general de la máquina. Las distribuciones o tendencias anormales en el tamaño

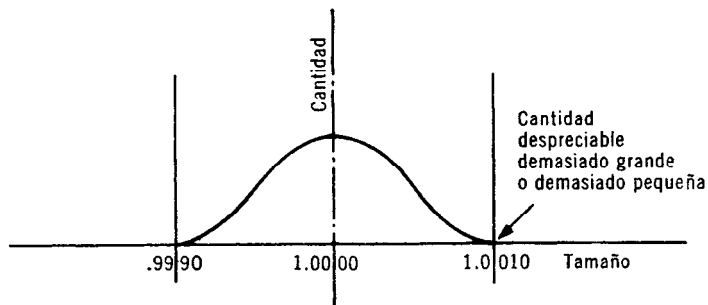


Figura 10-7. Variaciones en tamaño, condiciones ideales [19]

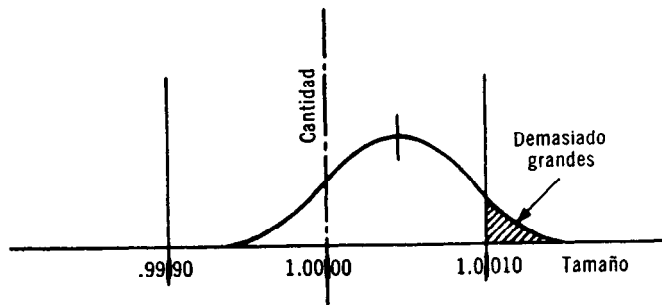


Figura 10-8. Variaciones de tamaño, muchas de tamaño excesivo [20]

pueden indicar otras cosas que requieran atención. Existen gráficas y registros estadísticos más sencillos que tienen usos similares.” [22]

Generalmente, en el muestreo de aceptación por variables, se hacen y se anotan las mediciones reales, en lugar de simplemente clasificar los artículos como buenos o malos.

k) Muestreo de aceptación por atributos. [23] Inspeccionar es el proceso de medir, examinar, comprobar, calibrar o emplear cualquier procedimiento que permita comparar la “unidad” del producto con los dibujos y especificaciones del mismo.

La inspección por atributos es aquella que permite clasificar el producto en aceptable o defectuoso, respecto a una dimensión, una característica o una especificación determinada.

Las normas de inspección por atributos establecen los planes de muestreo y los procedimientos a seguir para la inspección.

Al procederse a la inspección, se comenzará por examinar la pieza o elemento a inspeccionar, clasificando en importancia las cotas y características de la misma. Si una cota o característica no se ajusta a las exigencias del dibujo o de las especificaciones, diremos que la unidad tiene un defecto que debe ser debidamente clasificado, de acuerdo con las normas que se indican a continuación.

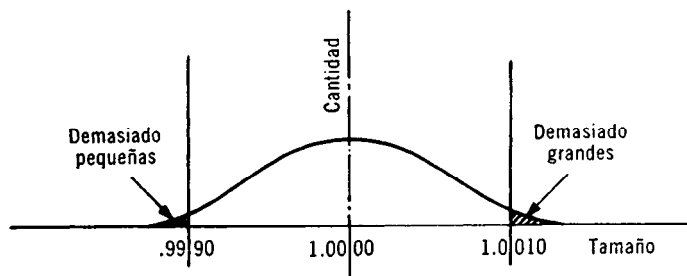


Figura 10-9. Variaciones de tamaño, muchas demasiado grandes o demasiado pequeñas [21]

Clasificación de los defectos [23]

La clasificación de los defectos es muy importante para poder establecer si el producto reúne las condiciones de calidad necesarias.

Una correcta clasificación de los defectos y una eficiente utilización de hombres y máquinas, permitirá encauzar debidamente el esfuerzo hacia la consecución de los objetivos de la producción de calidad.

Clasificaremos los defectos en los cuatro grupos siguientes:

Grupo I. Defectos críticos. Definiremos como defectos críticos aquellos que pueden considerarse comprendidos en los cuatro apartados siguientes:

- Los que pueden ocasionar o producir condiciones de peligro para los individuos que utilizan o mantienen el producto.
- Los que afectan a las características, a las cualidades, o al rendimiento del producto.
- Los que afectan de un modo apreciable al costo de la unidad terminada; este hecho podrá producirse cuando, aun descubriendo el defecto al principio del proceso de fabricación, su eliminación dé origen a gastos importantes, o exija fabricar nuevamente las piezas cuyo costo influya de un modo importante en el producto.
- Los que afectan a la seguridad funcional del producto.

Grupo II. Defectos mayores. Definiremos como defectos mayores:

- Los que pueden afectar a las cualidades y rendimientos del producto en un volumen que no permita clasificarlos como críticos, bien porque la influencia sea poco apreciable o porque el porcentaje de unidades terminadas en que puede producirse no se considere que afecta a la calidad que se solicite del producto. Por ejemplo: si un defecto determinado puede influir en que la velocidad de un automóvil, que ha de fabricarse, no llegue a la exigida, en ciertas condiciones de 80 km/hora, pero hay la seguridad de que no bajará a 75, o se estima que sólo bajará a 70 en un 1 por 100 de las unidades terminadas, el defecto será considerado como mayor.
- Los que afectando al costo de la unidad terminada no puedan considerarse como críticos, o cuando se estime que la probabilidad de un aumento apreciable del costo será muy escasa.

De un modo general, podrán considerarse como defectos mayores aquellos que no representando peligro para los usuarios del producto, no puedan considerarse por su importancia como defectos críticos, o que la probabilidad de que el producto pueda llegar a ser crítico sea muy escasa. El concepto de defecto mayor, está muy ligado a la calidad que se desea para el producto.

Grupo III. Defectos menores. Serán clasificados así:

- Los que no afectan a las cualidades, a la calidad o al rendimiento del producto.
- Los que considerándose necesaria su eliminación, los gastos que originan afectan de un modo insignificante al costo de la unidad terminada.
- Aquellos cuya supresión no se considera necesaria sin que por ello quede afectada la calidad del producto.

Grupo IV. Defectos secundarios. Serán considerados defectos secundarios todas aquellas desviaciones de las normas o especificaciones que no afectan a la calidad y al costo de las piezas, pero cuya supresión tiende de un modo general a mejorar la calidad del producto, a dar fluidez a la fabricación y aumentar el rendimiento de la producción, disminuyendo los tiempos y los costos.

La clasificación de un defecto, puede ser efectuada en el momento de descubrirse, y para determinar la clase de inspección que ha de llevarse a cabo, pero en una fabricación organizada esto no es lo habitual. La clasificación de un defecto debe ser la misma que la de la característica a que afecta, por lo que debe comenzarse por confeccionar fichas o pautas de inspección de todos los elementos que han de recibirse antes de su entrada en la factoría procedentes del exterior o los ya terminados procedentes de fabricación, antes de ingresar en el almacén de obra en curso; las operaciones intermedias deben, igualmente, inspeccionarse de acuerdo con los datos contenidos en dichas fichas o pautas. Estas fichas o pautas de inspección deberán ser confeccionadas por el personal perteneciente a la sección técnica del departamento de inspección, y deberá procederse en el siguiente orden a la vista de la pieza o elemento a considerar:

- Determinación de todas las cualidades a inspeccionar, ordenándolas debidamente, para poder deducir cuáles son los artículos o ítems que se apartan de las especificaciones.
- Determinación del efecto de cada uno de los posibles defectos, primero, en el conjunto a que pertenece y después en la unidad terminada. Se determinará también, si es posible que el defecto afectará a la correcta utilización de los útiles de fabricación o de montaje que han de utilizarse con la pieza considerada, pues aun no afectando a la calidad del producto, puede originar un aumento en el costo de la fabricación.
- Evaluación de la importancia económica del defecto.
- Clasificación de cada una de las cualidades consideradas, en uno de los cuatro grupos anteriores.

Medida de la no conformidad [23]

Se dice que una unidad de un producto es defectuosa o que no es conforme, cuando contiene uno o varios defectos de cualquier naturaleza.

La extensión de no conformidad de un producto puede expresarse por su porcentaje de defectos por cien unidades.

Llamaremos porcentaje defectuoso de un producto sometido a inspección, al dado por la fórmula.

$$d = \frac{100 Nu}{N}$$

siendo

d , porcentaje defectuoso;
 Nu , número de unidades defectuosas; y
 N , número de unidades inspeccionadas.

Llamaremos defectos por cien unidades al número dado por la fórmula

$$D = \frac{100 \cdot Nd}{N}$$

D , defectos por cien unidades; y
 Nd , número de defectos.

Ejemplo: Si en la inspección de quince piezas ha sido encontrada una con tres defectos, tres piezas con dos defectos y cuatro con un solo defecto, el porcentaje defectuoso será:

$$D = \frac{1 + 3 + 4}{15} \times 100 = 53 \%$$

y los defectos por cien unidades

$$D = \frac{3 + 6 + 4}{15} \times 100 = 86.6 \%$$

1) Control de calidad en las fases de distribución, colocación y uso. [24] El concepto cabal de lo que es un control de calidad dentro de una organización, no sólo comprende el establecimiento de políticas de amplia extensión, el diseño de los patrones de calidad para los productos y la creación de controles para el proceso de producción. El control de calidad se debe extender hasta cubrir las fases de distribución, colocación y uso del producto. No hay que olvidar que para el consumidor final, la calidad no es lo que dictó la política de producción, ni el diseño elaborado por los técnicos, sino el funcionamiento correcto del producto que tiene en sus manos. Un artículo perfectamente concebido y producido puede estropearse al ser distribuido o bien puede quedar mal colocado. Por lo anterior, para muchos productos se hace necesario que el control de calidad abarque estas fases y sea considerado como una parte del proceso de

producción. Además, los diseños mejor concebidos y los procesos de producción óptimamente controlados, no pueden impedir la filtración de algunos artículos defectuosos. Consecuentemente, las políticas y prácticas encaminadas a garantizar la calidad de los productos, deben determinar en el análisis final, si el último consumidor puede quedar satisfecho con la calidad del producto.

m) Curvas características de operación. [25] Un plan de muestreo especifica el tamaño de la muestra (n), y el número asociado de defectos (c) el cual no puede ser excedido sin el consecuente rechazo del lote al que corresponde la muestra. La capacidad del plan para discriminar entre lotes aceptables y no aceptables es revelada por su curva característica de operación (CO).

Una curva CO para una sola muestra, junto con su plan de porcentaje de defectos, aparecen en la figura 10-10.

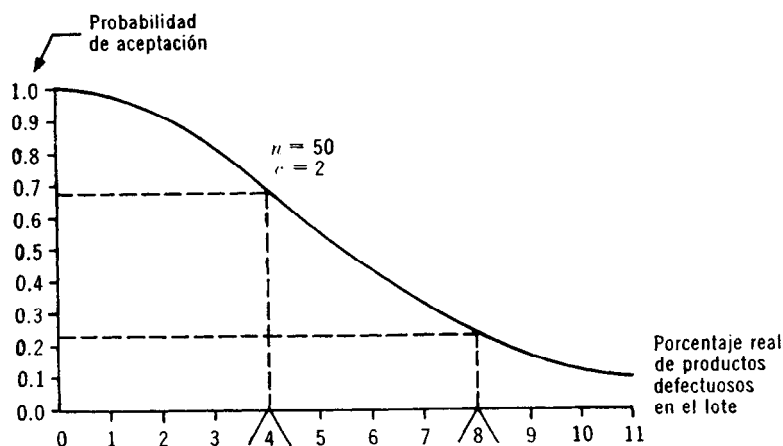


Figura 10-10. Curva CO para una muestra cuyo tamaño es de 50 piezas y su número de aceptación es de 2

El eje horizontal de la gráfica indica el porcentaje de unidades defectuosas del lote que se está probando; el eje vertical muestra la probabilidad de aceptación del lote.

Una condición común a todas las curvas CO es la de que un lote sin defectos siempre será aceptado. A medida que se incrementa el porcentaje de defectos, aumenta a su vez, la probabilidad de que el lote sea rechazado. La curva de la gráfica se basa en una muestra cuyo tamaño es de 50 unidades, ($n = 50$) y un número de aceptación de 2 ($c = 2$). Para esta curva, un lote con un 4% de unidades defectuosas tiene una probabilidad de aceptación de aproximadamente, 0.68.

Expresado en otros términos, en una muestra tomada al azar, de 50 piezas, existe cerca de un 68% de probabilidad de hallar dos o un número ligeramente mayor de piezas defectuosas cuando un 4% de lote se en-

cuenta defectuoso. Cuando el porcentaje de defectuosidad del lote asciende a 8 %, su probabilidad de aceptación decrece a 0.24.

Dos de las formas para hacer las curvas CO más discriminativas, consisten en incrementar n mientras se mantiene a c , y en decrementar c mientras se mantiene a n . La lógica de estos artificios es fácil de intuir; las muestras mayores tienden a representar al lote con mayor exactitud, a la vez que un decremento en el número de aceptación reduce los límites. La desviación hacia el origen debido a estas dos condiciones, se representa en la figura 10-11.

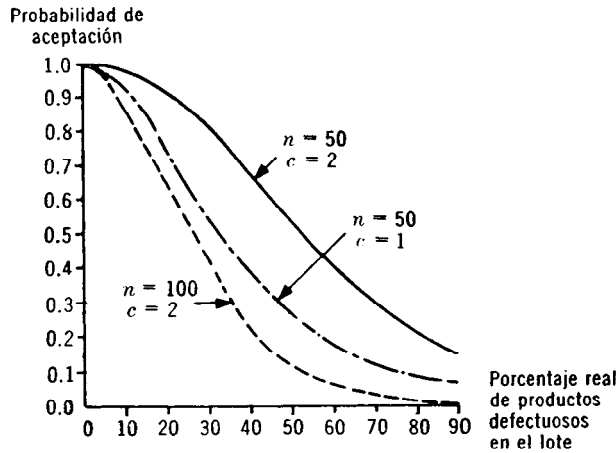


Figura 10-11. Discriminación relativa de las curvas CO

La curva ideal CO se puede obtener únicamente mediante una inspección de un 100 % del lote llevada a cabo sin cometer un solo error. En este caso toma la forma de la parte delineada en la figura 10-12.

Si el número total de unidades defectuosas en el lote sobrepasa al 4 % señalado como número de aceptación (zona franjeada) se rechaza el lote sin permitir objeción alguna. Las dos curvas de la gráfica muestran cómo el aumentar el tamaño de la muestra, mientras se mantiene la misma proporción de aceptación

$\left(\frac{20}{500} = 0.04 = \frac{2}{50} \right)$ tiende a aproximar la curva CO a la curva ideal en forma de Z.

El cálculo del tamaño óptimo de la muestra, sabiendo que estará sujeta al juego de condiciones inherentes a la inspección, deberá realizarse en base al valor que arroje la precisión obtenida de muestras mayores, y el costo de inspección por revisar la muestra más extensa de todas.

n) Gráficas de control; mecanismo y usos. *Gráficas de control.* “Una de las aplicaciones más importantes que tienen las técnicas de muestreo estadístico es la de la gráfica de control, la cual se ha venido

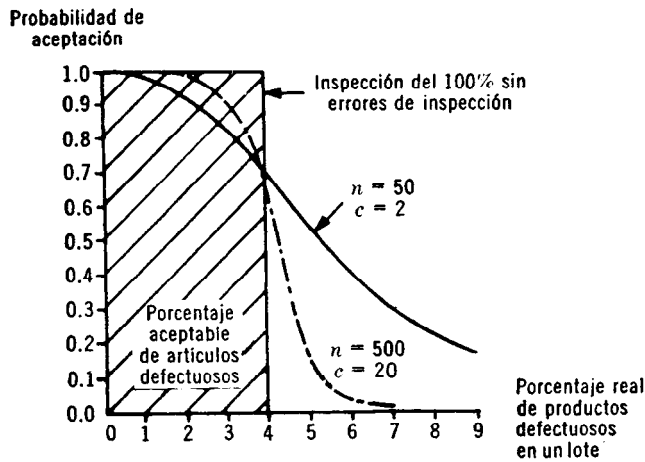


Figura 10-12. La curva CO ideal y aproximaciones a la misma

usando como un instrumento para controlar el rendimiento de la producción desde 1924. Las gráficas pueden utilizarse tanto para medir las características de atributo o de variable que presenten los productos, como para detectar cuándo un proceso está bajo control y cuándo se está saliendo de control. Si se teme que el proceso se esté saliendo de control, mediante estas gráficas, se puede medir la probabilidad de que efectivamente así esté sucediendo. Esta capacidad peculiar de la gráfica de control la convierte en un instrumento sumamente útil en la prevención de desviaciones.

Las alteraciones que el producto sufre durante el proceso de producción, se pueden atribuir al azar o a diversos factores asignables, o bien a ambos. Analizando, es muy poco lo que puede efectuarse para reducir las alteraciones que se presentan; excepto cambiar el proceso o eliminar las unidades defectuosas mediante el muestreo de recepción. Lo anterior no sucede con aquellas alteraciones debidas a causas específicas tales como a los trabajadores, maquinaria y materias primas, todo lo cual es controlable. Cuando en alguna forma se logran controlar las alteraciones, se dice que el sistema está bajo un control estadístico. Una de las formas de someter a control estadístico un proceso de producción, es mediante el empleo de gráficas de control estadístico. Obsérvese que el uso de tales gráficas está orientado hacia la prevención de desviaciones, y no como en el muestreo de recepción, a detectarlas una vez que han ocurrido.” [26]

Mecanismo de las gráficas de control

“Para ilustrar el mecanismo de las gráficas de control se tomará una fase del proceso de producción de una empresa X, durante la cual se cortan barras de acero. Se permite una tolerancia de 0.06 de pulgada en la longitud de las barras. Se han producido muchos lotes de barras que

satisfacen esta tolerancia, sin embargo, de pronto, surge un lote con barras cuya longitud rebasa el límite de tolerancia establecido. Intuitivamente se sabe que está ocurriendo algo fuera de lo normal. Se piensa en 3 posibilidades: *a)* la herramienta está muy desgastada; *b)* el material es defectuoso; y *c)* los operarios están trabajando mal. Se llega a estas conclusiones porque la alteración de la producción es demasiado grande para atribuirla a una alteración normal; debe existir una causa específica responsable de ello.

Las alteraciones que se presentan al azar, las comunes, se determinan en las gráficas de control mediante límites de control. Se establecen límites y las alteraciones que caigan dentro de ellos se atribuyen a causas inexplicables o a la casualidad. Las alteraciones que caen fuera de estos límites son atribuidas a una causa específica, la cual se investiga. Cuando se presentan alteraciones que van más allá de los límites fijados, se considera que el proceso de producción se encuentra fuera de control y requiere una acción correctiva.

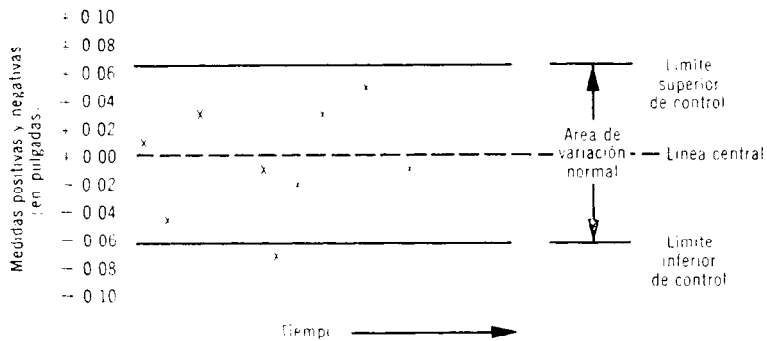


Figura 10-13. Muestra de una gráfica de control para el corte de barras de acero [27]

La figura 10-13, presenta una gráfica de control simplificada. La mayor parte de las barras de acero caen dentro de los límites, por lo que no requieren de investigación alguna, ya que se supone que la alteración de longitud que presentan es fortuita, casual. La barra que cayó fuera de los límites amerita investigación. Si al realizar dicha investigación, se identifica la causa de la alteración (tal como herramienta desgastada), se debe proceder a su corrección inmediata, de otra manera todo el proceso quedará pronto fuera de control, no obstante que salvo una unidad, la producción total había caído dentro de los límites de aceptación. Puede darse el caso de que no se encuentre ninguna causa a la que pueda atribuirse a la pieza defectuosa, por lo cual su defectuosidad puede deberse al azar. Sin embargo, la persistencia de productos defectuosos, cuyas causas no se logran detectar, es un síntoma claro de que el proceso está fuera de con-

trol y que la causa de ello no se logra aislar. Conviene hacer notar, que la preocupación por identificar las señales que acusan que un proceso de producción se está saliendo de control, es considerada como una característica de un operador de control consciente y responsable.” [28]

Uso de la gráfica de control durante la producción

“Normalmente, si el proceso marcha muy fuera de control, pronto, aunque no tiene por qué ser inmediatamente, se saldrá uno de los puntos de los límites de control. Cuando esto suceda se notificará al supervisor encargado, localizándose, si es posible, la anomalía y corrigiéndose en seguida.

En la utilización de la gráfica de control durante el proceso de producción pueden cometerse dos clases de errores:

- Puede quererse buscar una anomalía que no exista. En estos errores se cae con frecuencia cuando los límites de control son demasiado estrechos.
- Se puede dejar de buscar una anomalía que realmente exista. Estos errores suelen ser frecuentes cuando los límites de control son demasiado amplios.

Por el contrario, se actuará correctamente si:

- No se buscan las anomalías que no existan.
- Se buscan las anomalías que realmente existan.

No se puede determinar la probabilidad de buscar o dejar de buscar anomalías que existan sin saber sus magnitudes. Sin embargo, si tal anomalía es de mucha importancia, es probable que la percibamos antes de haber tomado muchas muestras. Cuando un proceso deja de marchar controlado, ello no implica que un punto haya de salirse inmediatamente fuera de los límites. En consecuencia, pueden estar fuera de control varias muestras anteriores a la que dé la alarma. De ser así, tales muestras deberán excluirse para calcular los nuevos límites de control y el valor central.” [29]

“Aunque en el muestreo variable y en el de atributo, se utiliza el mismo enfoque básico para las gráficas de control, es distinto el método empleado para calcular los límites de control. Los pasos que se siguen, generalmente, en el desarrollo y empleo de las gráficas de control son los siguientes:

- Se seleccionan las características que se desea controlar, y se determina el método de medición.
- Se toman muestras de la producción realizada.
- En base a las muestras se calculan los límites de control.
- Se revisan y analizan los límites para determinar si son factibles desde un punto de vista económico.

- Se establecen los límites en la gráfica, y se trazan las características de las muestras." [30]

o) Planes de muestreo. [31] Los planes de muestreo indican el número de unidades del producto que han de inspeccionarse de cada lote, es decir, el tamaño de la muestra, así como el criterio para determinar la aceptabilidad del lote.

Determinado el *nivel aceptable de calidad* correspondiente a un defecto o grupo de defectos, y elegido el tipo de inspección que ha de aplicarse, es necesario establecer el plan de muestreo correspondiente, que puede ser simple, doble o múltiple.

Plan de muestreo simple es el que considera una sola muestra de cada lote.

Plan de muestreo doble es el que considera dos muestras de cada lote.

Plan de muestreo múltiple es el que considera más de dos muestras.

El muestreo simple, tiene la ventaja de ser sencillo de aplicar, siendo fácil establecer en la fabricación la rutina del procedimiento. La ventaja principal de los muestreos dobles y múltiples, es que los tamaños de las muestras son más pequeños, siendo generalmente menor el número de unidades inspeccionadas, especialmente si la calidad es buena, pues entonces las decisiones se toman con la primera muestra. Tienen también la ventaja psicológica de tener menos dudas con los resultados, ya que un lote no es rechazado sino después de ver varias muestras. Por otra parte, los muestreos dobles y múltiples son más difíciles de aplicar, y los gastos de inspección son más irregulares, fluctuando con la calidad del producto.

p) Gráficas de diseño económico de control. [32] Entre los objetivos que se fija la gerencia de una empresa, está el de diseñar sistemas de

TABLA 10-1. Tabla de contingencia de factores económicos en un sistema de control

Situación real del Proceso de producción	Decisión	
	Aceptación de la hipótesis	Rechazo de la hipótesis
<i>Sin cambio:</i>		
Sistema estable en el que las variaciones surgen al azar	No hay costo adicional	Costo motivado por la búsqueda de un problema inexistente C_{12}
<i>Alterado:</i>		
Presenta la causa probable del cambio	Costo por falla en la detección del cambio C_{21}	Costo derivado de la localización del problema C_{22}

C_{11} Costo de inspección.

control que minimicen los costos en que se prevé incurrir al someter a control el proceso de producción. Cada sistema de control implica diferentes tipos de costos; así, el sistema de control donde se utilizan las técnicas de muestreo estadístico, originará costos distintos a los que ocasionaría un sistema de control más tradicional. En la tabla 10-1 se recurre a un artificio para mostrar los costos comunes a todos los sistemas de control, y consiste en manejar la hipótesis de que el proceso de producción no presenta cambio. La aceptación o el rechazo de dicha hipótesis originará los costos mencionados.

Dichos costos se pueden clasificar como sigue:

1. Costos por supervisión del proceso e investigación, C_{11} .

Estos costos se aplicarán independientemente de la decisión que tome el gerente respecto a la situación del sistema.

2. Costos derivados de la búsqueda de un problema inexistente cuando se opta por rechazar la hipótesis de que el sistema no ha sufrido cambio, y en realidad, la hipótesis era cierta, C_{12} .

3. Costos por falla en la detección de un cambio en el sistema, cuando el sistema, de hecho, se ha alterado, C_{21} .

4. Costos provenientes del descubrimiento y corrección de la causa del problema, cuando el sistema ha sufrido un cambio y la hipótesis que se maneja ha sido correctamente rechazada, C_{22} .

El gerente debe tratar de minimizar el valor total esperado de estos costos a través de decisiones referentes a las características del sistema de control a utilizar, así como mediante decisiones que dirijan la acción a seguir una vez que se han cotejado los resultados de someter a inspección el proceso de producción. Si todos estos costos y probabilidades se pudieran conocer con certeza, la decisión del gerente se reduciría a un problema estadístico tipo teoría-decisión. Como éste no es el caso, el gerente, al decidir un diseño económico del sistema de control debe recurrir a su criterio, así como al conocimiento que posea de la forma en que el proceso de producción funciona.

q) Los círculos de control de calidad. (CCC). Así como el personal de una organización utiliza sus manos, se puede lograr también que utilice su *mente*. El personal posee habilidades creativas que jamás llegan a utilizarse del todo. La organización puede, a través de sus directivos, buscar la optimización de recursos y el aumento de la productividad, pero esto no se logra sin la participación del personal.

El concepto de los CCC desarrollado en Japón implica la formación de grupos de trabajo que se capacitan en la identificación y solución sistemática de problemas. El nivel jerárquico no importa; la participación implica ceder “un poquito” de autoridad. Los CCC arremeten con problemas que normalmente serían de la incumbencia del gerente o jefe del área o departamento. Una vez que los CCC empiezan a “dar color” y a resolver problemas, la gerencia siente alivio ante el menor quebradero de cabeza y la preocupación se desvanece.

Si el personal tiene una participación que es satisfactoria y que encierra sentido, se hallará motivado positivamente hacia su propia organización y el logro de objetivos.

Existen a nuestro juicio, cuatro factores clave en la formación e integración de los CCC. 1) Debe buscarse la participación voluntaria del personal. 2) Los miembros del círculo deben ser capacitados en sinergia de grupos, análisis estadístico y análisis de problemas y toma de decisiones. 3) Es necesario que los miembros del círculo den prioridad a los problemas que van a atacar y, en lo posible, que ellos mismos pongan en práctica las soluciones y verifiquen los resultados. 4) Los miembros deben reunirse periódicamente y de ser posible en horas de trabajo.

El Prof. Kaoru Ishikawa, a quien frecuentemente se considera como el padre de los CCC dice que los líderes de grupo necesitan ser adiestrados en los ocho utensilios para el análisis de problemas. Estos son:

Tempestad de ideas. (El concepto anglosajón de pensar en voz alta y colectivamente) Todos los miembros del grupo contribuyen a una sesión en donde se identifican todos los problemas, incluso aquéllos fuera de la órbita de control de un círculo.

Lista de comprobación. Anotación de problemas dentro del área de control del círculo durante un periodo de tiempo específico.

Diagrama de Pareto. Ilustración gráfica de datos de la lista de comprobación mostrando problemas que suceden con mayor frecuencia. El método identifica un 20% de los problemas que causan un 80% de las dificultades.

Diagrama de causa y efecto. Ilustración gráfica que clasifica las causas de un problema específico según las áreas o funciones. En un proceso de producción las clasificaciones comprenden la maquinaria, materiales, métodos y fuerza laboral.

Histograma. También conocido por “tabla de columnas”. Representación gráfica de la frecuencia y magnitud de problemas. Las columnas en estas tablas se trazan según una escala proporcional a cada problema, y se relacionan unas con otras.

Diagrama en dispersión. También conocido por “tabla del sarampión”. Un método de localización de defectos en el que se anotan las faltas colocando puntos en donde se producen, sobre una imagen del producto. Las agrupaciones densas de puntos señalan las áreas principales de problemas en la elaboración.

Gráfica de control. Verifican el desempeño de un proceso de producción. Periódicamente, se toman muestras de una área y se comprueban para cerciorarse de que cualesquiera variaciones caen dentro de los límites de tolerancia.

Estratificación. Asegura el muestreo aleatorio. En un proceso manufacturero ello se efectúa generalmente inspeccionando los mismos productos procedentes de distintas áreas o sectores de producción.

En esencia, la filosofía de los CCC implica el contribuir a mejorar y desarrollar la organización. Respetar el lado humano del hombre y edificar lugares en que reine la felicidad y en donde se sienta que vale la pena trabajar. Poner de lleno todo el talento humano para extraer finalmente posibilidades infinitas de desarrollo.

r) Conclusión. “En un período en el cual muchas empresas han empezado a pensar con seriedad —voluntariamente o no— en áreas como la exportación, el control ambiental, semana de 40 horas y productividad, parece que sólo muy pocas de ellas están considerando con cuidado un área directamente relacionada con todas: el control de calidad. No obstante —hizo notar hace poco un observador calificado—, si no hay control de calidad en la producción, no es factible sostener un programa de exportación ni hablar de productividad. Y en gran número de empresas, un control estricto y moderno de la calidad podría evitar muchos problemas en lo que a contaminación ambiental industrial se refiere.

Hasta la fecha, con excepción de las grandes empresas, el control de calidad no ha sido más que una frase pasajera, discutida, pero por lo general, ignorada en su aplicación técnica real. Esto es especialmente cierto al nivel de empresa pequeña y mediana —agrega el observador antes citado—. Aunque no entienden que en los años setenta, período de cambios bruscos en toda la estructura industrial de México, el control de calidad será un elemento cada día más vital para la supervivencia competitiva, sea en el mercado doméstico o en el exterior.

El hecho de que hasta ahora se ha avanzado relativamente poco en este sentido se comprueba con los datos proporcionados por funcionarios de la Asociación Nacional Mexicana de Estadística y Control de Calidad (ANMECC) el único organismo profesional en el país en cuestiones de control de calidad industrial. Como hizo notar su ex-presidente, el Ing. Oscar Navarrete López; en la industria mexicana de transformación, integrada por más de 25,000 empresas, sólo el 20 % cuenta con un departamento de control de calidad verdaderamente funcional.” [33]

Para concluir, es interesante que el lector se entere de la problemática del control de calidad. Para tal fin, hemos incluido en este tema, como Apéndice, la ponencia del señor ingeniero Oscar Navarrete López, presidente de la ANMECC, en el V Congreso Nacional de Ciencias Farmacéuticas, efectuado en Monterrey, N. L., en septiembre de 1972.

APENDICE

La problemática del control de calidad

Ponencia del Ing. Oscar Navarrete López, ex-presidente de la Asociación Nacional Mexicana de Estadística y Control de Calidad (ANMECC) en el V CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, efectuado en Monterrey, N. L.

PROLOGO

Estadísticamente no tendría validez si personalmente me considerara como una muestra representativa del universo finito que constituyen los 50 millones de habitantes de la República Mexicana; sin embargo, y con base en mi experiencia como comprador, me atrevo a inferir que la mayor parte de la población apta para adquirir bienes de consumo y de servicio, no encuentra plena satisfacción en los mismos porque muchos de nuestros productos carecen de calidad sostenida. Esta inconformidad ha sido un padecimiento que estoicamente seguimos soportando los consumidores desde los inicios de la industrialización en el país. Como efecto secundario tal fenómeno origina a la industria nacional costos elevados de fabricación y precios fuera de competencia en el mercado local e internacional. Es un hecho entonces, que, una mayoría de empresas industriales y de servicios carecen de tecnología adecuada y actualizada para aumentar su productividad, sostener la calidad y abatir los costos.

Cuando se presenta esta situación, es cuando se debe promover la dinámica de los sistemas tecnológicos para equilibrarla con la realidad. Nunca

deben permanecer estáticos, si es que se pretende satisfacer a los compradores, o de otra forma, nuestros artículos estarán fuera de moda en los mercados. Para impulsar la idea en nuestro medio industrial de producir artículos que reúnan calidad-precio-servicio, se deberá hacer un análisis profundo de la problemática del control de la calidad en México, con miras a definir soluciones prácticas y definitivas.

LA SITUACION ANTERIOR

Si analizamos la formación técnica profesional de nuestros primeros empresarios, encontraremos que la mayoría no contaba con un *currículum* a nivel universitario que les sirviera como base de sustentación para planear adecuadamente el desarrollo de los mercados, ni de sus propios negocios. Tampoco tenían a su disposición técnicos ni mano de obra calificada con experiencia en otras fabricaciones; es decir, que la evolución había sido de terratenientes y hacendados a empresarios industriales y de peones agricultores a obreros.

Después de un conflicto revolucionario, que es donde encuadra el anterior comentario, la población padecía muchas carencias y lo primero que tenían que satisfacer era el hambre y el vestido. En tal caso no se podía pensar en calidad de los artículos, sino en cubrir las necesidades más apremiantes de las mayorías.

Las producciones que se elaboraban por aquel entonces pueden ser disculpadas por estos hechos, contando, además, con la ausencia de protestas de los pocos consumidores. Al paso de los años la industria creció y con ella las concentraciones de población en diversas ciudades del interior. Se estableció la competencia de precios sin impulsar la comercialización internacional. El país aumentó desde entonces su deuda exterior y no hubo ni hay manera de equilibrarla con exportaciones de productos nacionales, porque precisamente no cumplen con las condiciones necesarias para competir con otros mercados, o sea calidad-precio-servicio.

Afortunadamente, la nueva generación de empresarios recibe una educación esmerada en México o en el extranjero, y ya cuenta con una verdadera formación directiva de los negocios. Sin embargo, y originado por las muchas necesidades de los grandes núcleos de población, surgen paralelamente los fabricantes en pequeño ante un nuevo mercado por cubrir. Muchos de ellos eran comerciantes de origen, los más, oportunistas y otros profesionistas con ansias de independizarse y ver culminados sus ideales en corto tiempo. Es muy difícil creer que todos ellos pensaron en proporcionar artículos que satisficieran a sus clientes y mucho menos que los vendiesen al precio justo.

En esta etapa, el público consumidor tampoco reclama su insatisfacción, a pesar de abundar los artículos y servicios poco funcionales y de que los compradores ya cuentan con mayores medios adquisitivos y de una educación escolar en vías de superación. Año con año sabemos de rechazos del mercado internacional que ponen en evidencia el prestigio de los

artículos y servicios nacionales, que merman nuestra balanza de pagos y que dejan en entredicho la incipiente tecnología mexicana. Desde los inicios de la industrialización mexicana se ha tenido siempre el mismo caso y todo parece indicar que ninguno de los técnicos, agrupaciones profesionales, consultores especializados, público consumidor y hasta personas dedicadas a la política hayamos hecho algo para encontrar la solución. La realidad es otra y nos indica que muchas personas han tratado de promover la implantación de las disciplinas del control de calidad en la industria, pero no pudieron ver realizados sus ideales por haber sido una época de diálogo limitado entre autoridades, empresarios, y profesionistas. Por ejemplo, se tienen pruebas de la primera agrupación de químicos e ingenieros militares que en los años 1944-45 se organizaron en lo que nombraron *Club Estadístico*, con la finalidad de extender su preparación profesional por medio del conocimiento y aplicación de nuevas técnicas y también para difundir el control de calidad en la industria. Esos honorables pioneros de la calidad en México no encontraron respaldo para impulsar sus ideas, por lo cual decidieron unirse a la *American Society for Quality Control* y formaron la Sección Ciudad de México en septiembre.

El *currículum* de esta asociación demuestra que por lo menos ha impartido tres cursos anuales para la industria en sus 21 años de existencia, además de un sinnúmero de charlas dirigidas especialmente a los capitanes de industria, así como conferencias dictadas a diversos centros educativos del país.

En la actualidad, y perteneciendo aún a la asociación norteamericana se formó la Asociación Nacional Mexicana de Estadística y Control de Calidad, tomando en consideración que el Gobierno, la iniciativa privada y los profesionistas participan conjuntamente en la planeación y desarrollo de proyectos de beneficio colectivo, además de que el 99 % de los socios son mexicanos, que trabajan aquí y que sus ideas se difunden en México.

A la fecha, es la única agrupación de especialistas en control de calidad que existe en la República.

LA SITUACION ACTUAL

Todavía los técnicos egresan de las aulas sin la plena conciencia de lo que significa la fabricación de artículos que reúnan las especificaciones apropiadas para satisfacer a los consumidores. Tampoco los científicos ni los administradores conocen con propiedad los alcances de estas disciplinas.

Sabemos que unas cuantas Escuelas Superiores y Universidades imparten clases de estadística, control estadístico de calidad como resultado de gestiones que iniciaron nuestros socios veteranos; sin embargo, el profesorado, en muchos casos, no ha sido integrado con personas experimentadas en el ramo.

En México existen diversas agrupaciones que se dedican a la enseñanza de esta tecnología. Desgraciadamente, no hay consistencia apropiada en sus programas ni en los *currículum* de sus expositores.

Salvo honrosas excepciones, siguen fabricándose todavía artículos y servicios de calidad inconsistente.

Brilla por su ausencia el personal preparado para desarrollar actividades de inspección y supervisión, acentuándose más en los niveles superiores. En verdad, en nuestro medio, son contados los gerentes o directores de control de calidad, con verdaderos conocimientos en la materia, que puedan dirigir estas actividades para obtener metas más ambiciosas. Muchas empresas han sido adquiridas por consorcios foráneos y se ha dejado sentir un ligero beneficio en la calidad; sin embargo, no todo puede ser resuelto desde el exterior, de manera que tendremos que reconocer que el problema es nuestro y debemos solucionarlo nosotros.

Respecto al público consumidor, todavía no se ha notado un avance considerable en su actitud de exigir y reclamar.

No se ha proyectado una difusión positiva que le indique lo que significa el control de calidad, ni tampoco se le ha instruido para que reconozca que existen niveles de calidad y que estos niveles están relacionados con el precio que paga.

En la ANMECC hemos discutido toda la situación para orientarla hacia tres tipos de posibles soluciones: a largo, mediano y corto plazo.

UN PASO AL FUTURO (solución a largo plazo)

Pensamos que el problema de la calidad estriba en la educación misma, porque es una mística de penetración por convencimiento que se debe adquirir en las escuelas. De manera que nuestros esfuerzos se concentraron en este punto, aun cuando estábamos convencidos de una solución futura, pero segura; porque llegará el día en que empresarios, altos ejecutivos de compañías, ingenieros, técnicos, obreros y público en general tengamos conciencia de la calidad. Para el logro de esta meta, la ANMECC ha orientado sus servicios de difusión al sector educativo.

Se propuso a las autoridades del Instituto Politécnico Nacional la implantación de cursos de control de calidad obligatorios en las escuelas superiores relacionadas con ciencia, tecnología y administración, lográndose en la Escuela Superior de Ingeniería, Química e Industrias Extractivas el tiempo necesario para impartir un curso electivo al que asistieron 106 alumnos. Con las reformas pertinentes del programa que proporcionamos, se tratará en el siguiente año escolar abarcar a otras escuelas hasta obtener una reacción favorable para lograr finalmente que el control de calidad sea materia obligatoria.

Por otra parte, la Dirección de Educación Superior, después de estudiar nuestra proposición, nos solicitó colaborar con los Institutos Tecnológicos Regionales para el diseño de planes de estudio de la carrera de Técnico en Control de Calidad, que ya se ha iniciado en el Instituto Regional 24 de León, Gto. ¡Este es precisamente el camino a seguir y ojalá encontremos respuestas iguales en otras instituciones!

También participamos con la Dirección General de Normas de la Secretaría de Industria y Comercio, en la organización y presentación de los

trabajos del Primer Seminario Nacional sobre Control de Calidad, el pasado mes de noviembre de 1971, y seguiremos cooperando con este tipo de promociones.

Estamos colaborando con el Instituto Mexicano de Comercio Exterior, impartiendo cursos en su Centro de Capacitación y con aportaciones de conceptos sobre calidad aplicables a la exportación. Esto último en grado muy incipiente, pero con tendencias a una mayor colaboración por nuestra parte.

Sin embargo, pensamos que mientras pasan los años y egresen generaciones de técnicos y profesionistas con la mística de calidad apropiada, debe estar operando otra solución más rápida porque urge exportar los productos mexicanos, para nivelar factores económicos que afectan al país y urge también que al consumidor nacional se le ofrezcan artículos baratos que cumplan su cometido de satisfacerle plenamente.

SOLUCION A MEDIANO PLAZO

Es indudable que el Estado es uno de los consumidores más grandes y que su decisión de rechazar artículos defectuosos es de tal significancia, que obliga a los proveedores a tener más cuidado en la fabricación de sus artículos. El Gobierno reporta ahorros del 7 al 20 % donde ha iniciado sus programas de consolidación y control de calidad de las adquisiciones, tal es el caso que conocemos del IMSS, donde uno de nuestros socios tiene a su cargo la dirección de estas actividades.

Ante la disyuntiva de perder grandes pedidos, los productores recurren a la aplicación de sistemas técnicos a su alcance para obtener beneficios en la competencia calidad-precio-servicio, para no desaparecer de los mercados. Esto parece un callejón sin salida para los industriales medios y pequeños, porque en nuestro país tenemos muy pocos especialistas en la materia que los puedan asesorar, encontrándose, la mayoría, concentrados en las grandes fábricas. Las posibilidades que les quedan son:

1. Capacitar personal para control de calidad en el país o en el extranjero.

2. Contratar técnicos del exterior.

Refiriéndose a la primera posibilidad. Cuando se capacita el personal en el país se recurre por lo general a cursos que imparten algunas agrupaciones cuyo costo es relativamente reducido y los resultados muy pobres; porque en 30 ó 40 horas no se puede entrenar a una persona para que, definitivamente, resuelva los problemas de calidad de su compañía, inclusive los empresarios están en la creencia que la inversión de \$ 1,000 ó \$ 1,500 en el curso, les proporcionará tales avances que nunca más tendrán problemas. Es lógico que se necesiten varios cursos continuados para adquirir destreza en el control de calidad; por eso, desde el momento en que las empresas decidan entrenar al personal, deberán cuidar su inversión, mejorando sueldos de los empleados, para que después de prepararlos no busquen en otra organización oportunidades que les brinden mejores medios de superación.

El control de calidad exige inversión, la cual será recuperada en mayor o menor tiempo dependiendo de las políticas de cada compañía.

Capacitar al personal en el extranjero es uno de los beneficios con que cuentan las grandes empresas o de capital foráneo porque recurren a las casas matrices; en cambio otras tendrán que gastar por la dificultad de conseguir la cooperación de compañías o especialistas del mismo ramo que ellos para que los asistan.

Refiriéndose a la segunda posibilidad. Si se contratan técnicos de otros países y se les deja a su suerte en la planta, lo más probable es que fracasen, por tener muchos factores en su contra como son: la barrera del lenguaje y la poca o nula preparación de la mano de obra nacional. Todos sabemos que la tecnología de otros lugares se debe adaptar a la idiosincrasia del país donde se aplique para que sea práctica y efectiva. Con esto se quiere significar que si los técnicos del exterior trabajan conjuntamente con los nuestros y sin ninguna restricción, les transmiten sus altos conocimientos, se obtendrán resultados rápidos. Este tipo de solución no es muy recomendable para la mayoría de nuestras fábricas por el costo involucrado; sin embargo, es una solución a mediano plazo.

SOLUCION A CORTO PLAZO

Se necesitará mayor difusión a las empresas para centrar la función y verdaderos alcances del control de calidad para que lo identifiquen como un conjunto de conocimientos técnicos, analíticos y administrativos que puedan ser aplicados a casi todas las actividades humanas y no solamente como los resultados que en forma rutinaria se obtienen por inspección o por análisis en los laboratorios de fábricas. El control de calidad es comparable a la contabilidad, cuyos conocimientos se adquieren bajo un mismo programa de estudios en las escuelas y que en la práctica son adaptados a la especialidad y métodos administrativos de la compañía donde se aplican.

Debe considerarse que, desde el diseño de los artículos, se hace indispensable la intervención del control de calidad, para prever cambios en todas las etapas anteriores a la fabricación en serie; que también interviene y se intensifica en la etapa de conformación en la planta y que concluye con la certeza de que el consumidor utilizará el artículo en forma debida y que le satisfará. *Tanto la difusión bien orientada que se efectúe por los medios modernos de comunicación, como la contratación de técnicos nacionales que se dediquen al control de calidad, aun cuando requieran de un adiestramiento continuo y prolongado a cargo de un asesor competente, podría ser la práctica más aconsejable para muchas empresas.*

Luego, las personas que cuentan con estudios profesionales relacionados con ciencia y tecnología y que por años hayan practicado y conozcan los alcances del control de calidad, serán por ahora las indicadas en orientar el diseño de los sistemas apropiados para cualquier tipo de fábrica, previo estudio a conciencia de sus procesos y políticas administrativas para obtener resultados a corto plazo. Desde luego que la recomendación anterior

puede no operar en la industria pequeña, de manera que se necesitaría otra solución para este sector.

CONTROL DE CALIDAD COMO FUNCION SOCIAL

La socialización de la medicina aplicada en dispensarios, centros de salud, clínicas del IMSS y del ISSSTE, entre otras, ha beneficiado a la mitad de la población y está en proceso la ruta para alcanzar mayores metas.

De la misma manera podría proyectarse la función social del control de calidad, entendiéndose por ello, la serie de beneficios que obtendrían los pequeños productores al bajar los costos de manufactura y ampliar sus mercados al exterior, como consecuencia de la alta aceptación de sus productos. También los beneficios que obtendrían los consumidores al pagar el precio justo por la calidad que prefieran y, en general, los beneficios que obtendría el país, con el incremento de exportaciones.

Ahora bien, siendo el control de calidad un problema eminentemente educativo, sabiendo que de nuestras escuelas no egresan especialistas en la materia, que la industria y los servicios necesitan superar carencias tecnológicas en corto tiempo, que se necesita intensificar la normalización, que se requiere satisfacer con calidad-precio-servicio los mercados locales e internacionales y que la industria pequeña no puede intervenir en grandes cantidades para beneficiarse con esta tecnología, se hace necesario probar otras alternativas a su alcance que, además, le proporcionen resultados prácticos casi inmediatamente. Tal solución debe emanar de una serie de consensos entre las autoridades competentes, iniciativa privada y especialistas.

Hay grupos de personas que proponen la creación de un Instituto Mexicano de Control de Calidad, cuyas funciones generales comprenderían la coordinación, asesoramiento, participación y definición de todo asunto relacionado con la calidad de todos los productos y servicios mexicanos. Reconocemos que la creación de esta institución significaría un esfuerzo muy grande para el Gobierno, la iniciativa privada y las asociaciones de profesionales. Tal aparato estaría condenado al fracaso por la inmensa variedad de funciones que desarrollaría, así como las limitaciones humanas para reunir personal competente que las realicen en grado satisfactorio. Disponer de elementos incapaces en la elaboración, aplicación y administración de programas de calidad para la industria y servicios, traería como consecuencia un automático repudio hacia esta importante tecnología por parte de la iniciativa privada. Además, si no se cuenta con una misma idea, filosofía o mística central, que oriente los verdaderos caminos a seguir, todo esfuerzo para que las producciones nacionales tengan calidad sostenida sería inútil. Tanto empresarios, políticos, como profesionales, técnicos, obreros y expertos debemos profesar el mismo credo.

Desgraciadamente, el control de calidad es un triángulo cuyos lados son la técnica, el análisis, y la administración. Así, cualquier persona que lo vea por el lado que conoce, se identificará plenamente con su especia-

lidad y se sentirá con autoridad suficiente para señalar directrices y dictar soluciones.

El ser un experto en control de calidad, implica tener experiencia en el manejo rítmico de estos factores y la habilidad necesaria para que, a semejanza de un sistema de lentes de un microscopio, los pueda colocar a sus distancias focales precisas para obtener la imagen nítida de la calidad sostenida.

Como solución ideal, el Instituto Mexicano de Control de Calidad es una necesidad. Como solución real y a corto plazo, se requieren otras ideas que se complementen con el uso de medios que permitan la orientación y educación masiva dirigida a los sectores industrial, obrero y al público consumidor.

CONCLUSIONES

- a) *Público consumidor*.—No se le orienta adecuadamente sobre la calidad.
- b) *Industria*.—Requiere incrementar la conciencia de calidad, contratar técnicos que cumplan con esta función para ser entrenados por expertos y que sus políticas administrativas favorezcan los programas de control y de adiestramiento de los obreros.
- c) *Instituciones gubernamentales*.—No es aprovechado el poder de compra del Estado para originar un estricto control en las adquisiciones, con miras a exigir a los proveedores el cumplimiento de normas de las manufacturas.
- d) *Dirección General de Normas*.—No cuenta con la cooperación, medios y personal suficientes para imponer con todo rigor la legislación correspondiente al sector industrial.
- e) *Instituciones educativas*.—En la mayoría de las carreras relacionadas con ciencia, tecnología y administración, no se imparte el control de calidad como materia electiva ni obligatoria, razón por la cual casi todos nuestros profesionales carecen de conciencia de la calidad.

BENEFICIOS GENERALES

- a) *Ventajas para la industria*.—Productos de calidad sostenida. Reducción de costos de manufactura. Cumplimiento de normas. Incremento del prestigio. Compras repetitivas del público. Motivos para mejorar continuamente la fabricación, distribución y servicios. Impulso a la productividad.
- b) *Ventajas para el público*.—Adquisición de artículos a su precio justo, según su nivel de calidad. Confianza en las marcas nacionales.
- c) *Ventajas para el país*.—Abatimiento de las importaciones y del contrabando. Mayor actividad del mercado local y del internacional. Transición de industrias pequeñas a medianas y de éstas a grandes, originando más empleos. Potencial crediticio incalculable para las

agrupaciones de industriales que les permitirán planes de expansión y diversificación de producciones, con el consiguiente beneficio para México.

Referencias bibliográficas

1. Tomado de la revista *Transformación*. Vol. XII, Nº 103, junio de 1972.
2. Tomado de *Elementos de control de calidad*. Centro Nacional de Productividad. Curso (17-3), páginas 2 y 3.
4. Tomado de *Elementos de control de calidad*. Centro Nacional de Productividad. Curso (17-3), página 3.
5. Tomado de *Elementos de control de calidad*. Centro Nacional de Productividad. Curso (17-3), páginas 3 y 4.
6. *Modern Production Management*. Elwood S. Buffa, J. Wiley and Sons. 4th Edition. 1973. Capítulo 22, páginas 643 y 644.
7. *Modern Production Management*. Elwood S. Buffa. John Wiley and Sons. 4th Edition. 1973. Capítulo 22, página 644, figura 1.
8. *Production Management Analysis*. Leonard J. Garrett and Milton Silver. Harcourt, Brace and World, Inc. 1966. Capítulo 20, páginas 641- 643.
9. *Modern Production Management*. Elwood S. Buffa. John Wiley and Sons. 3rd Edition. 1969. Capítulo 20, páginas 619 y 620.
10. *Modern Production Management*. Elwood S. Buffa. John Wiley and Sons. 3rd Edition. 1969. Capítulo 20, páginas 616-617 y 618.
11. *Production Systems, Planning, Analysis, and Control*. James L. Riggs. John Wiley and Sons, Inc. 1970. Capítulo 14, figura 14-1, página 473.
12. *Production Systems, Planning, Analysis, and Control*. James L. Riggs. John Wiley and Sons, Inc. 1970. Capítulo 14, páginas 472 y 473.
13. *Production Management Analysis*. Leonard J. Garrett and Milton Silver. Harcourt, Brace and World, Inc. 1966. Capítulo 20, página 644.
14. *Production Management Analysis*. Leonard J. Garrett and Milton Silver. Harcourt, Brace and World, Inc. 1966. Capítulo 20, páginas 644, 645 y 646.
15. *Modern Production Management*. Elwood S. Buffa. John Wiley and Sons, Inc. 3rd Edition. 1969. Capítulo 20, página 618.
16. *La inspección y el control de la calidad*. Antonio Sánchez y Sánchez. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México, 1972. Capítulo I, página 12.
- 17 y 18. *Elementos de control de calidad*. Centro Nacional de Productividad. México. Curso (17-3), páginas 11 y 12.
- 19 20, 21 y 22. *Organización para la producción*. E. S. Roscoe. Compañía Editorial Continental, S. A. México, 1972. Capítulo 13, páginas 312 y 313.
23. *La inspección y el control de la calidad*. Antonio Sánchez y Sánchez. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México, 1972. Capítulo III, páginas 22, 23, 24, 25 y 26.
24. *Modern Production Management*. Elwood S. Buffa. John Wiley and Sons, Inc. 3rd Edition. 1969. Capítulo 20, página 619.
25. *Production Systems, Planning, Analysis and Control*. James L. Riggs. John Wiley and Sons, Inc. 1970. Capítulo 14, páginas 482 y 483.
- 26 27 y 28. *Production Management Analysis*. Leonard J. Garrett and Milton Silver Harcourt, Brace and World Inc. 1966. Capítulo 20, páginas 664 y 665.
29. *La estadística en los negocios*. Frederik E. Croxton y Dudley J. Cowden. Editorial Hispano Europea, Barcelona, España, 1963. Condensado de las páginas 430 y 431 del Capítulo 20.
30. *Production Management Analysis*. Leonard J. Garrett and Milton Silver. Harcourt, Brace and World Inc. 1966. Capítulo 20, páginas 665 y 666.
31. *La inspección y el control de la calidad*. Antonio Sánchez y Sánchez. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México, 1972. Capítulo III, páginas 30 y 31.
32. *Operations Management, A Systems Concept*. R. A. Johnson, William T. Newell,

Roger C. Vergin. Houghton Mifflin Company, Boston 1972. Capítulo 5, páginas 309, 310 y 311.

33. Tomado de la Revista *Expansión*. 4 de abril de 1973. Vol. V, Nº 110, página 67.
34. Tomado del *Boletín Informativo y de Contacto de la Asociación Nacional Mexicana de Estadística y Control de Calidad*. Números 10, 11 y 12, correspondientes a los meses de abril, mayo y junio de 1973.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. *La inspección y el control de calidad*. Antonio Sánchez y Sánchez. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México,
2. *Administración y dirección técnica de la producción*. Elwood S. Buffa. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México,
3. *Elementos de control de calidad*. Centro Nacional de Productividad. México. Curso (17-3).
4. *Organización para la producción*. E. S. Roscoe. Compañía Editorial Continental, S. A. México,
5. *Production Systems; Planning, Analysis, and Control*. James L. Riggs. John Wiley and Sons, Inc.

TEMA 11

Aplicación de la investigación de operaciones a los problemas de producción

Sumario:

1. *Programación lineal.* — *a)* Solución gráfica. — *b)* Metodo Simplex. — 2. *Método de transporte.* — 3. *Simulación.* — *a)* Naturaleza y usos de la simulación. — *b)* Modelo desarrollado.

1. PROGRAMACIÓN LINEAL

Los problemas de producción se derivan principalmente de la escasez de recursos humanos y materiales con los que se cuenta para el proceso de transformación. El gerente de producción trata de seleccionar la combinación de recursos que produzca la mayor cantidad de productos al costo más bajo posible. El asignar trabajos a hombres y a máquinas constituye un ejemplo de este tipo de problemas. Otro ejemplo es el caso de determinar la mezcla óptima de elementos alimenticios de modo tal que satisfagan estándares mínimos de requerimientos nutritivos al costo más bajo.

Un método común de tratar este tipo de problemas es la programación lineal. Se puede aplicar este tipo de análisis siempre que las variables estén relacionadas a través de relaciones lineales. Las variables son evaluadas de acuerdo a una función económica lineal, que maximiza utilidades o minimiza costos, a fin de seleccionar la asignación de recursos más adecuada.

a) Solución gráfica. Supóngase que una empresa desea decidir la proporción que debe producir de los productos X_1 y X_2 a fin de maximizar sus utilidades. Los productos son procesados a través de las máquinas M_1 , M_2 y M_3 sin importar el orden en que se realiza su procesamiento. Cada máquina dispone de un número de horas limitado. En la siguiente tabla se indican los tiempos de proceso necesarios para cada producto, así como las horas-máquina disponibles y las utilidades por unidad de cada producto (considerando sólo costos variables).

Tipo de máquina	Horas de procesamiento		Horas disponibles
	X_1	X_2	
M_1	8	3	360
M_2	5	8	480
M_3	4	3.5	250
Utilidad por unidad	600	450	

El problema consiste en determinar cuánto debe producirse de los artículos X_1 y X_2 a fin de maximizar las utilidades, dadas las limitaciones en tiempo de las máquinas.

Algebraicamente, se expresa mediante una función objetiva y varias restricciones:

Función objetiva:

Maximizar $Z = 600 X_1 + 450 X_2$.

La utilidad unitaria de cada producto es multiplicada por el número de unidades producidas. La utilidad total es la suma de las utilidades provenientes de cada tipo de artículos.

Restricciones:

$$8 X_1 + 3 X_2 \leq 360$$

$$5 X_1 + 8 X_2 \leq 480$$

$$4 X_1 + 3.5 X_2 \leq 250$$

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

Las tres primeras restricciones indican los tiempos requeridos en cada máquina para la elaboración de los artículos. Así, $8 X_1 + 3 X_2$, significan que el producto X_1 requiere 8 horas de la máquina M_1 para su elaboración, mientras que el producto X_2 requiere 3 horas por unidad. Por otra parte, las horas utilizadas de la máquina M_1 en la elaboración de ambos artículos no debe exceder de 360 horas, por lo que se usa la desigualdad menor o igual a (\leq).

Las dos últimas restricciones ($X_1 \geq 0$, $X_2 \geq 0$) indican que los valores X_1 y X_2 no pueden tomar valores negativos ya que no tiene sentido hablar de una producción negativa.

La solución gráfica de este problema se obtiene estableciendo las coordenadas X_1 y X_2 y determinando el área factible de soluciones mediante el siguiente procedimiento:

a) Se obtienen los puntos limitantes de cada restricción. Por ejemplo, en la restricción $8 X_1 + 3 X_2 \leq 360$, se considera primeramente a $X_2 = 0$, lo que implica que todo el tiempo-máquina se dedica a la producción de X_1 . Por lo tanto, $8 X_1 + 3 (0) = 360$, de donde $8 X_1 = 360$ y finalmente, $X_1 = 45$. En forma similar, se procede a obtener el otro punto extremo, considerando que todo el tiempo-máquina se dedica a la producción de X_2 . En dicho caso $8 (0) + 3 X_2 = 360$ por lo que $X_2 = 120$.

Para las dos restantes restricciones se tiene:

$$X_1 = \frac{480}{5} = 96; \quad X_2 = \frac{480}{8} = 60$$

$$X_1 = \frac{250}{4} = 62.5; \quad X_2 = \frac{250}{3.5} = 71.4$$

Con estos puntos extremos se procede a la elaboración de la gráfica. (Véase gráfica 11-1), en donde el área sombreada representa el área de soluciones factibles; es decir, el área que satisface las tres restricciones simul-

táneamente. El área se encuentra delimitada por los puntos A, B, C, D.

A continuación, es necesario introducir la función objetivo a fin de determinar el punto de utilidad máxima dentro de esta área de soluciones

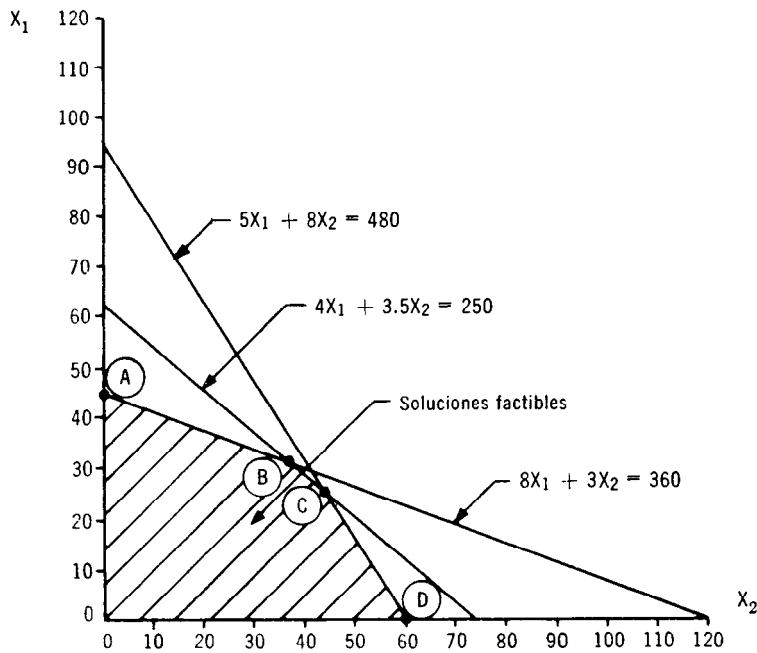


Figura 11-1.

factibles. Se procede a darle un valor razonable a Z a fin de determinar la pendiente de la curva.

Por ejemplo, para $Z = 60,000$ se tiene

$$60,000 = 600 X_1 + 450 X_2$$

Determinamos los puntos extremos de esta recta igualando dos variables a cero en forma sucesiva.

Por lo tanto:

$$a) \ 60,000 = 600 X_1 + 450 (0)$$

$$X_1 = 100$$

$$b) \ 60,000 = 600 (0) + 450 X_2$$

$$X_2 = \frac{60,000}{450} = 133.33$$

En la figura 11-2, se traza la línea de la función objetivo, considerando los puntos extremos. Como puede observarse, esta línea está fuera del área de soluciones factibles, por lo tanto, debemos buscar una línea que toque el punto extremo del área factible más distante del origen. A fin de lograr lo anterior probamos otros valores para Z . Supongamos $Z = 40,000$

$$a) \quad 40,000 = 600 X_1 + 450 (0)$$

$$X_1 = \frac{40,000}{600} = 66.6$$

$$b) \quad 40,000 = 600 (0) + 450 X_2$$

$$X_2 = \frac{40,000}{450} = 88.8$$

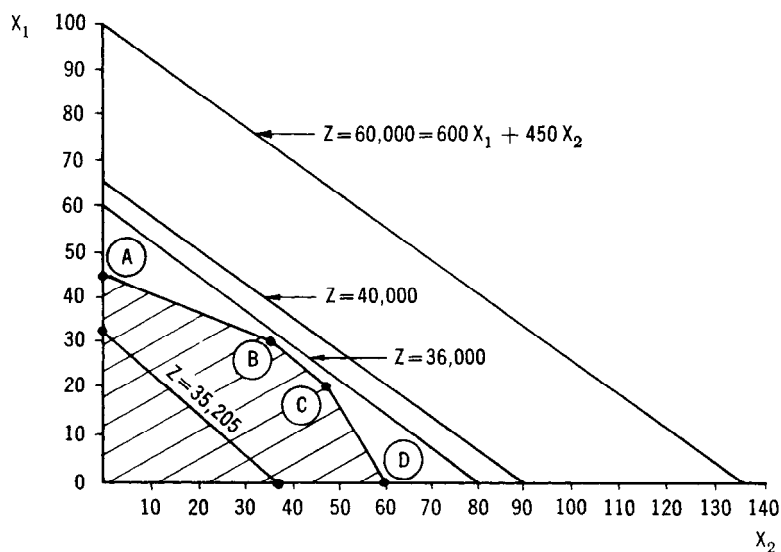


Figura 11-2.

Para $Z = 36,000$ los puntos extremos son:

$$X_1 = \frac{36,000}{600} = 60$$

$$X_2 = \frac{36,000}{45} = 80$$

Ahora bien, nótese que el punto más distante del área es aquél en que interseccionan las rectas $8 X_1 + 3 X_2 = 360$ y $4 X_1 + 3.5 X_2 = 250$. (Ver figura 11-1.)

Resolviendo este sistema de ecuaciones se tiene $X_1 = 31.3$ y $X_2 = 36.5$, valores que satisfacen el sistema de restricciones.

Para estos valores de X_1 y X_2 , se tiene un valor Z de:

$$Z = 600 (31.3) + 450 (36.5) = \$ 35,205$$

Por lo tanto la combinación óptima de producción se tiene al producir 31.3 unidades del artículo X_1 y 36.5 unidades del artículo X_2 .

b) Método simplex. El procedimiento gráfico expuesto es útil cuando el problema tiene un máximo de tres variables, en cuyo caso trabajaríamos con tres dimensiones con planos e intersección de planos en vez de trabajar con líneas e intersección de líneas. Para problemas que involucran más de tres variables debemos recurrir al método simplex.

A través del siguiente ejemplo se ilustrará la utilidad del método:

La Cía. "La Afortunada" produce 4 distintos tipos de productos con los siguientes requerimientos:

	X_1	X_2	X_3	X_4	Cantidades disponibles
Materia prima (kg)	100	100	100	100	1,500
% de capacidad primaria	7	5	3	2	100
% de capacidad secundaria	3	5	10	15	100
Contribución a las utilidades	\$ 60	\$ 60	\$ 90	\$ 90	

Así, una unidad del producto X_1 que consume 100 kg de materia prima, requiere 7 % de la capacidad de fábrica primaria, 3 % de la secundaria y contribuye en \$ 60 a las utilidades.

La formulación algebraica del problema es:

$$\text{Maximizar } Z = 60 X_1 + 60 X_2 + 90 X_3 + 90 X_4$$

Sujeto a las restricciones:

$$100 X_1 + 100 X_2 + 100 X_3 + 100 X_4 \leq 1,500$$

$$7 X_1 + 5 X_2 + 3 X_3 + 2 X_4 \leq 100$$

$$3X_1 + 5X_2 + 10X_3 + 15X_4 \leq 100$$

$$X_1 \geq 0; \quad X_2 \geq 0 \quad X_3 \geq 0; \quad X_4 \geq 0$$

A fin de obtener una solución inicial factible se utilizan variables de holgura¹ que permiten substituir las desigualdades por igualdades:

$$100X_1 + 100X_2 + 100X_3 + 100X_4 + X_5 = 1,500$$

$$7X_1 + 5X_2 + 3X_3 + 2X_4 + X_6 = 100$$

$$3X_1 + 5X_2 + 10X_3 + 15X_4 + X_7 = 100$$

A partir de esta solución inicial, el método simplex sigue un proceso iterativo (de ciclos) de modo tal que se obtienen mejores soluciones al final de cada iteración, hasta lograr una solución óptima.

La tabla inicial se presenta en la siguiente forma:

C_j \longrightarrow			0	0	0	60	60	90	90
C_i	Sol.	b	P_5	P_6	P_7	P_1	P_2	P_3	P_4
0	X_5	1,500	1	0	0	100	100	100	100
0	X_6	100	0	1	0	7	5	3	2
0	X_7	100	0	0	1	3	5	10	15
	Z_j	0	0	0	0	0	0	0	0
	$C_j - Z_j$					60	60	90	90

La columna b es el vector de requerimientos que en la tabla final contendrá el vector de solución.

Las columnas P_5, P_6, P_7 son los vectores de holgura. Las columnas P_1, P_2, P_3, P_4 son los vectores estructurales.

La hilera C_j corresponde a los coeficientes de las variables en la función objetiva. La columna Sol. indica las variables que integran la solución. En la tabla inicial dichas variables son las de holgura, las cuales aparecen con coeficiente cero. La hilera Z_j se obtiene multiplicando el valor de cada C_i por cada elemento de cada columna y sumando el resultado. Por ejemplo el valor Z_j de la columna b es igual a $1,500(0) + 100(0) + 100(0) = 0$. $C_j - Z_j$ es, como se indica, la simple resta de los valores que aparecen en la hilera superior C_j menos los valores de la hilera Z_j . Se habrá llegado a la solución óptima cuando los valores que aparezcan en esta hilera sean todos negativos o a lo sumo igual a cero.

La explicación pormenorizada del método simplex no está considerada en los objetivos de este texto introductorio. Sin embargo, es importante saber interpretar los resultados de la tabla final.

¹ Variables de holgura son aquellas que se utilizan para obtener una solución inicial a fin de proceder con el método simplex.

La tabla final en este ejemplo es la siguiente:

C_j	\longrightarrow								
C_i	Sol.	b	P_5	P_6	P_7	P_1	P_2	P_3	P_4
60	X_1	7.144	1/70	0	-1/7	1	5/7	0	-5/7
0	X_6	26.43	-122/1400	1	12/21	0	-6/7	0	13/7
90	X_3	7.85	-3/700	0	1/7	0	2/7	1	12/7
	Z_j	1135.71	33/70	0	30/7	60	480/7	90	780/7
	$C_i - Z_i$		-33/70	0	-30/7	0	-60/7	0	-150/7

La tabla nos indica que se deben producir 7.144 unidades del producto X_1 y 7.85 unidades del producto X_3 .

Como puede observarse, el programa consume los 1,500 kilogramos de materia prima. En efecto, la primera restricción indica

$$100 X_1 + 100 X_2 + 100 X_3 + 100 X_4 \leq 1,500.$$

Substituyendo los valores obtenidos de X_1 y X_3 en la restricción, se tiene: $7.144 (100) + 7.85 (100) = 714 + 785 = 1,499$ que equivale a 1,500, si consideramos un ajuste.

Por otra parte, el hecho de que X_6 aparezca con un valor de 26.43 en la solución, indica que no se requiere un 26.43 % de la capacidad primaria. Esto se puede comprobar substituyendo los valores de X_1 y X_2 en la 2ª restricción:

$$7 X_1 + 5 X_2 + 3 X_3 + 2 X_4 \leq 100$$

$$7 (7.15) + 5(0) + 3(7.85) = 73.53$$

La diferencia entre 100 y 73.53 es de 26.47 valor que difiere de 26.43 por 0.04 debido a errores de redondeo.

La tabla final provee también de importante información adicional para la toma de decisiones administrativas. En efecto, nos provee de *precios sombra*, los cuales indican la contribución marginal derivada de contar con una unidad adicional de cada tipo de recurso.

Para encontrar los precios sombra en la tabla se cambia el signo a la hilera $C_j - Z_j$ y se leen las cantidades correspondientes a los vectores de holgura. En este ejemplo el vector P_5 tiene la cifra 33/70, la cual se interpreta como la contribución a las utilidades, si se contase con un kilogramo más de material. El vector P_6 tiene cero en la hilera $C_j - Z_j$ lo cual es normal, ya que se ha visto que no se aprovechó en un 26.43 % la capacidad primaria. P_7 tiene un precio sombra de 30/7 que representa la cantidad en que aumentarían las utilidades si se contase con un 1 % más de capacidad secundaria.

Pueden manejarse manualmente problemas con pocas variables y un número limitado de restricciones (no mayor de diez). Para problemas con muchas variables y un número también elevado de restricciones, es necesario utilizar una computadora a fin de aplicar programas de biblioteca. Lo que realmente es importante es el planteamiento del problema y la interpretación de los resultados. El uso de los programas de biblioteca es sumamente sencillo ya que no se requiere programar sino tan sólo introducir los coeficientes de las variables de la función objetivo y de las restricciones, así como indicar el vector de requerimientos en el formato que especifique el manual del programa.

La programación lineal se ha aplicado a una amplia variedad de problemas de producción, tales como mezclas óptimas de gasolina, problemas de mezclas de ingredientes nutritivos a fin de obtener niveles mínimos de dieta, programación y control de la producción, expansión de la capacidad productiva, etc. Por otra parte, esta técnica ha sido ampliamente utilizada en las áreas de mercadotecnia y finanzas.

2. METODO DE TRANSPORTE

El método de transporte se diseñó con el propósito de minimizar el costo de enviar mercancías, de fábricas a almacenes de distribución. Mediante este método se determinan las rutas más económicas. Se requiere conocer la localización y cantidades disponibles en los centros de producción, las demandas en los centros de distribución y los costos de transportación de cada fábrica a cada centro de distribución.

El algoritmo satisface las relaciones entre oferta y demanda con un costo mínimo. A semejanza del método simplex, este método trabaja a base de iteraciones sucesivas hasta lograr una solución óptima.

Matricialmente se representa en la siguiente forma:

MATRIZ DE COSTOS

<i>Fábricas</i> \ <i>Almacenes</i>	A_1	A_2	A_3	...	A_n	<i>Restricciones de capacidad</i>
F_1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	...	C_{1n}	A_1
F_2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	...	C_{2n}	A_2
F_3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	...	C_{3n}	A_3
...
F_m	C_{m1}	C_{m2}	C_{m3}	...	C_{mn}	A_m
<i>Demanda requerida</i>	b_1	b_2	b_3	...	b_n	

El problema se indica como sigue:

Existen m orígenes; en cada origen hay a_i unidades de algún producto, $i = 1, 2, \dots, m$. Existen n destinos; cada destino requiere el envío de b_j unidades del producto, $j = 1, 2, \dots, n$.

Las a_i son llamadas los requerimientos de hileras y las b_j son denominadas los requerimientos de columna. Todas las a_i y las b_j son positivas, ya que carece de sentido hablar de requerimientos nulos o negativos.

Una condición de este método exige que la suma de los requerimientos de hilera igualen a la suma de los requerimientos de columna. Matemáticamente:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

El costo de enviar una unidad de producto, del origen i al destino j se expresa C_{ij} .

Para ilustrar, considérese la siguiente situación:

DESTINOS

		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Oferta
Orígenes	F ₁	\$ 5	\$ 8	\$ 3	\$ 6	30
	F ₂	4	5	7	4	50
	F ₃	6	2	4	5	40
Demanda		30	20	40	30	

A fin de obtener una solución inicial factible se puede utilizar el método de aproximación de VOGEL que consta de los siguientes pasos:

1. Determine la diferencia entre los dos costos menores en cada hilera y columna.
2. Seleccione la hilera o columna que tenga la mayor diferencia (penalidad).
3. Asigne la mayor cantidad posible a la celda en la que aparezca el costo menor en la hilera o columna seleccionada.
4. Elimine la hilera o la columna cuando las asignaciones satisfagan las relaciones demanda = oferta.

Aplicando el método VOGEL al ejemplo se tiene:

Diferencia de hileras		1	3	1	1	Diferencia de columnas
↓		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	
2	F ₁	5	8	3	6	30
0	F ₂	4	5	7	4	50
2	F ₃	6	2	4	5	40
		30	20	40	30	

Nótese que la máxima diferencia es el 3, que corresponde a la segunda columna. Por lo tanto, enviamos la mayor cantidad posible de la fábrica 3 al almacén 2 ya que así obtenemos el menor costo de envío por unidad (\$2). La demanda total del almacén 2 es de 20 unidades, siendo la oferta de la fábrica 3 más que suficiente para poder satisfacer dicha demanda. A continuación se elimina la columna 2, en virtud de haberse satisfecho por completo esta demanda y se vuelven a calcular las diferencias entre los dos costos menores de cada hilera y columna. Se tiene la siguiente matriz.

Dif.		1	1	1	
		A_1	A_3	A_4	
2	F_1	5	(3)	6	30
0	F_2	4	7	4	50
1	F_3	6	4	5	20
		30	40	30	

El siguiente envío resulta de F_1 a A_3 ya que corresponde al costo menor (\$3) de la hilera 1.

Se envían 30 unidades, máxima cantidad disponible en la fábrica 1 (F_1) quedando por lo tanto una demanda insatisfecha de 10 unidades en el almacén 3 (A_3).

Una vez eliminada la hilera 1 se prosigue el algoritmo con las hileras y columnas restantes.

Diferencia		2	3	1	
		A_1	A_3	A_4	Diferencia
0	F_2	4	7	4	50
1	F_3	6	(4)	5	20
		30	10	30	

La columna A_3 resultó con la diferencia mayor (3), por lo que seleccionamos la combinación C_{33} . Lo anterior implica enviar 10 unidades, de la fábrica 3 al almacén 3 a un costo de \$4 por unidad. Solamente restan ahora dos columnas y dos hileras.

Diferencia		2	1		Diferencia
		A_1	A_4	A_4	Diferencia
		A_1	A_4		
0	F_2	(4)	4	50	
1	F_3	6	5	10	
		30	30		

La columna A_1 resultó con la diferencia mayor, por lo que se envían 30 unidades, de F_2 a A_1 .

Por último queda:

	A_4	
F_2	4	20
F_3	5	10
	30	

Por lo tanto se envían 20 unidades, de F_2 a A_4 y 10 unidades, de F_3 a A_4 . Se puede ahora proceder a formular la siguiente matriz de envíos:

	A_1	A_2	A_3	A_4	Oferta
F_1	0	0	30	0	30
F_2	30	0	0	20	50
F_3	0	20	10	10	40
	30	20	40	30	← Demandas

Obsérvese que se han satisfecho todas las demandas y que no existe sobrante en las ofertas.

Para obtener el costo de esta solución se multiplican las cantidades a enviar por sus respectivos costos:

$30 \times C_{13} = 30 \times \$3 = 90$
$30 \times C_{21} = 30 \times \$4 = 120$
$20 \times C_{24} = 20 \times \$4 = 80$
$20 \times C_{32} = 20 \times \$2 = 40$
$10 \times C_{33} = 10 \times \$4 = 40$
$10 \times C_{34} = 10 \times \$5 = 50$
<hr/>
Costo total \$ 420
<hr/>

Con el método VOGEL se obtuvo una solución factible y a la vez óptima. Sin embargo, no siempre sucede que se logre la optimalidad sino que, normalmente, se obtiene tan sólo una solución factible. En estos casos, se tiene que recurrir a un algoritmo más complicado conocido como algoritmo de transporte, a fin de obtener una solución óptima.

Los usos del procedimiento de transporte rebasan el contexto que les dio origen. En efecto, se puede utilizar para asignar trabajos a máquinas, o bien para programar la producción a lo largo de varios períodos de tiempo. Como ilustración de este tipo de usos, considérese el siguiente problema consignado por Bowman y Fetter: [2]

“Una Cía. produce artículos rojos, amarillos y azules. La demanda (expresada en horas-planta) es la siguiente, para el tercer trimestre:

Mes	Rojo	PRODUCTO	
		Amarillo	Azul
Julio	60	40	50
Agosto	70	90	60
Septiembre	90	130	120

Los productos pueden ser manufacturados en tiempo regular o en tiempo extra. El tiempo de planta disponible para el tercer trimestre es:

	Tiempo normal	Tiempo extra
Julio	150	150
Agosto	80	120
Septiembre	150	150

El costo mensual de almacenar la producción que se obtiene en la utilización de una hora de tiempo-planta es:

Artículo

rojo	\$ 20
amarillo	\$ 30
azul	\$ 35

El producir en tiempo extra implica un costo adicional, por hora de producción, como sigue:

<i>Artículo</i>	<i>Costo</i>
rojo	\$ 35
amarillo	\$ 40
azul	\$ 50...

Con estos datos se puede determinar cuánto se debe producir de cada producto durante julio, agosto y septiembre y qué parte de dicha producción debe efectuarse en tiempo extra. El problema se plantea en la siguiente matriz de transporte:

Nótese que las horas disponibles suman 800 mientras que la suma de demandas asciende a 710. Los costos que se indican en la matriz corresponden a costos de almacenamiento y a costos por tiempo extra. Así, en primera hilera, correspondiente al tiempo normal de julio se indican las

	JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			Horas disponibles
	Rojo	amarillo	azul	amarillo	Rojo	azul	Rojo	amarillo	azul	
Julio, tiempo normal	0	0	0	20	30	35	40	60	70	150
Julio, tiempo extra	35	40	50	55	70	85	75	100	120	150
Agosto, tiempo regular	X	X	X	0	0	0	20	30	35	80
Agosto, tiempo extra	X	X	X	35	40	50	55	70	85	120
Septiembre, tiempo normal	X	X	X	X	X	X	0	0	0	150
Septiembre, tiempo extra	X	X	X	X	X	X	35	40	50	150
Demanda (expresada en horas producción)	60	40	50	70	90	60	90	130	120	

cifras 20, 30 y 35 que representa el costo de almacenar durante el mes de agosto la producción realizada en julio. En seguida se indican las cifras 40, 60, 70 que representan el costo de dos meses de almacenamiento de la producción de julio. La segunda hilera relativa al tiempo extra de julio expresa costos adicionales por tiempo extra y costos de almacenamiento. Las tres primeras cifras de esta hilera (35, 40, 50) indican sólo el costo adicional por tiempo extra. Las siguientes tres cifras (55, 70, 85) representan el costo de tiempo extra más el costo de almacenamiento por un mes ($35 + 20$, $40 + 30$, $50 + 35$). Las últimas tres cifras representan el costo de tiempo extra más el costo de dos meses de almacenamiento. De modo similar se explican las demás hileras; sólo merece mencionarse que algunas celdillas fueron canceladas con X por la imposibilidad temporal de que se produzcan unidades en un mes posterior para ser consumidas en un mes anterior. Las celdillas que aparecen con cero se explican, ya que dejamos fuera del análisis el costo de producción relativo a tiempo normal por ser constante de período a período y no constituir, además, un elemento en la decisión de programación. A fin de utilizar el método Vogel, se requiere añadir una demanda ficticia de 90 a fin de igualar el total de demanda (expresada en horas de producción) con el total de horas de producción disponibles.

Los costos de esta columna son cero por ser una columna ficticia.

La primera matriz se indica así:

Dif. →	35	40	50	35	30	35	20	30	35	0
↓										
0	0	0	⓪	20	30	35	40	60	70	0
35	35	40	50	55	70	85	75	100	120	0
0	X	X	X	0	0	0	20	30	35	0
35	X	X	X	35	40	50	55	70	85	0
0	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0
35	X	X	X	X	X	X	35	40	50	0
	60	40	50	70	90	60	90	130	120	90

Lo anterior indica que se destinen 50 horas de tiempo normal de producción durante el mes de julio a la manufactura de artículos azules.

Dif. →	35	40	35	30	35	20	30	35	0
↓									
0	0	⓪	20	30	35	40	60	70	0
35	35	40	55	70	85	75	100	120	0
0	X	X	0	0	0	20	30	35	0
35	X	X	35	40	50	55	70	85	0
0	X	X	X	X	X	0	0	0	0
35	X	X	X	X	X	35	40	50	0
	60	40	70	90	60	90	130	120	90

Destínense 40 horas de producción normales de julio a satisfacer la demanda de artículos amarillos.

Dif. →	35	35	30	35	20	30	35	0
↓								
0	⓪	20	30	35	35	30	35	0
35	35	55	70	85	75	100	120	0
0	X	0	0	0	20	30	35	0
35	X	35	40	50	55	70	85	0
0	X	X	X	X	0	0	0	0
35	X	X	X	X	35	40	50	0
	60	70	90	60	90	130	120	90

60 horas normales de julio se destinan a satisfacer la demanda de artículos rojos de dicho mes.

Dif. →	35	40	50	20	30	35	0
↓							
55	55	70	85	75	100	120	⓪
0	0	0	0	20	30	35	0
35	35	40	50	55	70	85	0
0	X	X	X	0	0	0	0
35	X	X	X	35	40	50	0
	70	90	60	90	130	120	90

90 horas de tiempo extra de julio se destinan a satisfacer la demanda ficticia.

Dif. →	35	40	50	20	30	35	
↓							
15	55	70	85	75	100	120	60
0	0	0	①	20	30	35	80
5	35	40	50	55	70	85	120
0	X	X	X	0	0	0	150
5	X	X	X	35	40	50	150
	70	90	60	90	130	120	

60 horas de tiempo normal de agosto satisfacen la demanda de artículos azules de dicho mes.

Dif. →	35	40	20	30	35	
↓						
15	55	70	75	100	120	60
0	0	①	20	30	35	20
5	35	40	55	70	85	120
0	X	X	0	0	0	150
5	X	X	35	40	50	150
	70	90	90	130	120	

20 horas de tiempo normal de agosto se destinan a satisfacer demanda de artículos amarillos de dicho mes.

Dif. →	15	30	35	40	50	
↓	R	AM	R	AM	AZ	
15	55	70	75	100	120	60
5	35	40	55	70	85	120
0	X	X	0	0	①	150
5	X	X	35	40	50	150
	70	70	90	130	120	

120 horas de tiempo normal de septiembre se destinan a satisfacer demanda de artículos azules de dicho mes.

Dif. →		20	30	35	40	
↓		R	AM	R	AM	
15 julio T.E.		55	70	75	100	60
5 agosto T. E.		35	40	55	70	120
0 septiembre T. N.		X	X	0	①	30
5 septiembre T. E.		X	X	35	40	150
		70	70	90	130	

30 horas del tiempo normal de septiembre se destinan a cubrir la demanda de artículos amarillos de dicho mes.

	Diferencia	→	20	30	20	30	
	↓		R	AM	R	AM	
Julio T. E.	15		55	70	75	100	60
Agosto T. E.	5		35	(40)	55	70	120
Septiembre T. E.	5		X	X	35	40	150
	0		70	70	90	100	

70 horas de tiempo extra de agosto se destinan a satisfacer la demanda de artículos amarillos de dicho mes.

	R	R	A	
Diferencia	→	20	20	30
↓				
15		55	75	100 60
20		35	55	70 50
5		X	35	(40) 150
		70	90	100

100 horas del tiempo extra de septiembre se destina a satisfacer la demanda de artículos amarillos de dicho mes.

		R	R	
	Diferencia	→	20	20
	↓			
Julio T. E.	20		55	75 60
Agosto T. E.	20		35	55 50 0
Septiembre T. E.			X	35 50 0
			70	80
			20	40

De esta última tabla se desprende que se deben destinar 50 horas de tiempo extra de septiembre a cubrir la demanda de artículos rojos de dicho mes. 50 horas de tiempo extra de agosto cubrirán la demanda de artículos rojos de agosto. Finalmente la demanda insatisfecha de artículos rojos de agosto y septiembre se cubrirá con tiempo extra de julio.

Recapitulando, se tiene la siguiente matriz de horas de producción:

	DEMANDA										
	R	AM	AZ	R	AM	AZ	R	AM	AZ	FICTICIA	
T. N. Julio	60	40	50								150
T. E. Julio				20			40			90	150
T. N. Agosto					20	60					80
T. E. Agosto				50	70						120
T. N. Septiembre								30	120		150
T. E. Septiembre							50	100			150
	60	40	50	70	90	60	90	130	120	90	

El costo de esta solución factible es:

60 (0) + 40 (0) + 50 (0) =	0
20 (55) + 40 (75) + 90 (0) =	4,100
20 (0) + 60 (0) =	0
50 (35) + 70 (40) =	4,550
30 (0) + 120 (0) =	0
50 (35) + 100 (40) =	5,750
<hr/>	
Costo total	\$ 14,400

En este caso también el método VOGEL proporciona una solución óptima por lo que no se tiene que recurrir al método de transporte más complejo.

3. SIMULACION

a) Naturaleza y usos de la simulación. Las ciencias físicas y la ciencia militar han hecho un uso intenso de modelos y simulaciones como un medio común de analizar problemas y estrategias. Si reflexionamos un momento acerca del juego de ajedrez vemos claramente que es una simulación de un combate formal.

La administración había carecido de un instrumento que le permitiera evaluar anticipadamente el efecto probable de políticas y decisiones. Afortunadamente, con el desarrollo de la teoría estadística, de la investigación de operaciones y de las computadoras digitales, se puede disponer ya de verdaderos laboratorios administrativos.

La simulación consiste en desarrollar un modelo lógico de la situación o sistema que se desea estudiar y en observar el comportamiento del sistema a lo largo de una sucesión de eventos. Es deseable utilizar este enfoque cuando el problema es de tal complejidad, por su número de variables y de relaciones, que no es posible atacarlo por los métodos analíticos de la investigación de operaciones. La simulación no persigue obtener soluciones óptimas, sino evaluar, a través de estadísticas, el efecto de políticas alternas. Las computadoras permiten que, en minutos u horas, se simulen meses o años de operaciones.

En la administración de la producción se han desarrollado simulaciones para problemas de programación de la producción, mantenimiento, políticas de inventarios, etc.

A fin de entender la naturaleza de la simulación de actividades, se requieren algunas definiciones básicas:

Entidad. Aquello que fluye a través de un sistema. Ejemplos: un estudiante a través de un sistema escolar, un pedido a través de una empresa, un aeroplano a través de un aeropuerto, etc.

Atributos. Son las propiedades de la entidad. Se deben expresar en

forma numérica. Especifican por completo a la entidad y son susceptibles de ser cambiados a través de eventos.

Evento. Es el proceso que sufre una entidad y a través del cual se cambia uno o más de sus atributos.

Calendario. Contiene una lista de eventos y el orden en el cual ocurrirán.

Tabla de números al azar. La integran números seleccionados al azar, es decir con la misma probabilidad de selección. Supóngase que se tiene una urna con diez números numerados del 0 al 9. En el proceso para integrar la tabla de números al azar, la operación de sacar un número de la urna se repite cientos de veces, se anota y se vuelve a depositar en dicha urna. Claro está que este procedimiento resultaría sumamente laborioso por lo que se han programado rutinas para obtener estos listados utilizando computadoras.

Método Montecarlo. Procedimiento mediante el cual se obtienen pruebas artificiales de eventos, cuya frecuencia es la misma de aquéllos en los que estamos interesados. Mediante un simple ejemplo se ilustrará este método. Supóngase que una empresa fabrica tres tipos de sweaters abierto, en V y de tortuga. Analizando las ventas de un mes, se encontró que se vendieron 30 abiertos, 45 en V y 25 de tortuga. Basándonos en estas frecuencias de venta se desea simular el proceso de venta las dos siguientes semanas. Utilizando la tabla de números al azar de la siguiente página y considerando los dos primeros dígitos de la primera y segunda columnas (se puede haber elegido cualquier otro punto de arranque para la selección de estos números, por ejemplo, los dos últimos dígitos de la tercera columna) se obtienen las siguientes cifras: 10, 22, 24, 42, 37, 77, 99, 96, 89, 85, 28, 63, 09, 10, 07, 51, 02, 01, 52, 07, 48, 54, 32, 29, 02, 15, 46, 48, 93, 39, 06, 72, 91, 14, 36, 69, 40, 93, 61, 97, 12, 21, 54, 53, 97, 91, 58, 32, 27, 33.

Ahora bien, como la frecuencia de ventas de cada tipo de sweater fue diferente, se requiere de un mecanismo que tome en consideración dicha frecuencia. Se asignan números al azar de acuerdo con el porcentaje de ventas de cada artículo. Así a los sweaters abiertos que tuvieron una venta de 30 en el mes (de un total de 100) se asignan los números al azar del 00 al 29, a los sweaters en V cuya venta fue de 45, se asignan números del 30 al 74 y, por último, a los de tortuga se asignan números al azar comprendidos entre el 75 y el 99. Analizando los 50 números al azar seleccionados de la tabla en la que hay 18 números entre 00 y 29, 21 números entre 30 y 74, y 11 números entre 75 y 99, puede apreciarse que se estima se venderán un 36 % de sweaters abiertos, 42 % en V y 22 % de tortuga. Los porcentajes obtenidos se aproximan a los porcentajes derivados del análisis de 100 ventas correspondientes a un mes. La diferencia en porcentajes son naturales por tratarse de procesos probabilísticos.

b) Aplicación de la simulación a un sistema de prioridades de producción. Supóngase que una empresa de artes gráficas desea mejorar un sistema de programación de la producción. En el procedimiento actual la

TABLA DE NUMEROS AL AZAR [3]

Col. Línea	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	10480	15011	01536	02011	81647	91646	69179	14194	62590	36207	20969	99570	91291	90700
2	22368	46573	25595	85393	30995	89198	27982	53402	93965	34095	52666	19174	39615	99505
3	24130	48360	22527	97265	76393	64809	15179	24830	49340	32081	30680	19655	63348	58629
4	42167	93093	06243	61680	07856	16376	39440	53537	71341	57004	00849	74917	97758	16379
5	37570	39975	81837	16656	06121	91782	60468	81305	49684	60672	14110	06927	01263	54613
6	77921	06907	11008	42751	27756	53498	18602	70659	90655	15053	21916	81825	44394	42880
7	99562	72905	56420	69994	98872	31016	71194	18738	44013	48840	63213	21069	10634	12952
8	96301	91977	05463	07972	18876	20922	94595	56869	69014	60045	18425	84903	42508	32307
9	89579	14342	63661	10281	17453	18103	57740	84378	25331	12366	58678	44947	05855	56941
10	85475	36857	53342	53988	53060	59533	38567	62300	08158	17983	16439	11458	18593	64952
11	28918	69578	88231	33276	70997	79936	56865	05859	90106	31595	01347	85590	91610	78188
12	63553	40961	48235	05427	49626	69445	18663	72695	52180	20847	12234	90511	33703	90322
13	09429	93969	52636	92737	8974	33488	36320	17617	30015	08272	84115	27156	30613	74952
14	10365	61129	87529	85689	48237	52367	67689	93394	01511	26358	85104	20285	29975	89868
15	07119	97336	71048	08178	77233	13916	47364	81036	97735	85977	29372	74461	28551	90707
16	51085	12765	51821	51259	77452	16308	60756	92144	49442	53900	70960	63990	73601	40719
17	02368	21382	52404	60268	89368	19885	55322	44819	01188	65255	64835	44919	05944	55157
18	01011	54092	33362	94904	31273	04146	18594	29852	71585	85030	51132	01915	92747	64951
19	52162	53916	46369	58586	23216	14513	83149	98736	23495	64550	94738	17752	33156	35749
20	07056	97628	33787	09938	42698	06691	76988	13602	51851	46104	88916	19509	23625	58104
21	48663	91245	85828	14346	09172	30168	90229	04734	59193	22178	30421	61666	99904	32812
22	54164	58492	22421	74103	47070	25306	76468	26384	58151	06646	21524	15227	96909	44592
23	32639	32363	05597	24200	13363	38005	94342	28728	35806	06912	17012	64161	18296	22851
24	29334	27001	87637	87308	58731	00256	45834	15398	46557	41135	10367	07684	36188	18510
25	02488	33062	28834	07351	19731	92420	60952	61280	50001	67118	32386	86679	50720	94953

programación se efectúa mediante una junta semanal de los gerentes de ventas, producción y compras. En estas juntas se determina el orden en que deben procesarse los pedidos de los clientes. Generalmente acontece que a los pedidos de mayor volumen se les asigna mayor prioridad, aunque son los de menores márgenes de utilidad por pieza producida. La empresa no se encuentra satisfecha con este procedimiento ya que recibe frecuentes quejas de clientes menores y de clientes ocasionales ya que no se les cumplen sus fechas de entrega.

En estas circunstancias es deseable desarrollar un sistema que haga objetivos los criterios que se utilizarán en dar prioridad a los pedidos.

Con base en entrevistas con los altos funcionarios, se determinaron los siguientes factores a considerar en el sistema: solvencia del cliente, condiciones de crédito solicitadas, porcentaje de capacidad de máquina que requerirá la orden, porcentaje de utilidad bruta que generará y tipo de cliente (nuevo o antiguo).

Se requirió, además, un estudio estadístico de los pedidos recibidos durante el año anterior a fin de determinar las características de cada orden y su frecuencia. Por ejemplo, cuántos pedidos resultaron de clientes insolventes, cuántos de clientes de solvencia normal y cuántos de clientes morosos. En la misma forma se analizaron las demás características a considerar arriba indicadas.

c) Modelo desarrollado. El pedido representa la entidad que fluye en el sistema (en este caso la empresa), cada pedido se define por los siguientes atributos: atributo 1), hora en que el pedido se recibirá en la empresa; atributo 2), describe dónde se encuentra el pedido en el sistema. Tiene el valor de cero si el pedido se encuentra aguardando en línea, o bien de 1) si la orden se encuentra en proceso. Atributo 3), indica la solvencia del cliente y recibe cualquiera de los siguientes valores: 0 si el cliente es moroso y de acuerdo con el análisis estadístico de los pedidos existe un 0.05 de probabilidad de que efectivamente sea moroso; 15 puntos si su solvencia es normal (con una probabilidad del 0.60 de que acontezca); 45 puntos si el crédito del cliente es excelente (probabilidad de 0.35). Nótese que las probabilidades suman uno. Condiciones de crédito requeridas por el pedido.

<i>Valores que pueda adquirir este atributo</i>	<i>Condiciones solicitadas</i>	<i>Probabilidad</i>
0	90 días o más	.10
10	60 a 89 días	.10
40	30 a 59 días	.20
70	15 a 29 días	.30
80	1 a 14 días	.30

Atributo 5), porcentaje de capacidad de máquina que requerirá el pedido.

TABLE 11-1. CALENDARIO. ATRIBUTOS

Pedido Núm.	(1)	(2)	(3) Núme- ro al azar	(4) Núme- ro al azar	Valor	(5) Núme- ro al azar	Valor	(6) Núme- ro al azar	Valor	(7) Núme- ro al azar	Valor	(8) Valor
1	1.8h	0	20	92	15	28	80	99	60	96	0	185
2	2.2	0	34	31	15	66	40	01	10	44	0	95
3	2.3	0	45	34	15	36	40	37	10	46	0	95
4	2.7	0	70	88	45	84	80	70	20	09	30	225
5	3.0	0	65	78	45	51	80	18	10	64	0	165
6	3.1	0	54	92	15	45	80	54	20	33	0	145
7	3.6	0	67	59	45	57	70	81	30	79	0	175
8	3.85	0	51	13	15	16	10	34	10	21	0	45
9	4.05	0	49	14	15	41	10	52	20	47	0	75
10	6.65	0	88	79	45	24	80	94	30	12	0	185
11	8.85	0	96	91	45	18	80	50	20	92	0	155
12	9.25	0	25	56	15	74	70	99	60	04	30	205
13	10.50	0	80	07	45	95	0	40	10	54	0	125
14	11.40	0	26	59	15	88	70	54	20	57	0	155
15	13.70	0	83	05	45	56	0	83	30	74	0	105
16	14.65	0	58	14	15	11	10	05	10	91	0	45
17	15.75	0	56	86	15	61	70	13	10	30	0	125

<i>Valores que pueda adquirir</i>	<i>Capacidad requerida</i>	<i>Probabilidad</i>
10	1 a 10 por ciento	.20
30	11 a 50 por ciento	.60
70	51 a 80 por ciento	.15
50	81 a 100 por ciento	.05

Atributo 6), porcentaje de utilidad bruta estimada que generará el pedido.

<i>Valores que pueda adquirir</i>	<i>Utilidad bruta</i>	<i>Probabilidad</i>
10	20 al 25 %	.50
20	26 al 28 %	.25
30	29 al 31 %	.20
60	más del 31 %	.05

Atributo 7), tipo de cliente:

<i>Puntos</i>	<i>Probabilidad</i>
30 si se trata de un cliente nuevo	.10
0 si es cliente antiguo	.90

Atributo 8), total de puntos del pedido. Se obtiene sumando el valor de los atributos 3 a 7).

La simulación requiere que se defina el evento de recepción de pedidos. Los pedidos llegan al azar de acuerdo con una distribución exponencial, con un espacio de tiempo entre cada recepción igual a uno. La suposición básica de esta distribución estadística consiste en que los eventos son independientes.

A fin de formular el calendario de eventos y de determinar la prioridad de cada orden, se utiliza una tabla de números al azar y una distribución exponencial cumulativa.

El calendario que muestra una simulación de 17 pedidos se indica en la tabla 11-1.

La hilera correspondiente al pedido Núm. 1 en el calendario muestra los valores que toman los 8 atributos del pedido. Así, el atributo (1) tiene un valor de 1.8 horas lo cual indica que el pedido se recibirá 1.8 horas después de haberse iniciado el período que se simula. El atributo (2) tiene un valor de 0 ya que ningún pedido ha empezado a ser procesado. Los atributos (3) a (7) representan las características que se están conside-

rando en el sistema de prioridad. Así, el atributo (3) muestra dos valores, el número al azar 20 y los puntos 15. Los puntos se obtuvieron mediante el procedimiento Montecarlo. Como se recordará, el atributo (3) podía adquirir cualquiera de los siguientes valores: 0, 15, 45 con probabilidad .05, .60 y .35 respectivamente. Como el número al azar fue 20, le corresponde un valor de 15, ya que se encuentra en el rango de 5 a 64. En otras palabras, para números al azar comprendidos entre 0 y 4, el valor del atributo será 0; para números al azar comprendidos entre 5 y 64 el valor asignado será de 15 y para números al azar comprendidos entre 65 y 99 el valor asignado será de 45. En forma similar, se determina el valor del atributo (4). El número al azar es 92; implica que las condiciones de crédito requeridas por el cliente son de 1 a 14 días para efectuar el pago, por lo que le corresponde un valor de 80 puntos ya que se encuentra en el rango de probabilidad acumulativa de .69 a .99.

En esta forma se determina el valor de cada atributo a partir del número al azar y de la distribución de probabilidad de dicho atributo. El valor del atributo (8) no es más que la suma de los valores de los atributos (3) a (7) e indica la puntuación total del pedido. Como es lógico suponer, los pedidos con mayor puntuación recibirán mayor prioridad.

De la tabla 11-1 se desprende la siguiente prioridad:

<i>Pedido Núm.</i>	<i>Total de puntos</i>	<i>Prioridad</i>
4	225	1
12	205	2
1	185	3
10	185	4
7	175	5
5	165	6
11	155	7
14	155	8
6	145	9
13	125	10
17	125	11
15	105	12
2	95	13
3	95	14
9	75	15
8	45	16
16	45	17

Nótese que algunos pedidos coinciden en un total de puntos. En este caso es indistinto el procesar primero uno u otro.

El sistema de prioridades puede ampliarse si se consideran tiempos de procesamiento de cada pedido. De ser así, se podrán obtener estadísticas

acerca de cuánto tiempo hubo de esperar cada pedido antes de ser procesado y el tiempo ocioso de las máquinas.

Como resultado de la simulación, la gerencia puede establecer reglas de decisión adicionales, por ejemplo, rechazar los pedidos que no llegan a 50 puntos, aumentar la puntuación a los pedidos que han esperado un número determinado de horas a fin de acelerar su procesamiento, establecer programas de mantenimiento en los tiempos muertos de la máquina, etc.

Bibliografía de consulta para el alumno

1. *Dirección de operaciones, problemas y modelos*. E. S. Buffa. Editorial Limusa México, 1973.
2. *Planeación y control de la producción*. Robert H. Bock y William K. Holstein. Editorial Limusa México, 1966.
3. *Administración y dirección técnica de la producción*. E. S. Buffa. Editorial Limusa México, 1972.

Referencias bibliográficas

2. Edward H. Borman y Robert B. Fetter. *Analysis for Production and Operations Management*. Richard Irwin, 1967.
3. Tomado de: Frank L. Wolf. *Elements of Probability and Statistics*. McGraw-Hill Book Co. Inc., 1962.



