Gestión de la Producción y Operaciones

Naim Caba Villalobos
Oswaldo Chamorro Altahona
Tomás José Fontalvo Herrera

Gestión de la producción y Operaciones

Naim Caba Villalobos
Oswaldo Chamorro Altahona
Tomás José Fontalvo Herrera

Gestión de la producción y Operaciones

Naim Caba Villalobos
Oswaldo Chamorro Altahona
Tomás José Fontalvo Herrera

Tabla de Contenido

Capítulo 1

Sistema de Planeación y Control de la Producción

y las Operaciones _____ 1

1.1 ¿Qué es la Producción y la Administración de Operaciones? _____ 3

1.2 Historia Evolutiva de la Administración de Operaciones _____ 5

1.3 Enfoque Sistémico de la Administración de Operaciones. _____ 12

1.4 Tipos de Transformación / Procedimientos. _____ 14

1.5 Las decisiones en operaciones y tipos de decisiones _____ 16

1.6 Factores determinantes en diseño o diagnóstico de un Sistema Productivo – Operativo _____ 20

1.7 Funciones del Sistema Productivo – Operativo. _____ 23

1.8 El Ciclo Productivo-Operativo. _____ 27

1.9 Organización de las Operaciones _____ 28

Capítulo 2

Desarrollo y Diseño del Producto _____ **30**

2.1 Marco de Desarrollo _____ 31

2.2 El ciclo de vida de los productos. Importancia de las decisiones en ciclo de vida de los productos. _____ 33

2.3 Estrategias para la introducción de nuevos productos _____ 36

2.4 El proceso de desarrollo de nuevos productos _____ 38

2.5 Características Técnicas del Producto _____ 43

2.6 Análisis del Valor _____ 46

2.7 Análisis económico del producto _____ 52

2.7.1 Análisis del Punto de Equilibrio lineal _____ 53

2.7.2 Problemas de aplicación del Punto de Equilibrio _____ 55

2.7.3 Análisis del Punto de Equilibrio de productos Múltiples.

Concepto de equivalencia. 60
2.7.4. Ejercicios de aplicación diagrama Beneficio/Volumen Multiproducto 65
2.7.5 Análisis económico de un nuevo producto 66
2.7.6 Ejercicios de aplicación análisis económico de un nuevo producto 69

Capítulo 3

Planeación y Diseño de Procesos 72

3.1 Factores principales que afectan las decisiones de diseño de los procesos. 74
3.2 Tipos de diseños de procesos. 78
3.3 Organización y tecnología de procesos 80
3.4 diseño de procesos en empresas de servicio. 82

Capítulo 4

Pronóstico y estimación de ventas 86

4.1 ¿Qué es pronosticar? 87
4.2 Horizontes de tiempo en los pronósticos 87
4.3 Enfoques para pronosticar 88
4.4 Repaso de los métodos cualitativos 89
4.4.1. Jurado de opinión ejecutiva o consenso del comité ejecutivo 89
4.4.2. Método DELPHIS 89
4.4.3. Estructura de la fuerza de ventas 90
4.4.4. Encuesta a los clientes 91
4.5 Repaso de los métodos cuantitativos 92
4.5.1 Pasos para determinar un sistema de pronóstico 92
4.5.2 Pronósticos de series de tiempo 93
4.5.3 Descomposición de una serie de tiempo 93
4.5.4 Pronósticos de serie de Tiempo 95
4.5.4.1 Promedio Simplista 95
4.5.4. 2 Promedios Móviles 96

4.5.4.3 Promedios móviles ponderados 97
4.5.4.4 Suavización Exponencial 100
4.5.5.5 Proyecciones con tendencia. 104
4.5.5 Método de pronóstico causal- análisis de regresión 113
4.5.6 Ejercicios de repaso y pronósticos de estimación de ventas 116

Capítulo 5

Planeación 126

5.1 Significado de Planeación 127
5.2 Objetivos de la Planeación 127
5.3 Jerarquía de la Planeación 127
5.3.1 Planeación a corto plazo 128
5.3.2 Planeación a mediano plazo 128
5.3.3 Planeación a largo plazo: 128
5.4 Planeación Agregada 129
5.4.1 Información necesaria 131
5.4.2 Resultados de la Planeación Agregada 131
5.4.3 Métodos gráficos o prueba y error 131
5.4.4 Estrategias básicas y puras de la Planeación Agregada 136
5.4.5 Método de Transporte de Programación Lineal 147
5.4.6 Aplicación de la planeación Agregada. Ejercicios Propuestos 150
5.5 PMP- Programación Maestra de Producción 158
5.5.1 Disgregación 158
5.5.2 Objetivos del PMP 159
5.5.3 Funciones del PMP 159
5.5.4 Lineamientos de la Programación Maestra de Producción 160
5.5.5 Horizontes del PMP 160
5.5.6 Método de Programación Maestra 161
5.5.7 Aplicaciones del PMP 163
5.6 PRM-Planeación de Requerimiento de Materiales 166
5.6.1 Objetivos del PRM 166
5.6.2 Terminología 166
5.6.3 Entradas y salidas del PRM 168
5.6.5 Lógica del PRM 172

5.6.6 Aplicaciones del PRM. 178

5.7 Planeación de Requerimiento de Capacidad 183
5.7.1 Análisis de capacidad 183
5.7.2 Definiciones y modelos matemáticos 185
5.7.3 Diseño y capacidad del sistema 189
5.7.4 Entradas y Salidas del PRC 194
5.7.5 Actividades de PRC: Cargas infinitas y finitas 197
5.7.6 Un ejemplo de aplicación del PRC y otros ejercicios de aplicación para cargas infinitas y finitas 198

Capítulo 6

Programación y Control de las Actividades de Producción 201

6.1 Prioridad y Control de la Capacidad 202

6.2 Objetivos del CAP y Datos Requeridos 205

6.3 Estrategias y Lineamientos de Programación 207

6.4 Programación hacia adelante vs Programación hacia atrás. 210

6.5 Cartas y Gráficas de Programación 211

6.6 Reglas de Decisión de Prioridad 212
6.6.1 Reglas de prioridad: n trabajos, un centro de trabajo 212
6.6.2 Regla de Johnson, n Trabajos, dos centros de trabajo 216
6.6.3 Regla de Johnson: n Trabajos, tres centros de trabajo 218
6.6.4 Regla prioridad Dinámica: la razón crítica (RC). 219
6.6.5 Herramienta de propósito general aplicada a la Programación – El Método de Asignación 221

6.7. Aplicación para la programación y control de las actividades de producción 225

Bibliografía 231

Prólogo

Este libro tiene como propósito preparar a los estudiantes a enfrentar con éxito los desafíos que exigen el manejo de las operaciones en empresas manufactureras y de servicios, capacitándolos a conducir y administrar actividades de diseño, planificación y control.

El texto está dirigido a los niveles medio y superiores para los programas de Administración de Empresas, Ingeniería Industrial y profesiones afines.

Abarca tres importantes temas como son la planificación de la producción, la programación y el control. Los seis capítulos de que consta el libro, se pueden estudiar en un semestre, suponiendo que se satisfacen los requisitos mínimos.

Cada capítulo del libro cuenta con ejemplos ilustrativos y plantea problemas que el estudiante debe estar en capacidad de resolver utilizando la exposición teórica, para que así valore los conceptos expresados y vea su aplicación inmediata.

En este libro se hace uso del análisis cuantitativo y cualitativo; cuantitativo, porque muchas de sus herramientas y técnicas disponible son cuantitativas y deben considerarse así; y cualitativo, porque los administradores eficaces toman los resultado de los análisis cuantitativos como punto de partida para la toma de decisiones y no como un sustituto.

Capítulo 1

Sistema de Planeación y Control de la Producción y las Operaciones

El término Administración de Operaciones está relacionado directamente con la producción de bienes y servicios.

En la mayor parte de los casos el origen o razón de ser de cualquier bien o servicio surge por las necesidades del hombre. Para producir esos bienes o prestar los servicios se requiere de una inversión de capital para adquirir los insumos, maquinarias, tecnología y la parte más importante que es el talento humano. De esta manera se conforman las empresas, dentro de la sociedad comunitaria, para satisfacer las necesidades.

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente podemos establecer cuatro objetivos básicos de la Administración de Operaciones:

1. Servir y satisfacer las necesidades del cliente (externo)
2. Dar bienestar a los empleados(cliente interno)
3. Producir rendimiento a los inversionistas de la empresa
4. Cumplir su responsabilidad ante la comunidad.

Numerosos enfoques han sido desarrollados para explicar la función de los administradores de operaciones. Los tres más predominantes son:

1. *Enfoque funcional* es el enfoque tradicional o clásico y está fundamentado en que los administradores planean, organizan, dirigen y controlan las actividades de una organización.
2. *Enfoque conductista* que está fundamentado en las relaciones humanas, da importancia a las relaciones interpersonales y del comportamiento de la organización. Bajo este esquema o enfoque, los administradores trabajan a

través de otras personas para dirigir las actividades de una organización.

3. *Enfoque de toma de decisiones*, conocido también cono *enfoque de sistemas,* está fundamentado en el uso de datos y técnicas cuantitativas para la adopción de decisiones que faciliten el logro de los objetivos. Los administradores de operaciones son principalmente tomadores de decisiones dentro de un sistema de producción o de operación.

Muchos tratadistas de la materia sostienen que la Administración de Operaciones requiere Misión y Estrategia. Para lo cual la misión de una organización se define como su propósito, aquello que contribuirá a la sociedad. Este propósito es la razón de ser de las organizaciones, esa es, su misión. Una misión se debe establecer a la luz de amenazas y oportunidades en el entorno, y en las fuerzas y debilidades al interior de la organización. La misión es el concepto sobre el que la empresa sobrevive y establece la razón de existencia de la organización. El desarrollo de una buena estrategia es complejo, pero es sencilla si la misión ha sido bien definida.

1.1 ¿Qué es la Producción y la Administración de Operaciones?

El Concepto de Producción:
La producción consiste en una secuencia de operaciones que transforman los materiales haciendo que pasen de una forma dada a otra que se desea obtener.

También se entiende por producción la adición de valor a un bien o servicio, por efectos de una transformación. Producir es extraer,

modificar los bienes con el objeto de volverlos aptos para satisfacer las necesidades.

Pueden citarse como ejemplos de producción: la explotación de un pozo petrolero, el ensamble de un automóvil, etc.

El Concepto de Administración de Operaciones:

Muchas y variadas son las definiciones de la administración de operaciones; sin embargo, una forma sencilla de hacerlo es definirla como el arte de combinar los recursos de una organización para elaborar productos o prestar servicios. Considerando el concepto ampliamente, la administración de operaciones está relacionada con la producción de bienes y servicios. Diariamente tenemos contacto con una gama de bienes y servicios, los cuales se producen bajo la supervisión de administradores de operaciones.

A nivel superficial parece que las operaciones de servicios tienen poco que ver con la manufactura, sin embargo, una característica de estas operaciones es que ambas se pueden considerar como procesos de transformación.

En la manufactura los insumos de materia prima, energía, mano de obra y capital, se transforman en productos terminados. En las operaciones de servicio los mismos insumos se transforman en productos de servicio.

El manejar los procesos de transformación de manera eficiente y efectiva es la tarea del gerente de operaciones.

Podemos decir, sin equivocarnos que:

- Los administradores de operaciones son los responsables por la producción de bienes y servicios en las organizaciones.
- Los administradores de operaciones toman decisiones en la función de operaciones y los sistemas de transformación que se utilizan.

Con base en las anteriores premisas podemos definir que: "*La administración de operaciones es el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones.*"

1.2 Historia Evolutiva de la Administración de Operaciones

Podríamos afirmar que la Administración de Operaciones ha existido desde que el hombre ha producido sus bienes y servicios para satisfacer sus necesidades. Aunque el origen de las operaciones puede buscarse en las civilizaciones antiguas y primarias, la mayor parte de esta historia evolutiva se refiere prácticamente a los últimos 250 años.

La historia se presenta de acuerdo con las contribuciones más importantes o impulsos primordiales y no en términos estrictamente cronológico. Con esta base, existen diversas áreas importantes que han contribuido al desarrollo evolutivo de la administración de la producción y de las operaciones.

- La Revolución Industrial.

En el siglo XVIII en Inglaterra ocurrió un desarrollo llamado Revolución Industrial. Este avance comprendió dos aspectos principales: la sustitución generalizada de la fuerza humana, animal e hidráulica por máquinas; eso origina el segundo aspecto como fue el establecimiento del sistema de fábrica. La máquina a vapor inventada por James Watt en

1764, proporcionó la potencia mecánica necesaria para las fábricas de ese entonces, de igual manera con este invento se dieron otros hechos paralelos como la concentración de trabajadores en fábricas, creándose la necesidad de organizarlos en la forma mas lógica y adecuada para la realización de cada tarea.

La Revolución Industrial se difundió en Inglaterra y a otras naciones europeas y a los Estados Unidos. Esta se aceleró más a finales del siglo XVIII con el desarrollo del motor a gasolina y el eléctrico. Fue así, como al inicio de este siglo cuando se comenzaron a desarrollar con propiedad los conceptos de producción en masa, aunque su auge solo se dio hasta la Primera Guerra Mundial, cuando la industria en Norteamérica se vio sometida a las fuertes demandas de producción. La era de la mercadotecnia de masas dio énfasis a la automatización y la producción en grandes volúmenes.

- *División del trabajo*

Con la publicación en 1776 de la obra *La Riqueza de la Naciones* por Adam Smith, en donde coloca en un sitial de importancia la División del trabajo, también conocida como la especialización de las tareas, que consistió básicamente en la división de la elaboración de los productos en pequeñas tareas especializadas asignadas a los trabajadores a través de las líneas de producción. Smith hizo notar que la especialización del trabajador incrementa la producción en tres factores: 1) Incremento de la destreza del trabajador; 2) Evita el tiempo perdido debido al cambio de trabajo; 3) Invención de máquinas y herramientas de acuerdo a las necesidades y especialización del hombre.

Después Charles Babbage extendió esas ideas en una fábrica de alfileres. Hizo notar que las escalas de salarios debían establecerse en función de la especialización, de las habilidades necesarias para cada operación, del grado de dificultad de ejecución y de la escasez de mano de obra (1832).

- *La Estandarización de partes intercambiables*

Eli Whitney un inventor estadounidense en 1.790 desarrolló el principio de de partes intercambiables en la producción de rifles para el gobierno de los Estados Unidos. Antes de su tiempo, las partes de los mosquetes e incluso las municiones, se adaptaban de a cada mosquete individual. En 1913 Henry Ford, combinó las enseñanzas Taylor con los conceptos de Especialización del trabajo y partes intercambiables para diseñar la primera línea de montaje móvil: así la productividad directa del trabajo aumentó vertiginosamente lográndose tasas de producción no obtenidas con anterioridad. La idea de partes intercambiales es hoy muy común en nuestros días y casi no detallamos su importancia.

- *Administración científica*

Un pequeño grupo de ingenieros, hombres de negocio, asesores, educadores e investigadores desarrollaron los métodos y pensamientos llamados como la administración científica.

En 1911 los estudios realizados por Frederick Taylor sobre los métodos de trabajo y sus puntos de vista acerca de los papeles y la responsabilidad de trabajadores y administradores revolucionaron la Administración de Operaciones. Muchas de sus ideas y técnicas todavía se ponen en práctica.

Esta escuela del pensamiento busca descubrir el mejor método para trabajar utilizando el siguiente enfoque científico: 1) observación de los métodos de trabajo actuales; 2) desarrollo de un método mejorado a través de la medición y el análisis científico; 3) capacitación de los trabajadores en el nuevo método; 4) retroalimentación constante y administración del proceso de trabajo. Las teorías y técnicas empleadas por Taylor las refinaron Frank y Lilian Gilbreth durante la primera década del pasado siglo. Este método ha recibido ataques de los sindicatos, trabajadores y académicos. Sin embargo estos principios, ideas y técnicas todavía se ponen en práctica si se considera la interacción entre los ambientes de trabajo social y técnico.

- *Movimiento de las relaciones humanas*.

A pesar de los esfuerzos continuos de científicos y administradores para mejorar su capacidad de diseñar productos y cargos, las diferencias entre las teorías y la producción real del trabajo permanecían muy distantes. En la década de los años veinte y treinta Elton Mayo y F.J. Roethlisberger llevaron a cabo una serie de estudios en una planta de la Western Electric en Howthorne. Los resultados mostraron que los factores sicológicos eran tan importantes para determinar el ritmo de desempeño del trabajo como el diseño científico del cargo, donde se realizaron los estudios de Howthorne. En estos estudios se indicó que la motivación de los trabajadores, junto con el ambiente de trabajo físico y técnico, forma un elemento crucial para mejorar la productividad. Con esto se moderó la escuela de la administración científica. La escuela del pensamiento de las relaciones humanas también ha enriquecido al trabajo, considerado como el método que tiene un gran potencial para "humanizar el lugar de trabajo" así como para incrementar la productividad.

- *Desarrollo de los modelos de toma de decisiones*:

Las dos guerras mundiales dejaron nuevas tecnologías, productos y mercados. Ante el aumento del tamaño y la complejidad de las fábricas fue necesario introducir instrumentos sofisticados de toma de decisiones. Así nació un nuevo campo, la Investigación de Operaciones en la que se utilizan los modelos de toma de decisiones para representar un sistema productivo en términos matemáticos. Un modelo de toma de decisiones se expresa en términos de medidas del desempeño, limitantes y variables de decisión. Su propósito es encontrar los valores óptimos o satisfactorios para las variables de decisión que puedan mejorar el desempeño del sistema dentro de las restricciones aplicables. Estos modelos pueden ayudar a guiar la toma de decisiones de la gerencia. Un primer uso de este enfoque fue en el modelo del lote económico para la administración de inventarios, desarrollado en 1915 por Ford W. Harris. En 1931, Walter Shewhart desarrolló el modelo de decisión cuantitativa para utilizarse en los trabajos de control estadístico de calidad. En 1947, George Dantzig introdujo la programación lineal, instrumento de administración para asignar recursos. Uno de estos de modelos de Dantzig, fue el método Simplex.

Por otro lado, la necesidad de incrementar la productividad condujo a establecer un nuevo campo, la ergonomía o ingeniería de factores humanos, la cual destaca la necesidad de diseñar equipos que concuerden con las necesidades y la capacidad del usuario.

- *Impacto del Computador*

La década de los años cincuenta fue testigo del desarrollo del computador (ya Babbage lo había descrito por primera vez cien años

antes) y fue el comienzo de la era tecnológica en la información. Poco después de la invención del computador digital, Shockley descubrió el transistor, lo que permitió procesar datos e información con menores costos.

El grandioso incremento de la capacidad de procesar datos contribuyó al desarrollo de instrumentos y técnicas como la Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP) y el Método de la Ruta Critica (CPM). El uso de las computadoras cambió dramáticamente el campo de la administración de operaciones desde que entraron a las empresas en la década de los cincuenta. La mayoría de las operaciones en manufactura emplean computadoras para la administración de inventarios, programación de producción, control de calidad, manufactura ayudada por computadora, sistemas de costo y otras aplicaciones.

- *La era de producción flexible*

Contrario a lo ocurrido en Estados Unidos, el ambiente competitivo, social y económico de Japón y otros países europeos después de la Segunda Guerra Mundial no era del todo propicio adoptar la producción en serie. En su lugar, los japoneses desarrollaron una alternativa que implicaba utilizar equipos de varios trabajadores calificados y provistos de herramientas automáticas flexibles para fabricar pequeños volúmenes de gran variedad de productos.

El mejoramiento continuo de los productos y los procesos garantizaba una calidad y precios razonables.

En respuesta al éxito de los japoneses, las empresas de Estados Unidos alejaron su enfoque de la producción en serie.

La técnica de utilizar equipos impulsados por Software permite que los procesos de producción sean más flexibles comparados con los épocas anteriores.

Por otro lado, es muy importante considerar el aporte de la reingeniería de procesos, la cual está basada en el replanteo y cambio de modo radical la manera de organizar los procesos de negocios, y conduce a lograr mejoramientos sustanciales en la productividad. Cuando se aplica la reingeniería de procesos, los procesos de negocios se diseñan desde el principio, se moderniza el proceso, se eliminan actividades que no agregan valor, cada trabajador desempeña una gran cantidad de tareas y las áreas funcionales trabajan más unidas entre sí.

Otro desarrollo significativo en la Administración de la Producción y las Operaciones es la creciente importancia del sector servicio. De hecho las empresas también desarrollan herramientas y conceptos específicos para el sector de servicios.

El conocimiento es hoy por hoy el principal insumo en el proceso de transformación de las empresas, tanto del sector servicio como el de manufactura. Hoy tenemos los llamados SIM –Sistemas Inteligentes de Manufactura, que pueden emplearse de manera de rutinaria para recolectar, almacenar y difundir el conocimiento. Un SIM es una combinación de tecnologías de información, sistemas de datos/información distribuidos estadísticamente y personas que toman decisiones. El segmento computarizado puede manejar el proceso de

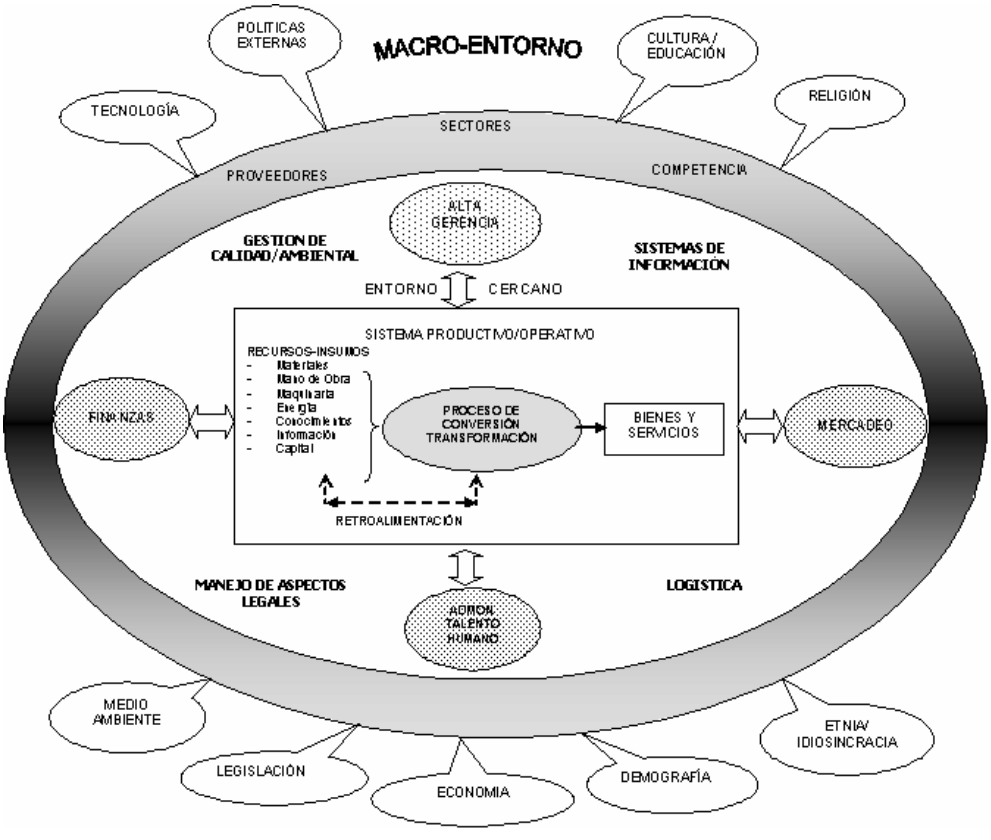
transformación dentro de los límites predeterminados; cuando se sobrepasan dichos limites, interviene el elemento humano en la toma de decisiones.

La Administración de la Producción y las Operaciones se ha transformado y continúa haciéndolo. Convirtiéndose la producción y las operaciones en una de las áreas más interesantes de una empresa.

1.3 Enfoque Sistémico de la Administración de Operaciones.

La manufactura puede ser considerada mediante el enfoque sistémico tal como se puede observar en la Figura 1-1. En las entradas se tienen recursos tales como materiales, energía, máquinas, instalaciones, capital, conocimiento e información y por supuesto el hombre que representa la mano de obra. Así mismo las salidas del sistema son un conjunto de bienes físicos y servicios.

Figura 1-1



Como entrada al sistema se encuentran los recursos (insumos) que a través del proceso de transformación y la tecnología se convierten en bienes y/o servicios. Si se cambia la tecnología se altera la manera como se utiliza un insumo con relación a otro y también pueden cambiar, los productos resultantes.

La figura muestra también la función de control que se utiliza para retroalimentar y controlar la tecnología e insumos del proceso.
Los sistemas de transformación se encuentran en interacción constante con su medio ambiente. Existen dos tipos de ambiente que se deben considerar. Primero, las demás funciones empresariales y la dirección, que se encuentran dentro de la empresa pero fuera de las operaciones, podrían cambiar las políticas, recursos, pronósticos, suposiciones, objetivos o limitantes. Como resultado, el sistema de transformación debe adaptarse para que se ajuste al nuevo ambiente interno. Segundo, el ambiente fuera de la empresa podría cambiar en términos de condiciones legales, políticas, sociales o económicas, ocasionando así el cambio correspondiente en los insumos, productos o sistemas de transformación de las operaciones. El cambio constante en el ambiente de las operaciones parece ser la regla más que la excepción.

La Administración de operaciones implica un monitoreo continuo del sistema y su medio ambiente. El papel del gerente de operaciones es la supervisión constante del sistema de transformación y su medio ambiente para poder planear, controlar y mejorar el sistema.

1.4 Tipos de Transformación / Procedimientos.

Dado él número y la diversidad de los procedimientos industriales y de servicio, sólo pueden establecerse clasificaciones generales. Dichas clasificaciones pueden hacerse según el grado de intervención del agente humano, la continuidad del proceso de producción o la naturaleza del procedimiento.

En la clasificación según el grado de intervención del elemento humano se pueden observar tres categorías de procedimientos:

a) **Manual:** las operaciones son totalmente ejecutadas manualmente por personas.
b) **Mecánica o semiautomática**: las operaciones son compartidas y desarrolladas entre personas y máquinas.
c) **Automática**: la participación del elemento humano se limita a la supervisión, el empleo de las máquinas de control numérico - CN es un ejemplo de procedimiento automático. Estas máquinas son controladas por computadoras.

En la clasificación según **la continuidad del proceso de producción se** distinguen tres categorías de procedimientos:

a) **Continua:** el proceso no se interrumpe a lo largo del año; si dan interrupciones, estas serán por reparaciones o para mantenimiento mayor. Ejemplo: refinación de petróleo, fábricas de fundiciones y aleaciones, tratamientos de aguas en acueductos, etc.
b) **En serie:** el procedimiento se utiliza para la producción en masa a intervalos de tiempo irregulares. Ejemplo: fabricación de productos alimenticios, de automóviles, de electrodomésticos, etc.

c) **Intermitente:** el procedimiento se utiliza para cantidades limitadas e intervalos de tiempo regulares. Ejemplo: producción por pedido en talleres, industria de la aeronáutica, industria de la construcción, etc.

En la clasificación según la naturaleza del procedimiento se distinguen dos grandes categorías: industriales y de servicio.

Procedimientos Industriales:

a) **Integración:** se trata de integrar o mezclar varios componentes para la obtención de un producto nuevo. Ejemplo: cocinar mezclando los ingredientes, mezclar cemento y obtener concreto, ensamble de automóviles, etc.
b) **Desintegración:** En este caso se trata de fraccionar el insumo en varios productos. Ejemplo: refinación de petróleo, tratamiento y filtración y tratamiento de aguas, corte y aserrado de un tronco de árbol, etc.
c) **Modificación:** Se distinguen dos tipos de modificación: en el primero ningún cambio evidente se percibe en el objeto, pero ciertas operaciones si modifican algún detalle de él, como se da en la reparación del motor de un automóvil; en el otro tipo, la modificación se traduce en un cambio en la forma que no altera la naturaleza del objeto.

Procedimientos de servicio: el número y la diversidad de los procedimientos de servicio son infinitos y se caracterizan primordialmente porque no pueden ser inventariados, ya que estos procedimientos varían según la necesidad, el tipo de organización, sus objetivos y la misma formación de los administradores. Por ejemplo, el tratamiento de un enfermo varía según la enfermedad; los procedimientos contables varían según el tipo de organización y los informes deseados. Sin embargo, se

pueden agrupar en tres categorías: procedimientos de integración, de modificación y de análisis y síntesis.

1.5 Las decisiones en operaciones y tipos de decisiones

Como la Administración de operaciones se relaciona con la toma de decisiones para los sistemas de transformación y la función de operaciones, es necesaria una estructura que establezca categorías y defina las decisiones en operaciones. Podrían darse varias, pero la estructura primaria más utilizada es de tipo funcional para agrupar las decisiones. Con esta estructura se agrupan en conjunto las áreas con responsabilidades de decisión similares, tales como las relacionadas con las instalaciones o los inventarios.

La estructura de decisiones se conforma de manera bastante similar a la asignación de responsabilidades gerenciales dentro de una organización de operaciones. Se puede proponer una estructura teórica con áreas de toma de decisiones, respecto a las operaciones que sea capaz de clasificarlas de acuerdo con su función o su propósito. En la estructura propuesta, las operaciones tienen la responsabilidad de cinco importantes áreas de decisión: proceso, capacidad, inventario, fuerza de trabajo y calidad. Estas áreas de decisiones se encuentran en la mayoría de las operaciones, si es que no en todas.

Estas decisiones en general muestran el ordenamiento en el tiempo que se dan y son coherentes a los lineamientos del negocio dados en las políticas corporativas. Así mismo algunas se dan y otras no dependiendo del cumplimiento o no de la misión –visión.

Decisiones a largo plazo:

Se debe decidir sobre qué nuevos productos se desarrollarán por cuanto su investigación exige grandes esfuerzos y recursos. De un excelente plan de penetración de mercados se desprenderán los planes del área de I&D. Las decisiones de esta categoría definen el proceso físico o instalación que se utiliza para producir el producto o servicio. Las decisiones se relacionan la definición el tipo de equipo y tecnología, el flujo del proceso, la distribución de planta así como todos los demás aspectos de las instalaciones físicas o de servicios. Por eso resulta necesario que el proceso físico se diseñe con relación a la posición estratégica de largo plazo de la empresa.

De otro lado, las decisiones sobre la capacidad se dirigen al suministro de la cantidad correcta de capacidad, en el lugar correcto y en el momento exacto. La capacidad a largo plazo la determina el tamaño de las instalaciones físicas que se construyen.

Las decisiones sobre inventarios en operaciones determinan lo que se debe ordenar, qué tanto pedir y cuando solicitarlo. Los sistemas de control de inventarios se utilizan para administrar los materiales desde su compra a través de los inventarios de materias primas, de productos en proceso y de productos terminados. Estas decisiones se dan a largo plazo siempre y cuando se tenga asegurada una demanda y dependiendo de que tan perecederos sean los productos. En este caso, los gerentes de inventarios deciden cuánto gastar en inventarios, dónde colocar los materiales y administrar el flujo de materiales dentro de la empresa.

La administración de gente es el área de decisión más importante en operaciones, debido a que nada se hace sin la gente que elabora el producto o proporciona el servicio. Las decisiones sobre fuerza de trabajo incluyen la selección, contratación, despido, capacitación, supervisión y compensación. Estas decisiones las toma el gerente de línea en operaciones, con frecuencia con la asistencia de la oficina de personal o de talento humano. Administrar la fuerza de trabajo de manera productiva y humana, es una tarea clave para la función de operaciones hoy en día. Estas decisiones se dan para largo plazo siempre y cuando la empresa maneje una estrategia de estabilidad del elemento humano preservando los principios de especialización y productividad conducentes a la calidad de sus productos.

La función de operaciones es casi siempre responsable de la calidad de los bienes y servicios producidos. La calidad es una importante responsabilidad de las operaciones que requiere el apoyo total de la organización. Las decisiones sobre calidad deben asegurar que la calidad se mantenga en el producto en todas las etapas de las operaciones: se deben establecer estándares, diseñar equipos, capacitar gente e inspeccionar el proceso y finalmente el producto o servicio para obtener un resultado de calidad.

Decisiones a mediano plazo

En lo que respecta a la manufactura y la parte operativa, esta área debe fijar sus planes de inversión en cuanto a la capacidad productiva y sus lineamientos a seguir tanto en cantidad y calidad de su fuerza laboral; estos planes al igual que los generados para compras globales deben cumplir los requerimientos económicos dados por las finanzas de la empresa.

Además se analizan bajo técnicas matemáticas que permitan los equilibrios entre esfuerzos y dinero de inversión en activos como lo son los inventarios. Estos planes de mediano plazo, también tendrán en cuenta los niveles de servicio a los clientes para entregar calidad y oportunidad a los menores costos posibles. De esto se concluye la interacción que debe existir entre producción/operaciones y las áreas restantes del sistema empresarial.

A nivel de la producción y las operaciones se darán decisiones a mediano plazo en la determinación de procesos que tengan una respuesta hacia demandas a mediano plazo (de un año a dos años), de igual manera, se pueden derivar decisiones de capacidad en este rango de tiempo, así por ejemplo, se podría ampliar la capacidad a mediano plazo arrendando equipos, aumentando turnos de trabajo, utilizando personal adicional, o subcontratando productos a la competencia.

En lo que respecta a las decisiones de inventario a mediano plazo, se podría subcontratar bodegas temporales, utilizar diversas fuentes de abastecimiento, eso si, atendiendo permanente y adecuadamente el flujo de producción.

Las decisiones de fuerza laboral a mediano plazo dependerán en cierta forma de las decisiones de capacidad que se tomen.

Así mismo, las decisiones de capacidad a mediano plazo están inmersas en cualquier decisión antes tomada.

Decisiones a corto plazo.

Más que actividades de planeación se deben asumir como tareas de programación; es decir, de naturaleza más específica y con mayor nivel de conocimiento (certidumbre); generalmente son periódicas y sus decisiones suelen soportarse por sistemas de apoyo.

Para la producción y las operaciones es importante elegir las actividades y ajustar los niveles de capacidad temporal a fin de satisfacer los requerimientos de los períodos productivos. En algunas oportunidades se corrigen las fechas comprometidas para los paros planeados de las instalaciones tales como los paros por mantenimiento preventivo y en otras se nivelan los turnos de acuerdo a la capacidad requerida.

También se analizan los programas de entrega de materiales por parte de los proveedores a fin de ajustar a las necesidades de producción, en este momento nuevamente se deben respetar los convenios y acuerdos dados en los planes a mediano plazo.

Todas estas decisiones se basan en distintas técnicas y dependiendo del grado de certidumbre y temporalidad de las mismas, tan solo a fin de mencionar algunas de ellas y las metodologías en que la gerencia se puede apoyar.

1.6 Factores determinantes en diseño o diagnóstico de un Sistema Productivo – Operativo

En el diseño o diagnóstico de un sistema productivo - operativo de una organización se deben tener en cuenta tres aspectos básicos.

1. El tipo de actividad económica

2. El tamaño de la empresa
3. El tipo de producción

Tipo de actividad económica:

Es conveniente ubicar la empresa en cuestión en el sector de la economía a que pertenece y a la vez en su respectivo subsector o ramo de especialización, esto con el fin de tomar el mejor modelo para tomar lo mejor de él.

Los tres sectores económicos en los cuales ubicar la empresa son:

- Primario: cuyas empresas desarrollan actividades o tienen relación directa con la explotación de los recursos naturales: agricultura, minería, ganadería, etc.
- Secundario: empresas que desarrollan actividades que utilizan recursos provenientes del sector primario, empresas manufactureras e industriales y sus distintos ramos.
- Terciario: empresas que desarrollan actividades que generan servicios: tales como la educación, el transporte, las comunicaciones, la recreación, la banca, hoteles entre otros.

Tamaño de la empresa:

Es conveniente conocer la magnitud o tamaño de la empresa a diseñar o diagnosticar, el cual está orientado al tamaño en número de integrantes u operadores en el área productiva o de servicio.

Una guía para clasificar en tamaño las empresas podría adoptarse la clasificación según se da en la Ley MIPYME 901 del 2.004

- Microempresa hasta 10 empleados, 500 S.M.L.V. en activos totales.

- Pequeña Empresa de 11 hasta 50 empleados, 501 a 5.000 S.M.L.V. en activos totales.
- Mediana Empresa de 51 hasta 200 empleados, 5.001 a 30.000 S.M.L.V en activos totales.
- Gran Empresa más de 200 empleados, más de 30.000 S.M.L.V. en activos totales.

El tipo de producción:

El tipo de producción es otro aspecto básico en el diseño o diagnóstico de un sistema productivo - operativo. Los diferentes tipos de producción se pueden dividir en dos:

- Producción por Stock (continúa o en serie)
- Producción por pedido (intermitente)

En la producción por stock nos basamos en un pronóstico de ventas: Cementos Caribe, Cerveza Águila, Monómeros, Industrias Plásticas del Caribe, Industrias Yidi, Coca Cola, Postobón, Procaps, etc.

Mientras que en la producción por pedidos no tenemos pronóstico de ventas: Corecta Ltda., Rectificadora Barraquilla, Imagen Digital, Diselecsa Ltda., Maquinaría Superbrix S.A. entre otras.

También hay empresas que tienen ambos tipos de producción: como Carvajal, Harvi Decoraciones.

Lo más determinante entre el tipo de producción es el conocimiento de la demanda y el tamaño de la orden de producción.

A continuación se relacionan algunas diferencias entre los dos tipos básicos de producción.

Tabla 1-1

Producción por stock	Producción por pedido
1. Alto volumen de demanda	1. Bajo volumen de demanda
2. Alta inversión en maquinaria y equipos en relación al uso.	2. Baja inversión en maquinaria y equipos en relación al uso.
3. Alta tasa de producción	3. Tasa de producción baja
4. Altos inventarios de materias primas y productos terminados.	4. Inventarios de materias primas y productos terminados bajos o no existen.
5. Artículos de volumen físico pequeño.	5. Gran volumen físico en su mayoría.
6. El costo unitario de producción es bajo.	6. Costo unitario de producción alto.
7. Precio unitario de venta bajo.	7. Precio unitario de venta alto.
8. Mano de obra especializada por tipo de operario.	8. Mano de obra corriente, pero versátil.
9. Procesos estandarizados.	9. No es posible la estandarización.
10. Distribución en planta por producto.	10. Distribución en planta por proceso.
11. Se basa en pronósticos de venta	11. No es posible hacer pronósticos en unidades.
12. Paradas largas en producción.	12. No existen paradas.
13. Equipo de manejo de materiales poco versátiles.	13. Equipo de manejo versátil, multiproductores.

1.7 Funciones del Sistema Productivo – Operativo.

Las funciones se pueden temporizar creando así un orden dado por:

Funciones de planeación: comprende a su vez las funciones para determinar

- *El Pronóstico - Estimación de ventas*: consiste en estimar las ventas futuras del producto o servicio. Para realizar esta función se tiene herramientas cuantitativas: como datos históricos de la empresa o la competencia y cualitativas como los estudios de mercados, método DELFOS y fuerza de ventas entre otros.

- *El Desarrollo y diseño del producto*: esta función varía desde la investigación que busca nuevos productos básicos, mejoramiento o

innovación de productos existentes hasta el desarrollo de subproductos y la utilización económica de desperdicios.

En efecto, esta función es muy clara pues desarrolla ideas para la creación de nuevos productos o para hacer modificaciones o mejoras a los ya existentes.

Aspectos a tener en cuenta:

- Mercado del producto. Gustos y preferencias del consumidor
- Calidad: normas relacionadas con el producto
- Ciclo de vida el producto
- Características técnicas
- Inversión básica y rendimientos del producto

- *La Planeación de la producción*: en esta función se mide la cantidad de recursos necesarios para cumplir con los acuerdos pactados en la fase de planeación estratégica de la empresa (un tiempo no inferior a un año) y debe ser consistente con la misión y la visión. Incluye también la determinación de los niveles de capacidad de las instalaciones productivas, el dimensionamiento de la fuerza de trabajo y las cantidades gruesas (brutas) de los materiales más importantes. Todo esto avala el hecho de porqué no es conveniente hacer planes en períodos más cortos. Ajustar y negociar compras globales de materiales o adquirir nuevas instalaciones no son decisiones de la noche a la mañana

  Ahora bien, aunque anteriormente se trabajaban horizontes de tiempos mayores de 12 meses (entre 3 a 5 años) en la función de planeación, las condiciones cada vez más restrictivas del mercado

imposibilitan tener un grado de certidumbre acerca del comportamiento y requerimientos para el sistema productivo - operativo.

La finalidad es responder a las preguntas: Qué, Cuándo y Cuánto, se solicitan los bienes y servicios y los recursos para su elaboración/prestación.

- *La Programación:* se considera esta función íntimamente ligada a la planeación, pero desde luego se ejecuta posteriormente. Simplemente se puede definir como un plan más ajustado y a más corto término en el tiempo; normalmente, ésta puede ir desde los meses hasta las horas, dependiendo de la naturaleza de la producción.

  Esta función específica más los requerimientos de recursos porque también son más certeros las necesidades del mercado; suele responder además al qué, el cuánto y el cuándo, aspectos como quién, dónde y cómo; que explicitan las tareas de producción.

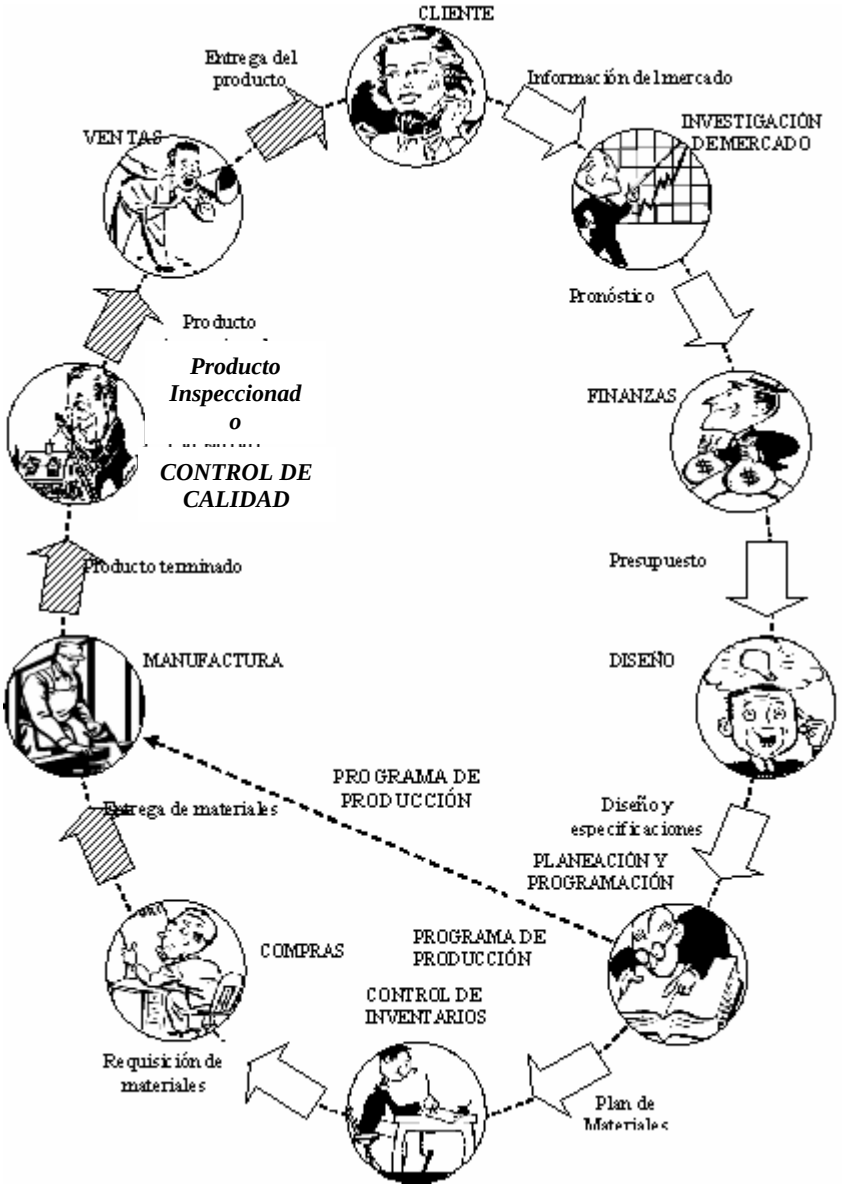
  Estas tareas también incluyen otras como fijación de mantenimiento de instalaciones, horas extras o turnos adicionales; llegadas de órdenes de compra de material o fabricación de partes y piezas requeridas en los ensambles; tareas de control de existencias, de calidad de recepción de mercancías o en línea.

  Control: es una función que permite verificar si lo planeado con lo ejecutado es consistente y corregir los desfases presentados si no lo son. Hoy en día los sistemas de control son en línea; donde tan

pronto se tiene la salida, se corrige la entrada. Las actividades de control incluyen las de verificación de rutas de producción en donde se involucra la cantidad planeada de materiales así como los tiempos de ejecución de las operaciones. Con esto se analizan dificultades con los proveedores, mantenimiento de los equipos, obsolescencia y deterioro de los recursos. Es importante resaltar que el control correctivo y de crecimiento organizacional es mucho más benéfico que el control represivo de búsqueda de culpables.

Más aún en la medida en que se dé la retroalimentación en los procesos productivos - operativos el control se vuelve más eficiente y se refleja en los resultados finales, evitando el tiempo perdido.

1.8 El Ciclo Productivo-Operativo.



1.9 Organización de las Operaciones

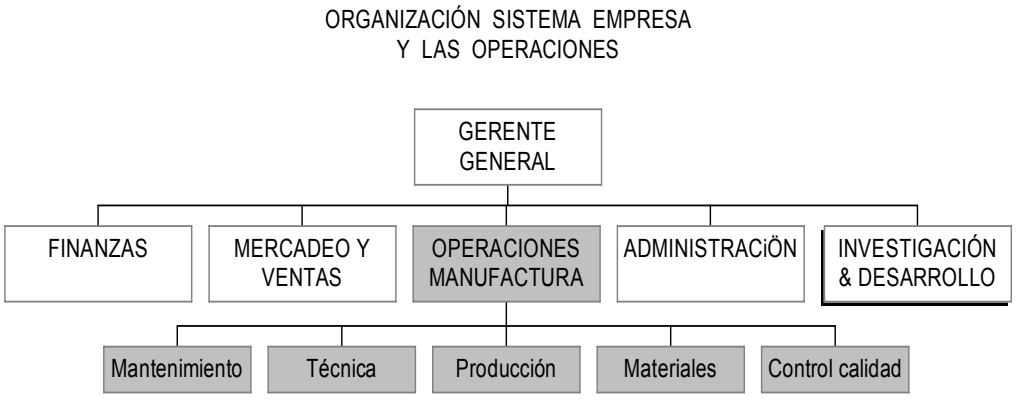


Figura 1-2

La organización de las operaciones es un sistema compuesto de elementos y relaciones. La Figura 1-2 muestra la representación genérica del sistema EMPRESA donde sus elementos se enmarcan en uno de los cuatro grandes bloques que la constituyen: finanzas, mercadeo y ventas, manufactura o administración.

La denominación es puramente causal y tan sólo sirve para dar una idea básica de la conformación moderna de las organizaciones. De una manera especial se resalta el área de las operaciones o manufacturas con sus correspondientes subdivisiones.

Actualmente recae en las operaciones (manufactura) la responsabilidad por todos los recursos que intervienen en la elaboración y/o prestación del servicio. Por esto debe responder no sólo por la parte técnica, sino por la consecución de materiales y el apropiado estado de los medios productivos.

Aunque puede parecer bastante sospechoso el hecho de presentar en un diagrama el control de la calidad dentro del área de manufactura, por el momento baste que el control primario de la calidad es responsabilidad del colaborador directo de la producción.

Otro hecho de resaltar es el recuadro que aparece en la segunda línea con el recuadro sombreado denominado Investigación & Desarrollo; gracias a este departamento se permite la supervivencia de la organización. Con los trabajos de esta área se consigue no solo atender a las expectativas cada vez más estrictas de un cliente también cada día más exigente si no que permite ser un puntual de permanencia en el mercado local y externo.

Capítulo 2

Desarrollo y Diseño del Producto

2.1 Marco de Desarrollo

El desarrollo y diseño de un producto están relacionados con las fases preliminares de la planificación de la producción.

Cuando se proyecta un nuevo producto, el diseñador debe tener en cuenta los recursos que para fabricarlo se disponen en la planta o unidad de servicio o que la empresa tenga que adquirir, modificar o sustituir (maquinaria y equipos) existentes o subcontratar a otros oferentes. Por tanto, es obvio que el desarrollo y diseño del producto es el factor principal en el desarrollo y crecimiento de una planta industrial o unidad de servicio y de sus dependencias por ende de toda la organización.

Aspectos a tener en cuenta:
Política de la empresa:
¿Qué es una política de productos de una empresa? ¿Y cómo afecta el diseño del producto? Podemos decir que no existe una política única.

Se pueden relacionar algunas políticas de diseño empleadas en algunos casos:

- Una cadena de almacenes pretende ofrecer productos al público a un precio mínimo, para cualquier calidad. La empresa basa su política en el supuesto que el tipo de bienes que ofrece no vaya a durar mucho tiempo y que, si son suficientemente baratos es posible que el volumen de ventas sea tan grande de forma que incluso un beneficio unitario muy reducido supondrá ganancias sustanciales.
- En algunos casos la necesidad de seguridad es tan grande que los costos son tan sólo de importancia secundaria.

- En otros casos el prestigio juega un papel muy importante.
- Por otra parte, otras empresas persiguen un gran volumen de producción de un producto más barato para competir con modelos más caros, adoptando algunas de sus conocidas y ventajosas características e innovaciones.
- No obstante, la mayoría de las empresas declaran que su objetivo es obtener un equilibrio satisfactorio entre una excelente calidad y un precio razonable.
- Algunos van más lejos y se empeñan en mejorar este equilibrio, mejorando la calidad y dejando el precio inalterado, o mejorando los métodos de producción y ofreciendo la misma calidad a un precio inferior.

De todas formas las decisiones sobre el producto afectan cada una de las áreas de toma de decisiones de operaciones.

La definición del producto es el resultado del desarrollo de una estrategia empresarial. El diseño del producto es un pre-requisito de la producción, al igual que el pronóstico de su volumen. El diseño de nuevos productos es crucial para la supervivencia de las empresas. Aunque existen algunas empresas que experimentan muy poco cambio en sus productos, la mayoría de las compañías deben revisarlos en forma constante.

La función de operaciones es el receptor de la introducción de nuevos productos. Al mismo tiempo, estos productos se ven limitados por las operaciones existentes y la tecnología.

2.2 El ciclo de vida de los productos. Importancia de las decisiones en ciclo de vida de los productos.

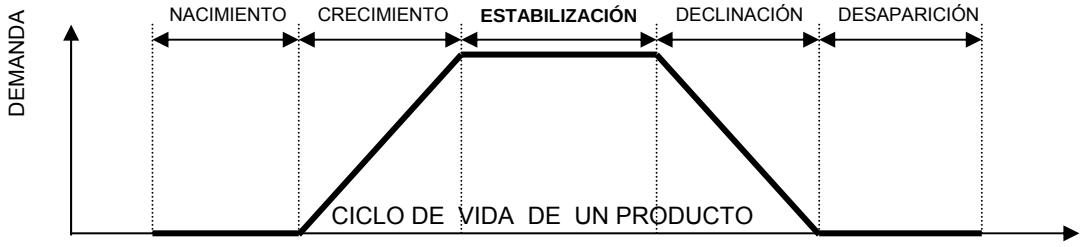


Figura 2-1

El ciclo de vida del producto es un concepto desarrollado y discutido ampliamente por Theodore Levitt en su libro “Marketing Imagination”. La teoría sugiere que cada producto o servicio tiene una vida finita. Si uno va a monitorizar ventas de la mayoría de los productos sigue una curva consistente en nacimiento, crecimiento, estabilización o madurez, declinación y desaparición. Pero también es cierto que en la vida de un producto influyen varios factores: los gustos de los consumidores, sus hábitos y necesidades, que evolucionan con el tiempo, los desarrollos tecnológicos, que revolucionan los procedimientos y los métodos de producción, la creación de productos sustitutivos, la protección al medio ambiente, etc. Así, cada producto tiene una vida propia, cuyo ciclo es comparable al del ser humano.

Desde el punto de vista del objetivo de planificar y desarrollar el producto, cada empresa debe analizar y situar las diferentes fases del ciclo de vida de sus productos. Según su política, la empresa podrá examinar las implicaciones de sus decisiones en las fases subsecuentes

de la vida del producto. De esta forma, el conjunto de decisiones debe instaurarse como una continuidad lógica y dentro de un proceso coherente.

A continuación veremos las grandes fases de la vida de un producto y las decisiones inherentes a cada una de ellas.

a) **Nacimiento**. en primera instancia la idea del producto se analiza en función de la gama de productos existentes, las necesidades del consumidor, el alcance del mercado, su contribución a las utilidades, etc. En segunda instancia, la idea se concreta en un prototipo que se somete a las críticas de los diferentes responsables de la empresa. Se hacen modificaciones a este prototipo a fin de tener en cuenta las exigencias de los consumidores, las restricciones técnicas de la producción, las restricciones financieras de la empresa, las restricciones jurídicas, ecológicas y de seguridad. Al mismo tiempo que se elaboran los planes y presupuestos del producto deben hacerse planes particulares para la producción (cantidad por fabricar, demoras de fabricación, concepción de herramientas y equipos, control de calidad, inventario de productos terminados, etc.), el aprovisionamiento (especificaciones y cantidades del material por comprar, demoras del aprovisionamiento, elección de proveedores), la mercadotecnia (elaboración de redes de distribución, preparación de campaña de lanzamiento).
b) **Crecimiento.** en esta etapa se realiza el producto, y debe medirse la reacción de los consumidores haciendo uso de técnicas de la investigación comercial. Esta encuesta proporciona información que permite mejorar el producto. Dicho mejoramiento puede visualizarse de tres formas:

Simplificación del producto: tiene como finalidad reducir el número de componentes o ciertas características del producto que sean consideradas como inútiles, lo cual tendrá como consecuencia una reducción en número o la complejidad de los procedimientos de producción. También puede visualizarse la simplificación al nivel de una gama de productos, eliminando aquellos cuya contribución a la rentabilidad de la empresa sea insuficiente.

Integración: o sea la diversificación de las actividades de la empresa. La integración puede hacerse al nivel de un producto (integración vertical) o al nivel de una gama de productos (integración horizontal). Una empresa procede a la integración vertical cuando decide fabricar ciertos componentes que antes compraba. La integración horizontal es la adición de un nuevo modelo o de un producto a la gama existente.

Miniaturización: tiene como finalidad reducir el peso o el volumen de un producto. Esta reducción no significa una disminución de la calidad o de las funciones realizadas por el producto, sino más bien, al contrario, la conservación de las mismas ventajas con un mínimo de costos, peso y espacio.

c) Estabilización: la demanda del producto ha alcanzado su máximo apogeo, al mismo tiempo que se trata de mantener el nivel de la demanda a través de la publicidad y la promoción, se piensa en un producto de reemplazo previniendo el período de declinación. En esta fase debe explotarse el producto al máximo.

d) Declinación: en esta fase se trata de reducir gradualmente la producción hasta el cese completo. Debe evitarse en este caso hacer

gastos para mantener el nivel de la demanda. Lo importante es vender el inventario y planificar la continuidad del servicio después de la venta.

e) **Desaparición:** el producto ya no está disponible en el almacén. Sin embargo, ciertos componentes pueden formar parte de un nuevo producto. En algunos casos, debe asegurarse la disponibilidad de las piezas de reemplazo.

La introducción del nuevo producto en el mercado puede hacerse a la mitad o al final del período de declinación del producto antiguo. Pero deben tenerse en cuenta las consecuencias de esta introducción sobre el agotamiento del inventario del antiguo producto.

2.3 Estrategias para la introducción de nuevos productos

Existen tres maneras fundamentales de enfocar el proceso de introducción de nuevos productos: se le puede considerar como un impulso de mercado, un impulso de la tecnología o uno de naturaleza ínterfuncional.

1. *Enfoque de Impuso del mercado.* De acuerdo con este enfoque, " se debe fabricar lo que puede vender": en este caso los nuevos productos quedan determinados por el mercado dando muy poca consideración a la tecnología existente y a los procesos de operaciones. Las necesidades del cliente son la base primordial (o única) para la introducción de nuevos productos. Se puede determinar el tipo de nuevos productos que se necesiten a través de la investigación de mercado o la retroalimentación de los consumidores. Después se producen estos productos.

2. *Enfoque de Impulso de la tecnología.* Este enfoque sugiere que " se debe vender lo que se puede hacer". De acuerdo con esto, los nuevos productos deben derivarse de la tecnología de producción, con poca consideración del mercado. La tarea de mercadotecnia es la de crear un mercado y "vender" los productos que se fabrican. Este enfoque queda dominado por el uso vigoroso de la tecnología y la simplicidad en los cambios de operaciones. A través de un enfoque agresivo en investigación y desarrollo, y en operaciones, se crean productos de tipo superior que tienen una ventaja "natural" en el mercado.

3. *Enfoque Interfuncional.* Con este enfoque, la introducción de nuevos productos tiene una naturaleza interfuncional y requiere de la cooperación entre mercadotecnia, operaciones, ingeniería y otras funciones. El proceso de desarrollo de nuevos productos no recibe ni el impulso de mercado ni el de la tecnología, sino que queda determinado por un esfuerzo coordinado entre funciones. El resultado debe ser los productos que satisfacen las necesidades del consumidor mientras que se utilizan las mayores ventajas posibles en la tecnología.

   El *enfoque interfuncional* casi siempre produce los mejores resultados. El enfoque también resulta más difícil de implementar debido a las rivalidades y fricciones ínterfuncionales. En muchas situaciones se utilizan mecanismos organizacionales especiales como diseños de matriz o fuerzas de apoyo con el objeto de integrar distintos elementos de la organización.

2.4 El proceso de desarrollo de nuevos productos

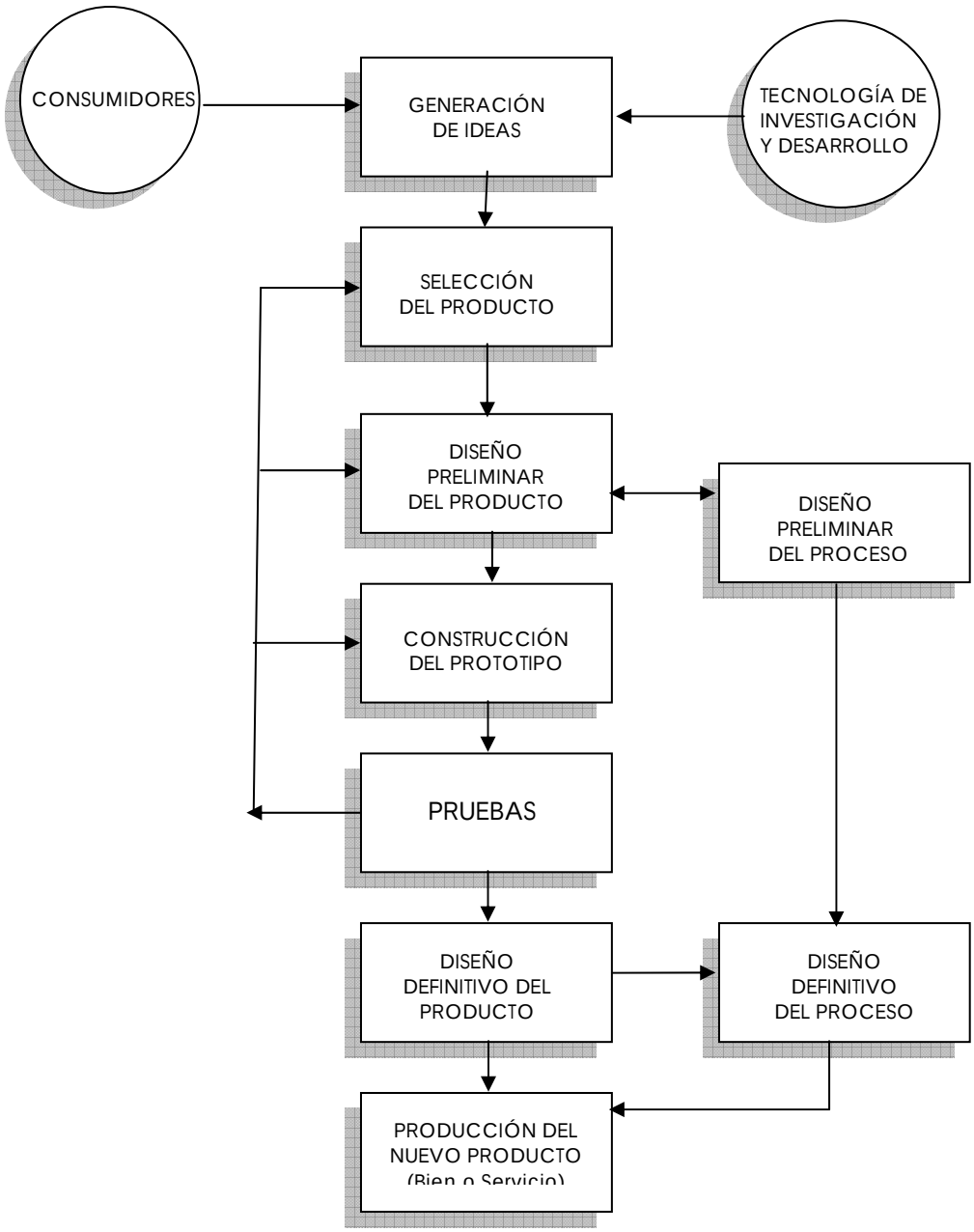


Figura 2-2 Desarrollo y diseño del producto

Cualquiera que fuese el enfoque organizacional que se utilice para el desarrollo de nuevos productos, los pasos que se siguen para el desarrollo de nuevos productos son así siempre los mismos. La Figura 2-2 muestra un modelo idealizado del proceso de desarrollo de nuevos productos que consta de seis pasos.

1. *Generación de ideas.* Como se indicó en el numeral 2.3, las ideas se pueden generar a partir del mercado o a partir de la tecnología. Las ideas del mercado se derivan de las necesidades del consumidor. La identificación de las necesidades del mercado puede llevar entonces al desarrollo de nuevas tecnologías y productos para satisfacer estas necesidades.

   Por otro lado las ideas también pueden surgir de la tecnología disponible o nueva. Ejemplo: La tecnología del nylon, los plásticos, semiconductores, circuitos integrados, etc. La explotación de la tecnología es una fuente muy rica de idea para nuevos productos.

   Entre las técnicas de generación de ideas tenemos:

   - Relación de atributos: esta técnica requiere enumerar los principales atributos de un producto existente y después de modificar cada uno de ellos en la búsqueda de un producto mejorado.
   - Relaciones forzadas: aquí varios objetos se consideran en relación con el resto.
   - Estudio morfológico: con este análisis se busca identificar las dimensiones estructurales de un problema y el examen de las relaciones entre ellos, la esperanza radica en encontrar alguna combinación novedosa.

- Identificación de necesidades y problemas: las anteriores técnicas creativas no requieren del consumidor para generar ideas. Los consumidores reciben una lista de problemas y dicen cuales de ellos acuden a su mente cuando se mencionan dichos problemas.
- Tormenta de ideas: El problema debe ser específico, el grupo común para esta técnica, consiste de seis a diez personas estimulando la creatividad del grupo por medio de la tormenta de ideas. Las ideas comienzan a fluir, una idea sigue a la otra y en una hora es probable grabar cien o más ideas.

2. *Selección del producto.* No todas las ideas nuevas deben desarrollarse para convertirlas en nuevos productos. Las ideas para nuevos productos deben pasar por lo menos tres pruebas: 1) el potencial de mercado, 2) la factibilidad financiera y 3) la compatibilidad con las operaciones. Antes de colocar las ideas del nuevo producto en el diseño preliminar, se debe someter a los análisis necesarios que se organizan alrededor de estas tres pruebas. El propósito de este análisis es identificar cuáles son las mejores ideas y no llegar a una decisión definitiva de comercialización y producción de resultado. Después del desarrollo inicial se pueden hacer análisis más extensos a través de pruebas de mercado y operaciones piloto antes de tomar la decisión final de introducir el producto.

   Se desarrollan varios métodos para ayudar en el análisis del producto. Uno es el método que utiliza una lista de mercado e involucra el desarrollo de una lista de factores junto con un factor de peso específico para cada uno. Cada factor se califica de acuerdo

con una escala y se calcula una calificación total ponderada. Si la calificación total queda por encima de cierto nivel mínimo, la idea del nuevo producto se selecciona para su desarrollo posterior. En forma alterna, puede utilizarse el método para calificar productos en orden de prioridad para su selección.

Entre algunas de las muchas características que se pueden evaluar están: el precio de venta, la calidad del producto, el volumen de ventas, operaciones de compatibles, ventajas competitivas, el riesgo técnico, la concordancia con la estrategia de la empresa. Los niveles de calificación pueden ser desde malo, regular, bueno, muy bueno y excelente. Se asignan pesos relativos a cada una de las características en porcentaje o en forma numérica y los niveles se califican en escalas de 1 a 5 ó de 1 a 10 como se antoje.

La idea de un nuevo producto también puede someterse a un análisis financiero típico mediante el cálculo de un rendimiento aproximado sobre la inversión. Para esto, es necesario estimar el flujo de efectivo de la inversión, los ingresos y costos de ventas del producto en el futuro. Se pueden calcular las tasas internas de rendimiento y los valores actuales a partir de los flujos que generen cada una de las ideas para el producto en desarrollo.

3. *Diseño preliminar del producto.* Esta etapa del proceso de diseño del producto se relaciona con el desarrollo del mejor diseño para la idea del nuevo producto. Cuando se aprueba el diseño preliminar se construye un prototipo o prototipos para someterlos a pruebas adicionales y análisis. El diseño preliminar toma en cuenta una serie de compensaciones entre costos, calidad y rendimiento del producto.

El resultado debe ser un diseño de producto que resulte competitivo en el mercado y que pueda producir operaciones.

Como resultado de la selección del producto, solamente se define su esqueleto. El diseño preliminar del producto especifica por completo el producto.

4. *Construcción del prototipo*. La construcción del prototipo puede tener varias formas diferentes. Primero se pueden fabricar a mano varios prototipos que se parezcan al producto final. Por otro lado, en los servicios un prototipo podría ser un sólo punto en donde se pueda probar el concepto de servicio en su uso real.

5. *Pruebas*. Las pruebas en los prototipos buscan verificar el desempeño técnico y comercial. Una manera de apreciar el desempeño comercial es construir suficientes prototipos como para apoyar una prueba de mercado para el nuevo producto. El propósito de una prueba de mercado es obtener datos cuantitativos sobre la aceptación que tiene el producto entre los consumidores.

   También se prueba el desempeño técnico en los prototipos. Los cambios de ingeniería que se inician como resultado de las pruebas en los prototipos se incorporan entonces al paquete de diseño final.

6. *Diseño definitivo.* Durante la fase del diseño definitivo, se desarrollan dibujos y especificaciones para este producto. Como resultado de las pruebas en los prototipos se pueden incorporar ciertos cambios en el diseño definitivo. La atención se enfoca entonces en la terminación de las especificaciones de diseño para poder proceder a la producción.

Sin embargo, la investigación y desarrollo no sólo debe desarrollar especificaciones de diseño para operaciones. Debe desarrollarse un paquete de información para asegurar la factibilidad de producir el producto. Debe contener detalles relacionados con la tecnología de proceso, datos de control de calidad, procedimientos de prueba del rendimiento del producto y otras.

2.5 Características Técnicas del Producto

Debemos definir claramente las siguientes características:

1. *Funcionalidad*. Exploradas las posibilidades del mercado, el alcance funcional del producto tiene que analizarse a conciencia y definir con propiedad. La mera definición del objetivo rara vez nos explica el alcance funcional. Una lavadora, por ejemplo tiene la finalidad de lavar la ropa, sin embargo, esta no nos dice cómo ha de efectuarse el lavado, si la máquina puede calentar el agua antes del lavado, y el enjuague y secado o ambos, los realiza la máquina, como y cuál sería la proporción entre el funcionamiento manual y automático. Es evidente que un análisis funcional de este tipo afectará el diseño de la máquina, su complejidad, presentación y precio.

   Algunas veces se destacan los aspectos funcionales, dejando para el cliente el empleo que quiera hacer de ellos. Una plancha de vapor es un ejemplo de ello. Su función adicional de humedecer la ropa, antes o durante el planchado, según se quiera va incorporada a la plancha, cuya misión principal es planchar la ropa. El cliente puede decidir si quiere aprovechar y cuando hacerlo, esta característica del producto.

Existe la tendencia a ofrecer una adaptabilidad funcional en el producto, aumentando la gama de aplicaciones y en ocasiones combinando varios aparatos en uno. Una batidora permite acoplar múltiples piezas para distintos usos.

La adaptabilidad de la maquinaria producida con gran frecuencia puede reportar sustanciales ahorros de espacio y gasto de capital y convertirse en uno de los principales factores de una política de diseño.

2. *Operatividad.* Una vez determinado el factor funcional, hay que considerar el factor operativo. El producto no sólo debe servir adecuadamente, sino que también debe ser de fácil manejo y de funcionamiento sencillo. A veces también debe ser adaptable a varias condiciones operativas, y muy a menudo está sujeto al variable grado de habilidad de los operarios potenciales.

3. *Durabilidad y seguridad.* Estos dos factores están muy relacionados con la selección de materiales y el tipo de mano de obra, del diseño del producto y del análisis económico de su costo. La calidad no siempre es una característica fácil de definir, pero la duración y la seguridad son dos factores que determinan la calidad, y deben ser cuidadosamente estudiados por el diseñador.

   La durabilidad se define principalmente por la vida activa, o duración del producto en las condiciones de trabajo dadas, pero al determinar la durabilidad a menudo se tiene en cuenta la medida en que el producto puede permanecer inactivo o almacenado. La durabilidad no tiene que asociarse forzosamente a una selección de buenos materiales. La duración de una cerilla o del motor de un cohete puede ser muy corta, lo cual no significa que los materiales empleados sean

de mala calidad. Se debe asociar un criterio adicional, el de la seguridad, o la capacidad del producto para funcionar cuando se requiere que realice su cometido.

Otro aspecto de la durabilidad es el mantenimiento y las reparaciones. La cantidad de reparaciones y de revisiones preventivas que requieran algunos productos está muy relacionada con la calidad y la política de diseño.

4. *Estética.* ¿En qué forma afecta la presentación de un producto a su diseño?

En la mayoría de los casos en que el alcance funcional, durabilidad y seguridad están ya definidos, la estética se aplica principalmente para dar la forma final en torno de la estructura básica. Con mucha frecuencia, esta configuración puede ser luna gama muy limitada y el resultado se denomina a veces forma funcional.

La opinión es muchas veces que la forma funcional está necesariamente separada de la estética, especialmente en estructuras de ingeniería y equipos pesados.

La forma funcional es una idea básica entre los diseñadores.

En algunos casos, crear una forma puede tener repercusiones financieras, por ejemplo, cuando hay que utilizar o añadir materiales especiales a los básicamente necesarios desde del punto de vista funcional, o cuando se requieren procesos adicionales. Tales casos precisan un concienzudo análisis de costos del factor estético.

En los casos extremos la estética es el factor decisivo del diseño y lo domina por completo. Esto es esencialmente cierto en bienes de consumo, como automóviles, electrodomésticos, o artículos de moda. El alcance funcional, aunque este más o menos definido y aceptado, puede ampliarse para acentuar la novedad del modelo. Pero la idea del nuevo diseño nace del concepto de su forma, y a partir del cual dicha idea evoluciona y crece. Las consideraciones técnicas deberán tenerse en cuenta en la fase posterior.

Cuando el estilismo es el factor dominante en el diseño del producto, a menudo se aprovecha como un medio para generar demanda.

Los cambios de la moda y los gustos, evolucionan las formas, y la introducción de ideas nuevas envejecen rápidamente los diseños anteriores.

2.6 Análisis del Valor

Existe la necesidad de mejorar constantemente la producción y los servicios que se producen para seguir siendo competitivos. La innovación es una necesidad básica de todo lo que se hace. El análisis del valor o ingeniería del valor proporciona una manera conveniente de organizar la innovación, enfocada a mejorar el valor los productos y de los servicios.
El análisis del valor se puede definir como la aplicación sistemática de un conjunto de técnicas que identifican funciones necesarias, establecen valores para las mismas y desarrollan alternativas para desempeñarlas, al mínino costo posible.

Su objetivo es poner a disposición de los ejecutivos o dirigentes de la empresa, instrumentos para la utilización correcta de los recursos.

El análisis del valor se lleva a cabo estudiando cada recurso que es necesario para la producción de bienes y servicios y utilizando un método para identificar y remover los costos innecesarios que ocurran en los procesos de elaboración de productos o en la realización de un servicio.
El análisis del valor se originó durante la segunda guerra mundial gracias a la aplicación de conceptos desarrollados por Lawrence D. Miles (ingeniero del departamento de compras de General Electric en ese entonces). Miles además de lograr la reducción de costos, obtuvo mejoras tanto en calidad como en el desempeño de los productos analizados.

Para lograr estos avances, Miles considera que es fundamental tener la información económica completa y la buena comunicación entre los departamentos.

Los conceptos desarrollados por Miles se originaron de la pregunta ¿Cómo hacer para encontrar materiales más baratos que presenten la misma función que los actualmente utilizados?

El observó que al mismo tiempo que reducía los costos, se mantenían o mejoraban las funciones desempeñadas por los productos analizados, resultando un mayor valor.

Al comienzo del desarrollo de la metodología Miles saca dos conclusiones importantes:

1. El uso de patrones convencionales limita la imaginación restringiendo el campo de la observación relativo a objetos existentes.
2. La concentración en los requisitos funcionales permita mayor libertad mental.

Si quisiéramos aplicar esta metodología a por ejemplo un lapicero, para racionalizar su consideración, debemos conocer que es lo que hay en cada componente y/o proceso de éste.
Sabemos que un bolígrafo se compone de: tapa, punta, tinta, cuerpo y capuchón. Debemos resaltar que los problemas no están en los componentes, sino en la satisfacción de las necesidades.

Y los costos mayores tampoco se encuentran en las funciones principales sino en las secundarias, lo que agregamos al producto para satisfacer las necesidades del cliente.

Hay que preguntarse el porqué existe cada costo y si no se sabe, habrá que empezar por identificar la función principal del producto, sistema o servicios y luego, la función secundaria. Ejemplo: la tapa de bolígrafo si se identifican una o más funciones innecesarias, entonces podemos eliminar la tapa. Es importante identificar las funciones principales y secundarias, para poder cuestionarnos sobre la existencia de cada ítem.
Existe una diferencia entre costo y valor. El costo es un término absoluto que se expresa en pesos y que mide los recursos que se utilizan para elaborar un producto o prestar un servicio. El costo incluye la mano de obra, los materiales y los costos indirectos. El valor, de otra parte, es la percepción que tiene el cliente de la relación de utilidad del producto y servicio con su costo: la utilidad incluye la calidad, confiabilidad y rendimiento de un producto para el uso que se le busca dar. El valor es lo

que busca el cliente: satisfacer sus necesidades con el menor costo. Por tanto, el valor de un producto se puede mejorar incrementando su utilidad. Esto se hace mediante la eliminación de funciones innecesarias o costosas que no contribuyen al valor.

El análisis del valor sirve para lo que son actividades o tareas interrelacionadas (proceso de producción, serie de máquinas, prestación de servicio, etc.) Cada actividad tiene una razón de ser, de estar presente. Y así como se descompone un producto, se detalla un proceso, para apreciar la forma de mejorarlo. Dos cosas se han de tener en cuenta:

1. Se necesita implementar sólo donde es necesario (por ejemplo, mejorar un sector donde existe cuello de botella).
2. La mayoría de los costos que impactan en la rentabilidad son consecuencia de las funciones secundarias y no de las principales.

Metodología del Análisis del Valor:

- Describir las funciones
- Evaluar las funciones
- Desarrollare alternativas

Identificar el porqué de la existencia de las características de un producto, sistema o servicio, hará más fácil encontrar alternativas de: reducción de costos o mejora de la calidad.

Si hiciéramos una completa identificación de las funciones que esos componentes ejecutan estaremos conociendo en detalle el objeto del análisis.

Para facilitar la identificación de las funciones, las dividimos en dos:

1. La función principal: es la principal finalidad del producto" porque existe el producto".
2. Función secundaria: aquella función que auxilia el desempeño técnico de la función principal o es un resultante de un concepto específico o es una función que mejora la venta del producto.

Plan de Trabajo del Análisis del Valor

La metodología para la implementación de un proyecto de análisis del valor tiene las siguientes fases:

Preparatoria: es la fase inicial, donde se debe elegir el objeto (producto o proceso) donde lo vamos a aplicar, donde queremos mejorar.

Los objetos deben ser específicos (ejemplo, mejorar los costos, mejorar la calidad, etc.) y claros (Ejemplo, se necesita reducir costos en x % y los rechazos en x %).

Se debe conformar un equipo de trabajo ya que una tarea, por ejemplo el diseño de un producto, no es exclusiva de un departamento sino también de otros sectores de la empresa.

Planeamiento de las actividades: El equipo de trabajo debe procurar armonizar las actividades mediante una adecuada planificación de las mismas.

Informativa: intenta lograr por parte del equipo de trabajo el conocimiento de la situación actual; de toda la información posible del producto, proceso, sistema y/o servicio a ser analizado; obtener todos los costos necesarios.

En esta fase también se lleva a cabo la descripción y clasificación de las funciones.

Análisis: la finalidad es examinar la situación actual del objeto para enunciar el problema del análisis del valor.

Se debe relacionar la función principal de cada componente con el costo que le corresponda.

Hay que determinar las funciones críticas. La función crítica es aquella que, después de haber relacionado "función y costo", tenga mayor relevancia en términos de porcentaje en relación al costo total.

Creatividad: procura obtener el mayor numero de ideas posibles para lograr realizar las funciones del producto, servicio o sistema con el menor costo posible, pero preservando u desempeño, calidad, estética, etc.

Esta fase se divide en dos partes:

1. Obtener ideas (es común utilizar la técnica "brainstorming" o "brainwriting")
2. Seleccionar y agrupar ideas.

Juicio: trata de viabilizar la técnica y económicamente las ideas generadas en la fase de creatividad; siempre teniendo en consideración la atención de los requisitos del producto, sistema o servicio puesto en análisis para así atender las necesidades de los clientes con el menor costo y mayor valor.

Decisión: comienza con la presentación de la propuesta, continúa con la planificación de su implementación y alcanza, inclusive, al seguimiento, de su puesta en práctica.

La propuesta a implementar se presenta a quienes han determinado los objetivos buscados para que puedan tomar la decisión final de su aplicación.

2.7 Análisis económico del producto

El análisis económico es la clave de las decisiones directivas en una política de diseño de productos.

Si por una parte se ha obtenido la información necesaria acerca de las necesidades de los clientes, y de las posibilidades del mercado y por otra, un estudio detallado de los factores funcionales, operativos y cualitativos del producto propuesto, se puede realizar un análisis económico buscando respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué costo de capital se requiere para la fabricación del nuevo producto?
2. ¿Qué costos totales de producción se estiman por unidad producida?
3. ¿Contribuye el precio (costo total + beneficio) y las características del producto a hacerlo competitivo?
4. ¿Qué margen de beneficio puede esperarse razonablemente?
5. ¿Cuál es el volumen de ventas esperado?

Ninguna de las preguntas se puede separar y resolver independientemente. En realidad, el análisis económico es un proceso cíclico y repetitivo. Se pondera cada cuestión con relación a la respuesta

y los datos proporcionados por la cuestión anterior, y se comprueban todas las respuestas cuando llega el momento de su reevaluación en los ciclos siguientes, hasta que se alcanza un estado de equilibrio.

2.7.1 Análisis del Punto de Equilibrio lineal

Por Punto de Equilibrio se entiende el grado de actividad o el nivel de producción que debe ejecutar la empresa para igualar sus ingresos totales con los costos totales. Para efectos de representar funcionalmente la anterior situación, se definirán las ecuaciones siguientes:

Ingresos = IT = Q x b,

Donde:

b = precio de venta/unidad

Q = Cantidad vendida

Costo Total = CT = CF +Q x a,

Donde:

CF = Costo fijo

a = Costo variable unitario

Q = Cantidad Comprada o producida.

Se entiende por Costo Fijo aquel costo en el cual incurra la empresa, independiente de su volumen de actividades.
El costo variable cambia con el volumen de actividad.

De acuerdo con la definición, para encontrar el punto de equilibrio: IT = CT

IT = CF + Q x a

Q x b = CF + Q x a (se supone que hay acumulación de inventarios)

$$Q \times b - Q \times a = CF$$

$$Q \times (b - a) = CF$$

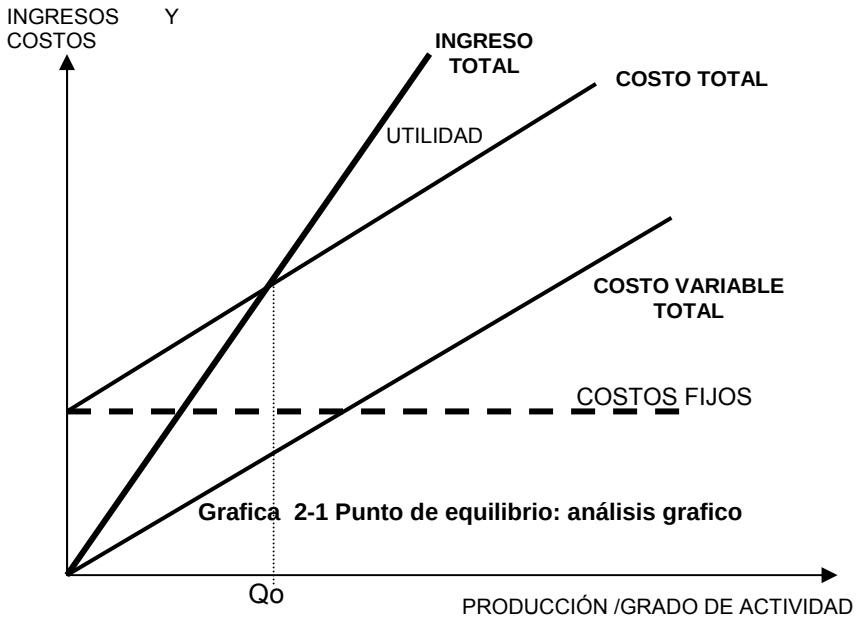
De donde $$Q = \frac{CF}{(b - a)}$$

(b - a) se denomina margen bruto de contribución. En palabras el punto de equilibrio de la empresa ocurre en una situación tal, que el margen bruto de contribución amortiza el Costo fijo de la empresa.

Como se desprende de lo analizado, en el punto de equilibrio la empresa no tiene utilidades ni incurre en pérdidas.

La anterior situación está representada en la Gráfica 2-1. Hacia la izquierda del punto de equilibrio, la empresa está incurriendo en pérdidas y a la derecha del punto de equilibrio obtiene utilidades.

El punto de equilibrio es llamado también Punto muerto, Punto de indiferencia o límite de rentabilidad.



Grafica 2-1 Punto de equilibrio: análisis grafico

2.7.2 Problemas de aplicación del Punto de Equilibrio

1. Dados los siguientes datos, encuéntrese el punto de equilibrio en unidades y en porcentaje de capacidad.

Precio de venta:	US $ 3,50/unidad
Costo variable:	US $ 2,50/unidad
Costos fijos:	US $ 45.000
Capacidad:	50.000 unidades

2. La fabrica "KmiZ" fábrica camisetas a la medida para restaurantes, bares, fraternidades, etc., ha diseñado una nueva camiseta que espera vender a $6.000 por unidad y el costo de fabricación es $ 3.000 por unidad. Los costos fijos de operación al mes son de $4.500.000.oo y la capacidad mensual máxima es de 3.000 unidades.

Encuéntrese el punto de equilibrio en unidades, en pesos vendidos y en porcentaje de capacidad.

3. Bocados un autoservicio de emparedados que se encuentra enfrente de las instalaciones de la Universidad del Atlántico. El costo fijo mensual de operación del autoservicio es $ 3.500.000 El cliente promedio gasta $ 5.000 en comida y bebida, los costos variables por cliente promedian $2.500 Con su tamaño actual Bocados puede atender 150 clientes por día, 30 días por mes.

a) Encuéntrese el punto de equilibrio mensual para Bocados en unidades, en dólares vendidos y en porcentaje de capacidad.

b) ¿Cuál sería la utilidad mensual de Bocados con un promedio de 100 clientes diarios?

4. Lucho Pérez piensa comprar una flotilla de carritos de helados para operar en playas del Rodadero. En cada carrito invertirá $450.000.oo en gastos fijos durante una temporada. Los operadores de los carritos cobrarán estrictamente sobre comisión, recibiendo 10 % de todos los ingresos. Los conos de helados se venderán a $ 2.500 cada uno y tienen costos variables de $1.250 por cono, además de la mano de obra.

a) ¿Cuántos conos de helados deberá vender cada carrito durante el verano para operar en el punto de equilibrio?
b) ¿Cuál será la ganancia o pérdida, si se venden 800 conos?

5. Un hombre de negocios está planeando abrir una operación veraniega de renta de veleros en las playas de Puerto Velero. Actualmente piensa comprar seis veleros a $2.000.000.oo cada uno. Al final del verano venderá los veleros por $1.000.000.oo cada uno. El hombre de negocios llegó a un acuerdo con un propietario de una playa de fama para operar en ellas. Esto le costará $2.000.000.oo más el 10 % del total de dólares obtenidos por ventas. El costo del kiosco para operar el equipo necesario se estima en $500.000.oo. Al final de de la temporada, parte del equipo podrá venderse a un valor de recuperación de $400.000oo. Un estudiante de la universidad local trabajará para él rentando los veleros 8 horas al día, 7 días a la semana, durante 15 semanas por $224.000.oo la semana. Los veleros se rentarán a $25.000.oo hora.

a) ¿Cuál es el punto de equilibrio expresado en horas de renta?
b) ¿Cuál será la ganancia o pérdida si se opera al 40 % de la capacidad durante la temporada?

6. Baterías “Exide" ha planeado ofrecer un nuevo servicio de medición y carga de baterías; se tendrán costos fijos de $20.000.000.oo al año, costos variables de $3.000.oo por medición y carga los ingresos son de $5.000/medición y carga. ¿Cuál será el punto de equilibrio en número de mediciones?

7. Cítricos del Caribe requiere producir 40.000 cajas de frutas que venderá a $ 30.000/carga. Los costos variables de las 40.000 cajas están estimados en $ 60.000.000.oo y los costos fijos en $ 75.000.000.oo a) ¿Cuál es la cantidad de punto de equilibrio? b) ¿Qué tanta utilidad o pérdida resultará?

8. Si se diseña un producto cuyo precio de venta será de $ 8.000.oo y el costo variable de $ 2.000.oo ¿Cuál es la contribución?

9. Una agencia de viajes tiene diseñado un paquete de excursión que venderá por $ 312.500.oo. Los costos fijos serán de $ 200.000.000.oo y con el volumen presente de 1000 clientes, los costos variables son de $ 62.500.000.oo y las utilidades de $ 50.000.000.oo.

a) ¿Cuál es el volumen de punto de equilibrio?
b) Partiendo de que los costos fijos permanecen constantes, ¿cuántos clientes adicionales serán requeridos para incrementar su utilidad en $ 2.500.000.oo?

10. Un Acueducto Municipal de Tamalameque, no lucrativo tiene costos variables (mano de obra directa) de $ 5 millones por año. El ingreso actual basado en el servicio a 200.000 usuarios, es de $20 millones. El gerente de producción desea añadir equipos que incrementarán los

costos fijos anuales en 1 millón de pesos y reduce los costos anuales y futuros de mano de obra directa en 20 %. ¿Qué volumen de usuarios será requerido para justificar económicamente el cambio?

11. Muebles del Atlántico ha planeado el diseño de una mesa en roble y ha presupuestado vender 200 mesas que venderá a $ 210.000.oo cada una. Los Costos de mano de obra los tiene fijados en $ 42.000.oo por unidad, y los costos de materiales serán de $18.000.oo por unidad, y por cada mesa se han asignado $ 80.000.oo por concepto de costos indirectos. Los registros muestran que el 60 % de los costos indirectos serán fijos y el 40 % variables. ¿Cuál será la contribución anual total de la mesa de roble? Cuál será el límite de rentabilidad. ¿Se darán ganancias o pérdidas para este diseño?

12. Acaba de formarse la Cía. La Arenosa, dicha compañía posee la patente que la convertirá en los únicos distribuidores del producto "Moñitos" y en su primer año la capacidad de la planta será de 9.000 unidades.

Los costos de esta Cía. son:

- Mano de obra Directa $ 1.500 /Unidad
- Materia prima 500 /Unidad
- Otros costos variables 1.000 /Unidad
- Costos Fijos $ 24´000.000.oo /año

a) Si la Cía. desea una utilidad de $ 21´000.000.oo el primer año, ¿cuál será el precio de venta?

b) Si se desea una utilidad de $ 76´000.000.oo y para eso debe aumentar su volumen de ventas, invirtiendo $ 50´000.000.oo adicionales en costos fijos. ¿Cuántas unidades tendrá que vender si su nuevo precio de venta es de $ 7.000.oo / Unidad?

c) Analizar ambos casos, si su punto de equilibrio ha aumentado o disminuido. Opine?

13. Brochas de la Costa es una pequeña Industria donde se producen brochas de Nylon, sus datos de costos en el mes de Septiembre fue:

Gastos de Administración..... $3´000.000.oo
Gastos de ventas Fijos..... 1´200.000.oo
Gastos de ventas variables..... . …….. 700.000.oo
Materias primas..... 5´000.000.oo
Mano de obra Directa (20 obreros) 500.000.oo c/u

Las ventas fueron de 600 docenas a un precio de $ 30.000.oo la docena. La capacidad utilizada en el mes fue del 60%

La situación financiera está un poco crítica y se consideran las siguientes alternativas:

a) Aumentar el precio de venta de tal forma que se pueda tener una utilidad del 20% sobre las ventas, aumentándose los gastos de ventas fijos en un 50 %.
b) Rebajar su precio de venta en un 10%, con esta decisión se aumentará su demanda a la capacidad máxima, aumentándose también sus gastos de ventas fijos en un 80%. .

¿Qué alternativa le recomienda usted a la empresa?

14. Una agencia de Turismo tiene un plan de excursión local cuyo precio será de $ 100.000.oo cada uno , opera con un margen de protección del 25% y con un volumen de 1.000 clientes; sus costos totales son de $ 20´000.000.oo y sus utilidades de $ 16´000.000.oo.

a) ¿Cuál es el límite de rentabilidad de la Agencia?

b) Partiendo que sus costos permanecen constantes, cuantos clientes adicionales se requieren para que la agencia aumente su utilidad en $ 800.000.oo.

c) ¿Cuántos ingresos adicionales deberá obtener para que sus utilidades sean el 25 % de sus costos totales?

15. El Proceso "X" se diseña con unos costos fijos de $ 20´000.000.oo al año y costos variables de $ 12.000/unidad, mientras que el proceso "Y" se diseñó con costos fijos de $ 8´000.000.oo y costos variables de $ 22.000/unidad, ¿Con qué cantidad de producción son iguales los costos totales de Y y X?

2.7.3 Análisis del Punto de Equilibrio de productos Múltiples. Concepto de equivalencia.

Generalmente en las empresas se diseña para vender más de un producto y cada línea de estos proporcionará una contribución para cubrir los costos fijos y generar las utilidades deseadas. La utilidad total depende en cierto grado de las proporciones en que son vendidas las diferentes líneas de producción, ya que cada línea tiene un comportamiento de costos diferente y por tanto genera también una utilidad diferente. Sería deseable vender al máximo la línea de mayor margen de utilidad, pero esto en la práctica no es siempre posible, dada la situación competitiva del mercado.

Ejemplo 2-1

Una empresa desea diseñar y fabricar tres productos A, B y C cuyos ingresos por ventas son de $ 30.000.000.oo, 80.000.000.oo y 45.000.000.oo respectivamente. Los costos fijos para cada uno se estiman en $ 25.000.000.oo, 30.000.000oo y 20.000.000.oo, siendo

estimadas sus utilidades para los niveles de ingresos relacionados de $ -3.000.000, 7.000.000 y 5.000.000 respectivamente. Elabore el diagrama Beneficio/Volumen Multiproducto e indique el punto de equilibrio, el margen de contribución y las utilidades de cada diseño y de la planta.
Observando el diagrama que se presenta adelante: en el eje vertical se colocaron las utilidades

Analicemos las (Pérdidas) y costos y en el horizontal los ingresos por ventas para cada línea que deberán cubrir el 100% de los costos de la empresa; la gráfica nos indica también la magnitud de las unidades físicas que deberán ser vendidas para lograr el equilibrio.

Procedimiento:

1. Se suman los Costos Fijos de los tres diseños que en este caso serán de $75.000.000.oo y constituyen los Costos Fijos de la planta.
2. Se localizan en el eje vertical (Y) negativo los Costos Fijos de la planta.
3. A partir del punto extremo de los Costos Fijos de la planta se localizan hacia arriba los costos fijos del producto A ($25.000.000.oo) a partir de este punto se traza una recta auxiliar paralela al eje de los ingresos(X).
4. Sobre la recta auxiliar trazada se localizan los ingresos del producto A ($ 30.000.000.oo) y sobre el extremo de estos se trazan en forma vertical las Utilidades o Pérdidas del producto A; en este caso la recta a trazar será hacia abajo puesto que se dieron pérdidas.
5. Los puntos extremos de los Costos Fijos y las Utilidades (Pérdidas) se unirán con una recta, dado que la recta trazada

no corta el eje horizontal auxiliar; esta se prolonga hasta alcanzar a cortarlo y donde lo corta es el punto de equilibrio del diseño A.

6. A partir del punto extremo de la utilidad del Diseño de A, se localizan los costos fijos del producto B y se continúa con el mismo proceso descrito para el producto A.
7. Finalizados los diagramas para cada diseño, se determina el margen de contribución de la planta y su punto de equilibrio.

Cálculos en: Miles

Producto A:

$$\varphi_A = (CF_A + Z_A)/Q_A = (25.000\text{-}3.000)/30.000 = 0.73$$

$$Q_{0\,A} = CF_A/\varphi_A = 25.000/0.73 = \text{US } \$34.247$$

Producto B:

$$\varphi_B = (CF_B + Z_B)/Q_B = (30.000+7.000)/80.000 = 0.46$$

$$Q_{0\,B} = CF_B/\varphi_B = 30.000/0.46 = \text{US } \$64.865$$

Producto C:

$$\varphi_C = (CF_C + Z_C)/Q_C = (20.000+5.000)/45.000 = 0.55$$

$$Q_{0\,C} = CF_C/\varphi_C = 20.000/0.55 = \text{US } \$36.364$$

PLANTA "P":

$$\varphi_P = (CF_P + Z_P)/Q_P = (75.000+9.000)/155.000 = 0.54$$

$$Q_{0\,P} = CF_P/\varphi_P = 75.000/0.54 = \text{US } \$138.889$$

Resumen para el análisis y decisión

PRODUCTOS	MARGEN CONTRIBUCIÓN	PUNTO EQUILIBRIO	UTILIDAD
A	**0.73**	**34.247**	**-3.000**
B	**0.46**	**64.865**	**7.000**
C	**0.55**	**36.364**	**5.000**
PLANTA	**0.54**	**$138.889**	**$ 9.000**

De acuerdo con los resultados el producto más prometedor es el A, ya que tiene mayor margen de contribución y el punto de equilibrio más bajo, no obstante que su utilidad en ese instante representaba pérdidas.

Mientras que producto B que mostró en ese instante una mayor utilidad resulta ser el menos prometedor y con mayor esfuerzo para alcanzar el punto de equilibrio.

Como se vio el Diagrama Beneficio/Volumen es una herramienta de simplificación tanto en la fase de diseño como en el control operativo-económico.

Concepto de Equivalencia

El criterio de equivalencia puede determinarse por medio de las relaciones de los ingresos unitarios, como se aprecia seguidamente:

Ejemplo 2-2:

PRODUCTO	INGRESOS POR VENTAS	CANTIDAD	INGRESOS EQUIVALENTES	CANTIDADES POR UNIDAD
				Base A
A	$ 8.000	20	$ 400	20
B	12.000	100	120	30
C	10.000	50	200	25
TOTAL	32.000	170		75

Hay que dedicar especial atención cuando el estudio comparativo se rige por las restricciones de la capacidad total de la empresa. Cuando dicha capacidad es limitada, la asignación de recursos a los productos más

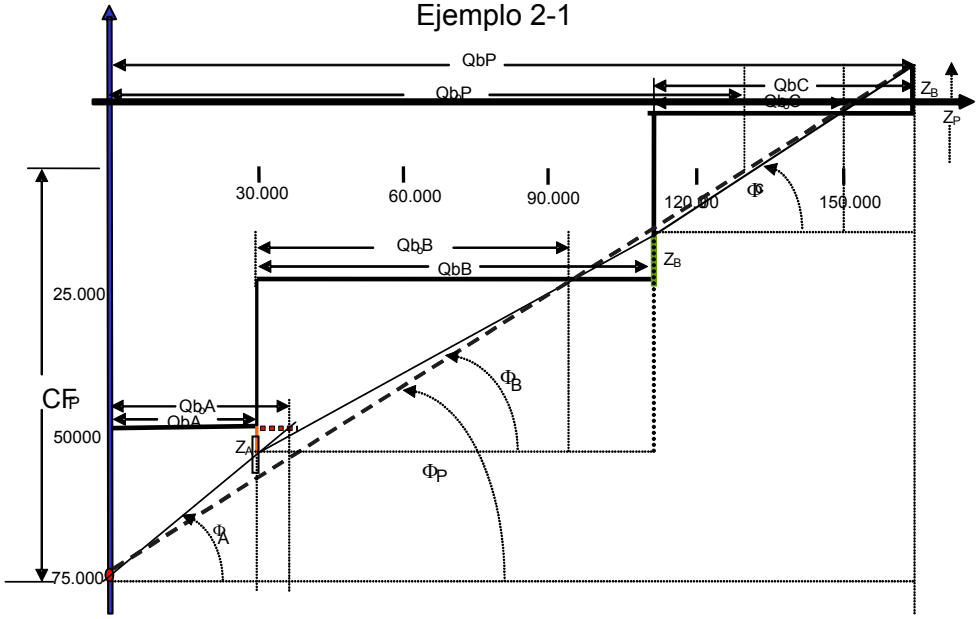
prometedores se convierte en el principal problema de análisis, y el estudio deberá efectuarse con relación a la capacidad total disponible:

Ejemplo 2-3 Dada la Ecuación de Equivalencia: 1A = 2B = 1/2C =2/5D y

PRODUCTOS	CANTIDADES ABSOLUTAS	UNIDADES Equivalencia Base A	UNIDADES Equivalencia Base B
A	2.000	2.000	4.000
B	4.000	2.000	4.000
C	5.000	10.000	20.000
D	6.000	15.000	30.000

Diagrama beneficio/volumen multiproducto

Ejemplo 2-1



2.7.4. Ejercicios de aplicación diagrama Beneficio/Volumen Multiproducto

1. Las cantidades equivalentes con base al producto B de cuatro productos A, B, C y D son 5.000, 5.000, 4.000 y 5.000 respectivamente. Las equivalencias de fabricación entre los productos son: A =0,5B, B =0,5C y C= 6D. Los productos A y B tienen costos fijos de $ 5.000.000 y $ 3.000.000 respectivamente. El producto D tiene el mismo aprovechamiento que el producto C y los mismos costos fijos de $ 2.000.000.oo. La ganancia del producto A es de $ 1.000.000 y la de B es de $ 2.000.000.oo El beneficio neto de la planta es de $ 17.000.000.oo. Elaborare el diagrama B/V con base al producto A y encuentre el punto de equilibrio de la planta.
2. Las cantidades equivalentes del producto A y B con base al producto A son de 400 y 600 unidades, respectivamente. La capacidad total con base al producto B es de 2.000 unidades.

   Calcular la capacidad de la planta con base a l producto C, si la relación de equivalencia es: A= B= 1/2C
3. Una empresa tiene dos productos A y B los cuales se fabrican en volúmenes mensuales 500 y 5.500 unidades, respectivamente. El producto A tiene costos fijos de $ 6.000.000.oo y una pérdida de $ 2.000.000.oo su aprovechamiento es igual al de la planta. La utilidad de la planta es de $ 4.500.000.oo, hallar los datos que se necesitan de utilidad, costos fijos, aprovechamiento y punto de equilibrio de los productos y de la planta, a efectos de graficar el diagrama B/V con base al producto A, si la relación de la planta es: A = 2B.

   ¿Qué recomienda usted con base en los datos hallados?

4. Una Fábrica elabora tres productos A, B y C. Del A y B se producen 2.000 y 4.000 unidades, respectivamente. La capacidad total de la planta en unidades de C es de 3.000 unidades. Los Costos fijos de A son $ 5.500.000.oo y tiene una pérdida de $ 4.000.000.oo El producto B tiene una ganancia de $ 300.000.oo y un aprovechamiento de 2,500. Los costos fijos de C son de $ 4.000.000.oo y tiene el mismo aprovechamiento de toda la planta.
   a) Halle la cantidad real de unidades de C
   b) Marcar en un diagrama B/V, la ganancia y el punto de equilibrio de cada producto, sabiendo que: 1A = 2B =0.5C. Trabaje con base al producto B.

5. Las cantidades equivalentes con base al producto B de cuatro productos: A, B, C y D son de 180, 90, 180 y 300 unidades, respectivamente. Las equivalencias de fabricación entre los productos son 1A = 3B, B = 2/3C y C= 1/4D. El producto A tiene costos fijos $4.000.000.oo y un punto de equilibrio de 20 unidades. El producto C, tiene una pérdida $6.000.000.oo. El producto B tiene el miso aprovechamiento de A y el de C es igual al de D. El producto D da una utilidad de $3.000.000.oo y el punto de equilibrio esta en 40 unidades. La utilidad de la planta es de $ 7.000.000.oo. Elaborar el Diagrama Beneficio /Volumen con base al producto A. ¿Qué recomendación se daría respecto al programa de producción?

2.7.5 Análisis económico de un nuevo producto

Al estudiar la elaboración de un nuevo modelo, hay que efectuar un riguroso análisis de la economía del proyecto en cuestión. El objetivo de la introducción de un nuevo modelo en el mercado puede ser doble:

1. Incrementar el beneficio de la organización

2. Evitar el descenso de las ventas de uno de los modelos existente, a causa de la competencia. Tal situación requiere la incorporación de novedades y otras características en los productos de la empresa; incluso si no se prevé un incremento inmediato de los beneficios, el objetivo es alcanzar dicho objetivo a largo plazo.

El beneficio que reporta un producto existente es:

$$Z_1 = Ø_1 Q_1 - CF$$

Donde Q_1 es el número de piezas vendidas. Si se planea producir un nuevo diseño, los costos de preparación constarán de:

- Cálculos y planos
- Planificación de la producción
- Utillajes, preparación de maquinarias
- Compra de maquinaria o equipos especiales
- Cambios en la distribución (Estructura)

Estos costos de preparación o "transformación" que llamaremos "S" deberán amortizarse con el nuevo disco, de forma que el nuevo beneficio deberá ser:

$$Z_2 = Ø_2 Q_2 - CF - S$$

Aquí suponemos que los costos fijos dependen principalmente de la maquinaria existente en la organización, y que por consiguiente, no es probable que varíen mucho. Se pretende que los nuevos beneficios sean superiores, o por menos iguales que los anteriores, es decir $Z_2 \geq Z_1$ de donde $Z_2 - Z_1 \geq 0$ ó $Ø_2 Q_2 - CF - S - Ø_1 Q_1 + CF \geq 0$

$$Q_2 \geq (Ø_1/Ø_2).Q_1 + S/Ø_2 \qquad \frac{Q_2}{Q_1} \geq (Ø_1/Ø_2).\frac{Q_1}{Q_1} + \frac{S}{Ø_2\, Q_1}$$

Al reemplazar Q1 por (CF+Z)/ $Ø_1$ solo al laso derecho tenemos:

$$\frac{Q_2}{Q_1} \geq D.\left(1 + \frac{S}{Z + CF}\right)$$

Donde: $D = \frac{Ø_1}{Ø_2} = \frac{\text{(Relación B/V del diseño anterior)}}{\text{Relación B/V nuevo Diseño}}$

Es evidente que, a menos que se pueda incrementar considerablemente la relación B/V del producto, la organización tendrá que vender más para justificar la inversión de capital que supone la introducción del nuevo producto. Si por ejemplo la relación del nuevo producto se mantiene en el mismo nivel que el del producto anterior, D = 1.

De donde $\frac{Q_2}{Q_1} \geq \frac{S}{Z + CF} + 1$ o bien $Q_2 > Q_1$

Ejemplo 2-4

Se tiene que los costos fijos anuales de un producto son $ 2´000.000.oo y que el beneficio neto anual es de $400.000.oo, siendo el volumen medio de ventas mensuales de 800 unidades. Se planea un nuevo producto, que supone un gasto de preparación de $ 800.000.oo que deben amortizarse en dos años. Se espera que con los nuevos métodos de producción la relación B/V aumentara en un 10%.

¿Qué cifras de ventas anuales se requieren?

a) Para obtener el mismo beneficio neto
b) Para obtener, además de este beneficio, un rendimiento del 10% del capital invertido.

Solución:

a) La relación $D = \frac{Ø_1}{Ø_2} = \frac{1,0}{1,1} = 0,91$

Gasto adicional anual S = $ 800.000/2 = $400.000

$Q_2 \geq Q_1 \times D\ (1+ \frac{S}{Z+CF}) = 0{,}91 \times 12 * 800(1 + 400.000/2000.000+400.000) = 10192$

c) El primer año, hay que añadir el 10% de la inversión ($80.000) al beneficio, es decir, $40.000 el primer año

Z_2= $ 440.000, quedando entonces:

$Q_2 = Q_1 D.\ (\frac{Z_2+S+CF}{Z_1+CF}) = 12x800x0,\ 91\ (\frac{400.000+440.000+2000.000}{400.000+2000.000}) = 10338$

Igualmente el segundo año:

$$Z_2 = 400.000 + 80.000 = \$480.000$$

$Q_2 = D.\ (\frac{Z_2+S+CF}{Z_1+CF}) = 800x0,\ 95(\frac{400.000+480.000+2000.000}{400.000+2000.000}) = 10483$

2.7.6 Ejercicios de aplicación análisis económico de un nuevo producto

1. Se fabrica un producto en el punto de equilibrio, una comisión estudia la situación recomendando la sustitución del producto por un nuevo diseño a pesar de que los costos adicionales de preparación supondrán un 30% de los costos fijos. El departamento de ventas comunica a la comisión que se prevé que las ventas del nuevo producto superarán un 40% el nivel actual. ¿Qué opina usted del informe de la comisión? (Sustente matemáticamente su opinión)

2. El margen de seguridad del producto A es del 25% y su punto de equilibrio es de 2.000 unidades con una utilidad de $ 20.000.000.Se propone reemplazar el producto A por el producto B con un

aprovechamiento que supere en un 25% el aprovechamiento del producto A, requiriéndose una inversión adicional de $ 100.000.000 ¿Cuantas unidades tendrán que producirse del producto B cada año para asegurar que utilidad sea del 40% del capital invertido?

3. El margen de seguridad del producto A es del 25% y su punto de equilibrio es de 2.000 unidades con una utilidad de $ 20.000.000 Se propone reemplazar el producto A por el producto B con un aprovechamiento que supere en un 25% el aprovechamiento del producto A, requiriéndose una inversión adicional de $ 100.000.000.

¿Cuántas unidades tendrán que producirse del producto B cada año para asegurar que utilidad sea del 40% del capital invertido?

4. Las ventas del producto A son de 15.000 unidades al año y el punto de equilibrio lo tiene con 12.000 unidades al año. Los costos fijos son de $ 35.000.000 al año. Se va a reemplazar el producto A por el producto B haciendo una inversión total de $ 50.000.000 que deberán amortizarse en dos años. Se espera con esta decisión que aprovechamiento mejore un 20% y se obtenga un rendimiento del 15% sobre el capital invertido. ¿Cuántas unidades tendrán que producirse del producto B en el primero y segundo año para que sea rentable la decisión de reemplazo?

5. El margen de seguridad del producto “A” es del 50%. El punto de equilibrio se presenta con un volumen de 7.500 unidades y su utilidad es de $ 15.000. Se desea remplazar este producto por un producto “B” con el mismo aprovechamiento. La inversión requerida es de $ 60.000. ¿Cuántas unidades habrá que vender cada año, para

obtener además de la utilidad actual un beneficio del 20% sobre el costo adicional?

Capítulo 3

Planeación y Diseño de Procesos

El proceso contempla una serie de actividades diversas o tareas desarrolladas por un conjunto integrado de personas y equipos, que se encargan de transformar los recursos seleccionados en productos finales, ya sean bienes materiales o servicios.

La selección y distribución del equipo requerido para los procesos de transformación y la integración de la fuerza laboral y otros recursos en un todo de acuerdo con el equipo constituyen el diseño del proceso.

En el diseño de los procesos de producción, seleccionamos y describimos los procesos específicos que se utilizarán en producción. La planeación de los procesos es intensa para nuevos productos y servicios, pero también puede ocurrir un replanteamiento en la medida cambian las necesidades de capacidad o modifican las condiciones de la empresa o el mercado, o se encuentran disponibles máquinas técnicamente superiores.

El tipo de proceso de producción a seleccionar debe necesariamente seguir directamente las estrategias de las operaciones que incluyen decisiones en aspectos como los nuevos productos que deben desarrollarse y cuándo deben introducirse en la producción , qué nuevas instalaciones de producción son necesarias y cuándo lo son, y qué nuevas tecnologías y procesos de producción deben desarrollarse y cuándo son necesarios , y que esquemas de producción serán los que seguirían la producción de productos y servicios.

El diseño de los productos y el diseño de los procesos de producción están interrelacionados.

La Figura 3-1 mostrada adelante ilustra la idea de la ingeniería simultánea, que significa que el diseño de productos y servicios avanza al mismo tiempo que el diseño de los procesos con una interacción continúa.

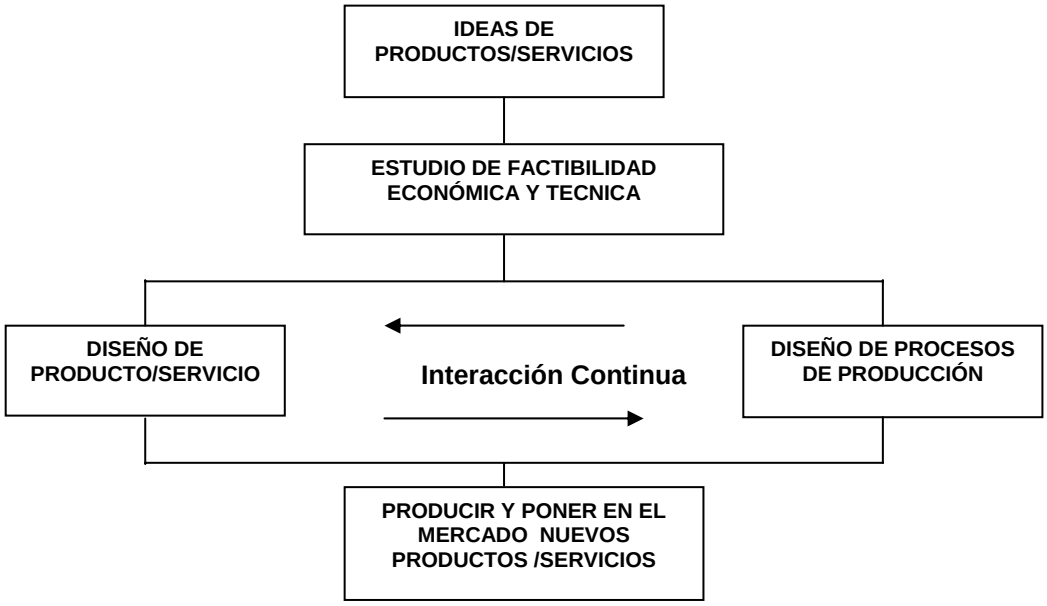


Figura 3-1 Diseño de ingeniería simultanea o recurrente

3.1 Factores principales que afectan las decisiones de diseño de los procesos.

- Naturaleza de la demanda de productos/servicios

Los procesos de producción deben tener una capacidad adecuada para producir el volumen de productos/servicios que desean los clientes y se han tener en cuenta las medidas necesarias para expandir o contraer la capacidad para satisfacer las necesidades del mercado.

De otro lado, los precios también afectan el volumen de ventas, el diseño del producto y la capacidad requerida de producción, al igual que los costos, por tanto, la selección del precio y la selección del diseño de los procesos de producción deben sincronizarse.

- Grado de integración vertical

La integración vertical consiste que una gran porción de la cadena de producción y distribución, desde los proveedores de los componentes hasta la entrega de los productos/servicios a los clientes, que se reúnen y despliega bajo la propiedad de la empresa.
El grado en que una empresa decide estar integrada verticalmente determina cuantos procesos de producción deben planearse y diseñarse.
Generalmente, como consecuencia de la escasez de capital así mismo de la capacidad de producción, las pequeñas empresas y los negocios que nacen deciden tener un grado de nivel de integración vertical.

Conforme crecen los negocios y maduran los productos, sin embargo, más y más la producción y la distribución de los productos típicamente será devuelto a la empresa conforme esta busca mejores formas de reducir los costos y consolidar sus operaciones.

La decisión si debe fabricar los componentes (o dar servicios) o comprarlos de los proveedores no es fácil.

En los últimos años una tendencia hacia el abastecimiento estratégico exterior (outsourcing); que es la adquisición externa del proceso para el propósito primario de ser capaz de reaccionar con mayor rapidez a los

cambios en la demanda de los clientes, a las acciones de los competidores y las nuevas tecnologías

- Flexibilidad de la producción

Un proceso de producción es flexible cuando es capaz de responder con rapidez a las necesidades de los clientes y tiene dos formas: flexibilidad del producto y flexibilidad del volumen, pero ambas determinadas en gran parte al diseñar e proceso de producción.

La flexibilidad del producto es la capacidad que tiene el sistema de producción para realizar con rapidez el cambio al producir un producto/servicio a producir otro. Los procesos de producción deben diseñarse para incluir nuevas formas de automatización flexible que permitan la variación de productos.

La flexibilidad en los volúmenes es la capacidad de aumentar o reducir rápidamente los volúmenes de productos/servicios producidos. Se requiere flexibilidad en los volúmenes cuando la demanda está sujeta a picos y planos o cuando resulta poco práctico poner en inventario anticipándose a la demanda de los clientes. En presencia de una demanda variable del producto, el equipo de bienes de capital en los procesos de producción deberá estar diseñado con capacidades de producción cercanas a los niveles pico de la demanda.

- Grado de automatización

La clave de la integración del sistema de producción es determinar el grado de automatización requerido en los procesos de producción. En primer lugar el equipo automatizado es muy costoso y resulta difícil

administrar la integración de la automatización en operaciones existentes en operaciones nuevas, por tanto la decisión no es a la ligera. La automatización puede reducir la mano de obra y los costos relacionados, pero en muchas aplicaciones la enorme inversión requerida por los proyectos de automatización no se puede justificar sólo debido a ahorros en la mano de obra.

Muchas empresas han sido motivadas por las metas de mejora de la calidad del producto y de la flexibilidad del producto por lo cual han efectuado enormes inversiones en proyectos de automatización igual que en los demás factores que afectan el diseño del proceso de producción. El grado apropiado de automatización para la producción de un producto/servicio debe proceder de las estrategias de las operaciones de la empresa. Si estas estrategias requieren una elevada calidad del producto y una gran flexibilidad en el mismo, la automatización puede ser un elemento importante en la estrategia de operaciones.

- Calidad del producto/servicio

El entorno competitivo, ha convertido la calidad en el arma fundamental en una batalla de mercados internacionales.
La elección del diseño de los procesos de producción queda afectado necesariamente por la necesidad de una mayor calidad en el producto.
En todos los pasos del diseño de proceso, la calidad del producto es un factor crucial en la mayoría de las decisiones de importancia.

3.2 Tipos de diseños de procesos.

Los tipos comunes de organizaciones de procedimientos de la producción son el enfocado al producto, el enfocado al proceso y la tecnología de grupo/manufactura celular.

Enfocado al producto

Es una forma de organización del procedimiento de la producción en la cual los departamentos de producción están organizados con el tipo de producto/servicio que se esta elaborando. En otras palabras, todas las operaciones de producción requeridas para producir un producto o servicio están por lo general agrupados en un mismo departamento de producción.

La producción enfocada al producto es aplicable a dos formas generales de producción: manufactura de unidades discretas y manufactura de proceso. La manufactura de unidades discretas quiere decir que se producen productos distintos o separados, como automóviles, televisores. Este tipo de productos se fabrican en lotes, requiriendo que el sistema se cambie entre lotes por la elaboración de otro producto. O el sistema puede estar dedicado solamente a un producto., con lo cual el sistema prácticamente nunca se modifica para otros productos. En la manufactura de unidades discreta, el término enfocado al producto se utiliza también a veces como sinónimo término línea de producción o línea de ensamble, como en los casos de plantas de ensamble de autos.

En la manufactura de procesos, los flujos de materiales se mueven entre las operaciones, como filtrado, molido, cocido, mezclado, separado, batido, fraccionado , evaporado, reducido o destilado. En esta forma de producción es común en la industria de los alimentos, cerveceras, químicas, refinerías de petróleo, petroquímica, plásticos, papel y cemento.

En comparación con otros tipos de producción, los sistemas enfocados al producto requieren por lo general niveles iníciales de inversión más elevados. Esta mayor inversión proviene de 1) uso de equipo más costoso, de manejo de materiales en posición fija, 2) el uso de equipo que es especial para un producto/servicio en particular.

Adicionalmente, la flexibilidad en la producción de estos sistemas tiende a constante baja porque ordinariamente son difíciles de modificar para uso de otros productos/servicio, a veces se compensa con la utilización de menores cantidades de mano de obra especializada, menor capacitación de los trabajadores, menos supervisión y facilidad de planear y controlar la producción.

Enfocado al proceso

Forma de producción en la cual las operaciones se agrupan según los tipos de proceso. En otras palabras, todas las operaciones de la producción que tengan procesos tecnológicos similares se engloban formando un departamento de producción. Por ejemplo, todas las operaciones de producción en una fábrica que se involucren pintura se agrupan en una sola ubicación formando un departamento de pintura.

Los sistemas enfocados a los procesos a menudo se conocen como producción intermitente, ya que esto se desarrolla intermitentemente sobre los productos, esto es, con base arrancar parar. Los sistemas enfocados a los procesos también se conocen comúnmente como talleres de tareas ya que los productos pasan de un departamento al siguiente en lotes (tareas) que en lo general han quedado terminados por los pedidos de los clientes.

3.3 Organización y tecnología de procesos

La organización tradicional de los procesos abarca el flujo variable, el flujo intermitente, el flujo repetitivo y el flujo continuo. Las características de estos procesos se describen a continuación.

Proceso de Flujo variable. Cuando se puede fabricar una amplia gama de productos según necesidades del cliente personal de apoyo es minoritario, si se compara con la fuerza laboral, y la comunicación entre esta y la administración es informal. Trabadores altamente calificados operan los equipos de propósito general, los cuales se ordenan mediante distribución por proceso.

Una distribución por proceso es aquella en que se colocan juntas las máquinas similares (como tornos, maquinas de coser) y actividades semejantes en los centros de trabajo.

La distribución por proceso es flexible por el curso del trabajo no depende de la distribución en planta. Los trabajos van de un centro laboral al próximo, dependiendo de las necesidades de manufactura. Generalmente tiende a formarse frente a las máquinas largas colas y

acumularse grandes inventarios de trabajo o productos en proceso; en otras palabras se forman cuellos de botella.

El cuello de botella se produce cuando la capacidad de la pieza de un equipo o de un grupo de trabajadores es menor que la de cualquier otro elemento del proceso.

Proceso de Flujo intermitente. Se caracteriza porque se fabrican grandes lotes de productos combinando equipos de propósito general con equipo de propósito especial. Al igual que el proceso de flujo variable, el contenido de trabajo de cada producto es elevado y la fuerza laboral debe ser altamente calificada y flexible. Sin embargo la programación de una línea de productos más limitada y tamaños mayores de lotes puede hacerse con más facilidad.

En un proceso de flujo intermitente, el equipo esta ordenado con frecuencia con una distribución por proceso, como en el flujo variable, o en una distribución por grupo de tecnología (celular): El Grupo de tecnología-GT se basa en la noción de semejanza y el concepto de manufactura celular que están muy relacionados.

La Distribución celular es aquella en la cual el equipo requerido para fabricar un conjunto de piezas se coloca junto.

Las piezas agrupadas por diseño tienen formas y tamaños correspondientes. Las piezas agrupadas por características de manufactura requieren los mismos pasos, materiales, montaje de maquinaria, procedimientos establecidos o habilidades de trabajo en el procedimiento.

Procesos de Flujo repetitivo. Se emplean cuando solo se fabrican unos pocos productos específicos estandarizados. La línea de montaje es el ejemplo clásico de este proceso. Para fabricar el producto se desarrolla un equipo de propósito especial y se ordena en un conjunto de centros de trabajo secuencialmente dependiente. Este ordenamiento se conoce como distribución por producto.

La distribución por producto consiste en agrupar juntos los equipos necesarios para la elaboración y ubicarlos de modo que la secuencia este de acuerdo con el recorrido del producto.

Proceso de Flujo continuo. Al igual que en los procesos de flujo repetitivo, la fuerza laboral orientada hacia el proceso se halla asistida por un gran personal de apoyo.

El contenido directo de trabajo en cada producto es bajo y el equipo empleado es más costoso e inflexible que el utilizado comúnmente en las plantas de flujo repetitivo.

3.4 diseño de procesos en empresas de servicio.

En muchos casos al diseñar un proceso de servicio, los consumidores influyen en el proceso; por ejemplo un banco, un supermercado, un hotel. En general, el tiempo que se necesita para servir a cada cliente es muy variable, así como misma naturaleza del servicio solicitado. La capacidad para crear un inventario de servicio en los períodos de baja demanda para contrarrestar los de alta demanda aumenta la dificultad de nivelar el flujo de producción.

Se distinguen dos partes en una operación de servicio: una que establece contacto con el cliente (operación externa) y otra que no tiene contacto con el cliente (operación interna.

Para el diseño de operaciones de contacto con el cliente, que cuando el cliente está inmerso en el proceso, es importante tener en cuenta sus necesidades sicológicas al diseñar la operación; esto debe plasmarse en distribución de las instalaciones. Las personas encargadas de a los clientes deben capacitarse en relaciones interpersonales así como en los detalles técnicos de las tareas.

Para el diseño de operaciones internas, pueden diseñarse como se hace con las operaciones de manufactura.

Las herramientas gerenciales de producción que más se utilizan en la planeación de flujo del proceso son los dibujos de ensamble, los diagramas de ensamble, las hojas de ruta y los diagramas de flujo del proceso. Cada una de ellas es una herramienta de diagnostico útil y se puede emplear para mejorar las operaciones durante el estado estable del sistema productivo.

El dibujo de ensamble es una vista ampliada del producto, en donde aparecen sus partes componentes.

El diagrama de ensamble utiliza la información que aparece en el dibujo de ensamble y define como se integran las partes, su orden de ensamble y con frecuencia el patrón global de flujo de materiales.

La hoja de operaciones y ruta especifica la ruta de operaciones y procesos para una parte particular. Suministra información como el tipo de equipos, herramientas y operaciones que se necesitan para completare la parte.

El diagrama de flujo del proceso utiliza símbolos de la Sociedad Norteamericana de Ingenieros Mecánicos –ASME- para indicar lo que sucede en el producto a medida que avanza la línea de producción.

Capítulo 4

Pronóstico y estimación de ventas

4.1 ¿Qué es pronosticar?

Es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Para esta labor de predecir podemos involucrar el manejo de datos históricos para proyectarlos al futuro, a través de algún tipo de modelo matemático. También podemos proponer una predicción del futuro en forma subjetiva o intuitiva. Así también podemos utilizar una combinación de ambas, es decir, un modelo matemático ajustado por el buen criterio de quién lo estima.

A través de diferentes y continuas aplicaciones de las técnicas de pronóstico, nos daremos cuenta que rara vez existe un modelo superior. Muchas veces lo que mejor funciona en una empresa bajo ciertas condiciones, podría se un fracaso completo en otra empresa, o porque no, en otro departamento de misma empresa.
SE dan ciertas limitaciones sobre lo que puede esperarse en la estimación de los pronósticos. Muy pocas veces son si acaso, perfectas; también resultan costosos y requieren tiempo en su preparación y seguimiento.

No obstante lo anterior, son escasos los negocios que pueden darse el lujo de evitar el proceso de establecer sus pronósticos para tan solo esperar lo que pueda suceder para tomar entonces las oportunidades.

4.2 Horizontes de tiempo en los pronósticos

Los pronósticos se clasifican generalmente en el horizonte de tiempo futuro que describen. Las tres categorías son útiles para los administradores de operaciones, y son:

1. *Pronósticos a corto plazo*. Tienen un lapso de tiempo hasta de un año, pero generalmente menor a tres meses. Se utilizan para planear la programación de planta, niveles de fuerza laboral, asignaciones de trabajo y niveles de producción y las compras.
2. *Pronostico a mediano plazo*. Un pronóstico de mediano plazo, o intermedio, por lo general tiene un lapso de tiempo de tres meses a tres años. Es muy utilizado en la planeación de producción y análisis de varios planes de operación, presupuestos, planeación de ventas y presupuesto de efectivo.
3. *Pronóstico a largo plazo*. Generalmente con un lapso de tiempo de tres años o más, los pronósticos a largo plazo se utilizan para planear nuevos productos, localización de instalaciones o su expansión, desembolso de capital y para investigación y desarrollo.

4.3 Enfoques para pronosticar

Existen dos enfoque generales para pronosticar, así como existen dos maneras de abordar todos los modelos de decisión:

Los pronósticos cualitativos o subjetivos involucran algunos factores importantes tales como la intuición, emociones, experiencias personales del que toma la decisión, y sistemas de valores para alcanzar un pronóstico.

Los pronósticos cuantitativos por su parte incorporan una gran variedad de modelos matemáticos que utilizan datos históricos y/o variables causales para pronosticar la demanda o ventas futuras.

Algunas compañías utilizan solo una forma, algunas utilizan la otra, pero en la práctica una combinación o mezcla de los dos estilos podría ser generalmente lo más efectivo.

4.4 Repaso de los métodos cualitativos

Se consideran cuatro técnicas de pronóstico *cualitativo* diferentes:

4.4.1. Jurado de opinión ejecutiva o consenso del comité ejecutivo:

Las predicciones pueden desarrollarse interrogando a un pequeño grupo de altos ejecutivos eruditos de diferentes departamentos y forman un comité para analizar sus opiniones en cuanto a los valores futuros de las ventas y de otros aspectos por predecir. Esta técnica permite la fusión de las opiniones de una sección de expertos ínter funcionales, pero los factores sociales o la presencia de un miembro poderoso puede impedir que el grupo llegue a un verdadero consenso, llegándose prácticamente en la mayoría de los casos a un pronóstico negociado. Se utiliza a menudo en combinación con modelos estadísticos, y se obtiene una estimación de grupo sobre la demanda. Esta técnica es relativamente económica y es la más utilizada en predicciones a mediano y largo plazo.

4.4.2. Método DELPHIS: Se utiliza para lograr un consenso dentro de un comité. En este método se involucra un grupo de expertos que comparten información y eventualmente llegan a un consenso en una predicción a largo plazo con respecto a las tecnologías del futuro o las ventas futuras de un nuevo producto.

En el método DELPHIS los miembros del panel usualmente se ubican en diferentes lugares y participan desde el anonimato. Esto ayuda a reducir la influencia de los ejecutivos poderosos y los efectos arrolladores de la opinión mayorista. Aunque tome más tiempo hacer la predicción, el resultado tiende a ser más preciso que los generados por medio del enfoque de consenso del comité ejecutivo.

Cada miembro del panel llena un cuestionario preparado y lo devuelve al coordinador de la empresa, quien sintetiza los resultados y los utiliza para preparar un nuevo cuestionario. Cada respuesta se retroalimenta en cada sesión., el nuevo cuestionario y el resultado resumido del primero se envían a los miembros del panel con información utilizada por ellos que todavía no este disponible para los otros. Después de repasar los resultados resumidos e información nueva, los miembros del panel defienden o modifican sus puntos de vista originales. El proceso se repite hasta que se logre una predicción de consenso o hasta llegar a un número determinado de iteraciones. Pudiesen requerirse hasta seis sesiones antes de alcanzar consenso sobre los pronósticos

4.4.3. Estructura de la fuerza de ventas: En muchas compañías la fuerza de ventas entra en contacto directo con los clientes, lo cual constituye una buena fuente de información que considera las intenciones de los clientes a corto y mediano plazo. Las estimaciones de ventas se obtienen individualmente a partir de cada uno de los miembros de la fuerza de ventas. Estas estimaciones se combinan a fin de elaborar una estimación de las ventas en todas las regiones o zonas. Este conocimiento puede ayudar a la empresa a lograr una predicción con rapidez y bajo costo.

El administrador de distrito emplea los estimados de ventas individuales para crear una predicción de distrito. Los administradores deben ajustar los estimados individuales para reducir las inclinaciones optimistas(o la pesimista, sí la fuerza de ventas recibe bonos por exceder las proyecciones).Las predicciones de distrito se combinan entonces hasta crear una predicción global.

4.4.4. Encuesta a los clientes: Una empresa también puede hacer sus predicciones en los planes establecidos de compras futuras de sus clientes actuales y potenciales mediante una encuesta a los clientes.

Esta información puede obtenerse directamente por medio de encuestas personales, por teléfono, correo o por fax para determinar los volúmenes de productos que la empresa puede adquirir en cada periodo en el futuro y se prepara un pronóstico de ventas combinando las respuestas individuales de los cliente. Una vez combinada la información proveniente de las empresas, normalmente se ajusta por un factor de experiencia que tiene en cuenta la relación histórica entre los requerimientos establecidos de los clientes y las compras reales, así como la proporción anticipada del mercado de los fabricantes. Estas cifras de ajuste se utilizan como predicción de la demanda.

La mejor información es la que se solicita a los clientes. Para muchas empresas esto no es práctico y solicitar una muestra representativa de sus planes es suficiente.

Existen muchas maneras de estructurar las muestras; las simples y estratificadas al azar, las sistemáticas y las de grupo se encuentran entre las estructuras más comunes.

Puede ayudar no solamente a preparare el pronóstico sino también a mejorar el diseño del producto y la planeación de productos nuevos.

4.5 Repaso de los métodos cuantitativos

Se tratarán cinco métodos cuantitativos para pronosticar. Ellos son:

1. Simplista
2. Promedios Móviles
3. Suavización Exponencial
4. Proyección de Tendencia
5. Modelo causal de Regresión Lineal

Los primeros cuatro se llaman modelos de *series de tiempo*. Ellos predicen sobre la base de la suposición de que el futuro es una función del tiempo pasado. En otras palabras, ellos ven lo que ha pasado en un período de tiempo y usan una serie de datos pasados para hacer el pronóstico.

El último modelo, la Regresión Lineal, es un *modelo causal*, incorpora al modelo las variables o factores que pueden influenciar la cantidad que se pronostica.

4.5.1 Pasos para determinar un sistema de pronóstico

Independientemente del método utilizado para pronosticar, se siguen los siete pasos en su orden a saber:

1. Determinar el uso del pronóstico ¿Qué objetivos se persigue obtener?

2. Seleccionar la variable que se va a pronosticar
3. Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico ¿Es a corto, mediano o largo plazo?
4. Buscar los datos históricos necesarios para hacer el pronóstico
5. Graficar los datos históricos, para observar su comportamiento
6. Seleccionar y validar el modelo de pronóstico
7. Hacer el pronóstico e instrumentar los resultados.

4.5.2 Pronósticos de series de tiempo

Una serie de tiempo se basa en la secuencia de puntos de datos separados de manera uniforme (semanal, mensual, trimestral y así sucesivamente). El pronóstico de serie de tiempo implica que los valores futuros se predicen únicamente a partir de los valores pasados, y que cualquier otra variable se ignore, no importa que tan valiosa sea.

4.5.3 Descomposición de una serie de tiempo

El análisis de las series de tiempo propone fraccionar los datos en componentes para proyectarlos hacia el futuro: Una serie de tiempo tiene cuatro componentes típicos: tendencia, estacionalidad, ciclos y variación al azar.

a) Tendencia (T) es el movimiento gradual, ascendente o descendente, de los datos a través del tiempo.

b) Estacionalidad (E) es el patrón de datos que se repite a sí mismo después de un período de días, semanas, meses o trimestres (de este último surgió el término estacionalidad, por las estaciones: invierno, primavera, otoño y verano).

c) *Ciclos (C)* son patrones que ocurren en los datos cada varios años. Generalmente se encuentran ligados al ciclo del negocio y son de importancia vital en el análisis y planeación de negocios a corto plazo.

d) *Variaciones al azar (A)* son señales en los datos causadas por oportunidades y situaciones inusuales, no siguen un patrón predecible.

En estadística existen dos formas generales de modelos de series de tiempo. El más ampliamente utilizado es un modelo multiplicativo, que asume que la demanda es el producto de los cuatro componentes:

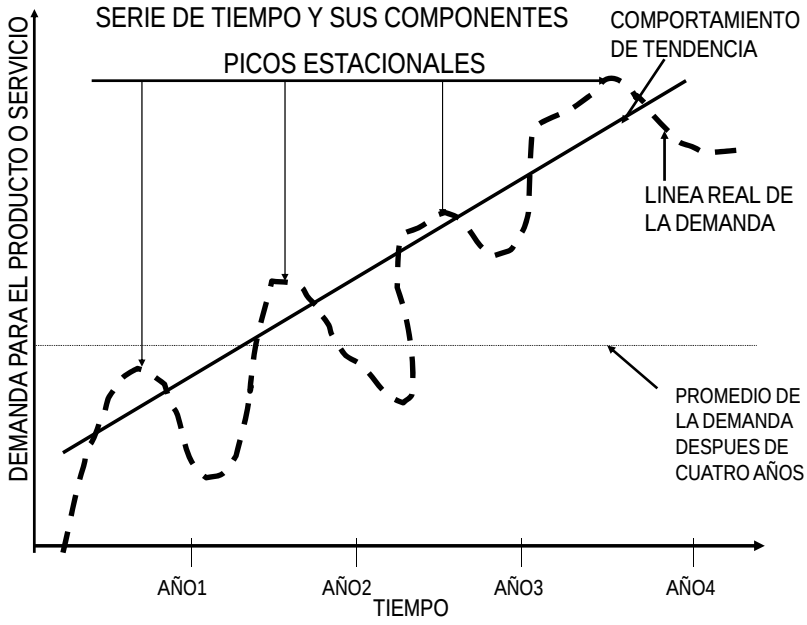
Demanda = T x E x C x A

Un modelo aditivo ofrece un estimado mediante la suma de los componentes. Se establece como:

Demanda = T+ E+C+A

En los modelos del mundo real, los que pronostican asumen que las variaciones al azar se promedian en el tiempo. Por lo tanto, se concentran únicamente en el componente estacional. Un componente es la combinación de la tendencia y los factores cíclicos.

Figura 4-1



4.5.4 Pronósticos de serie de Tiempo

4.5.4.1 Promedio Simplista

La manera más fácil de pronosticar es asumir que la demanda del siguiente período es exactamente igual a la demanda del período inmediatamente anterior. En pocas palabras, si las ventas de un producto, por ejemplos celulares, fueron de 150 unidades en el mes de julio, podemos pronosticar que las ventas de agosto serán también de 150 unidades. ¿Qué sentido tiene esto? Resulta que algunas líneas de productos, seleccionan a este enfoque de *pronóstico simplista* porque es el modelo de pronóstico más eficiente en cuanto a costo y más objetivo. La objeción principal al uso de estos procedimientos para el pronóstico a

corto plazo es que son tan simplistas que lo más probable es que arrojen un error sustancial de pronóstico.

4.5.4. 2 Promedios Móviles

Los *promedios móviles* son útiles si se asume que las demandas del mercado serán más o menos constantes durante un período de tiempo. Un promedio móvil de cuatro meses se toma sencillamente, como la suma de la demanda durante los últimos cuatro meses dividida entre 4. Con cada mes que pasa, el dato del mes más reciente se adiciona a la suma de los datos de los tres meses previos, y el primer mes se suprime. Esto tiende a suavizar las irregularidades a corto plazo en las series de datos.

Matemáticamente, el promedio móvil simple (que sirve como estimación de la demanda del período siguiente) se expresa como:

$$\text{Promedio móvil} = \frac{\Sigma \text{ Demanda en } n \text{ períodos prévios}}{n}$$

Donde n es el número de períodos en el promedio móvil, por ejemplo, cuatro, cinco o seis meses, respectivamente, para un promedio móvil de cuatro, cinco o seis períodos.

Ejemplo 4-1

Las ventas de Licuadoras en un almacén de electrodomésticos en Barranquilla se muestran en la columna central de la siguiente tabla. Un promedio móvil de tres meses aparece a la derecha.

MES	Ventas reales de licuadoras	Promedio móvil de tres meses
Enero	20	
Febrero	24	
Marzo	28	
Abril	32	(20+24+28)/3 = 24
Mayo	36	(24+128+32)/3 = 28
Junio	40	(28+32+36)/3 = 32
Julio	56	(32+36+40)/3 = 36
Agosto	60	(36+40+56)/3 = 44
Septiembre	40	(400+56+60)/3 =52
Octubre	50	(56+60+40)/3 = 52
Noviembre	48	(60+40+50)/3 = 50
Diciembre	64	(40+50+48)/3 = 46
Enero		(50+48+64)/3 = 54

4.5.4.3 Promedios móviles ponderados

Cuando existe una tendencia o patrón, los pesos pueden ser utilizados para poner más énfasis en los valores resientes, esto hace que las técnicas sean más sensibles a los cambios, ya que los períodos resientes pueden tener mayor peso. Decidir qué pesos se van a utilizar requiere de alguna experiencia y un poco de suerte. La elección de pesos es de alguna forma arbitraria ya que no existe fórmula alguna para determinarlos. Si el último mes o período tiene demasiado peso, el pronóstico puede reflejar un cambio rápido e inusual en la demanda o patrón de ventas.

Un promedio móvil ponderado se puede expresar matemáticamente como:

$$\text{Promedio móvil} = \frac{\Sigma(\text{Peso para el período } n)(\text{ Demanda para el período } n)}{\Sigma \text{ Pesos}}$$

Ejemplo 4-2:

El Almacén del Ejemplo 4-1, sea pronosticar las ventas de licuadoras pesando los últimos tres meses como sigue:

esos aplicados	Período
3	Último mes
2	Hace dos meses
1	Hace tres meses
6	Suma de los pesos

Pronóstico para este mes =

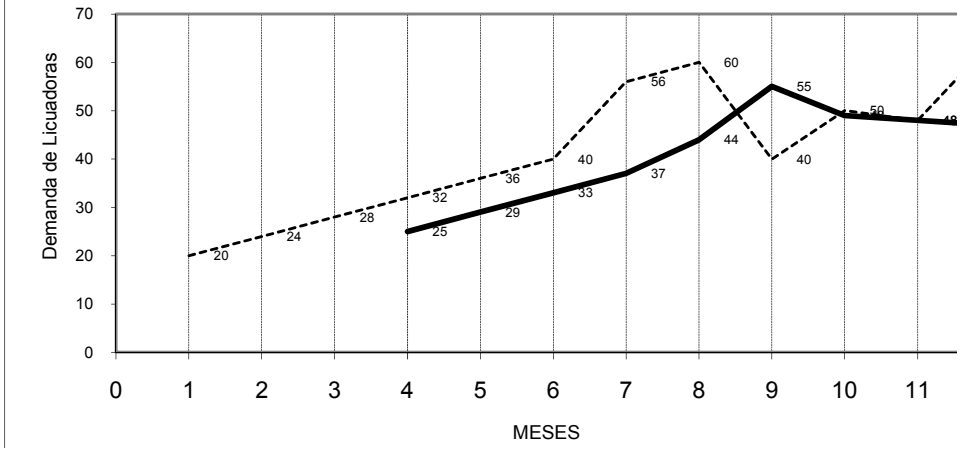
$$\frac{3 \times \text{Ventas del último mes} + 2 \times \text{Ventas de hace dos meses} + 1 \times \text{Ventas de hace tres meses}}{6 \text{ (Suma de los pesos)}}$$

Los resultados de este pronóstico de promedios ponderados se muestran en la siguiente tabla:

MES	Ventas reales de licuadoras	Promedio móvil ponderado para tres meses
Enero	20	
Febrero	24	
Marzo	28	
Abril	32	(3x28+ 2x24 + 1x20)/6 = 25
Mayo	36	(3x32+ 2x28 + 1x24)/6 = 29
Junio	40	(3x36+ 2x32 + 1x28)/6 = 33
Julio	56	(3x40+ 2x36 + 1x32)/6 = 37
Agosto	60	(3x56+ 2x20 + 1x36)/6 = 44
Septiembre	40	(3x60+ 2x56 + 1x40)/6 = 55
Octubre	50	(3x40+ 2x60 + 1x56)/6 = 49
Noviembre	48	(3x50+ 2x40 + 1x60)/6 = 48
Diciembre	64	(3x48+ 2x50 + 1x40)/6 = 47
Enero		(3x64 +2x48 + 1x50)/6 = 56

Tanto los promedios móviles simples como los ponderados son efectivos para suavizar las variaciones abruptas en el patrón de demanda, con el fin de ofrecer estimados estables. Sin embargo, los promedios móviles tienen tres problemas. Primero, el incremento del valor de *n* (Número de periodos promediados) suaviza mejor las fluctuaciones, pero al método menos sensitivo a los cambios reales en la información. Segundo, los promedios móviles no pueden reconocer muy bien las tendencias. Puesto que son promedios, siempre se mantendrán dentro de los niveles pasados, y no predecirán un cambio a mayor o menor nivel. Finalmente, los promedios móviles requieren de una gran cantidad de registros de datos anteriores.

Figura 4-2 Pronóstico de promedio movil ponderado



4.5.4.4 Suavización Exponencial

La suavización exponencial es un método de pronóstico fácil de usar y se maneja en forma eficiente por medio de las computadoras. Aunque es un tipo de técnica de los promedios móviles, involucra poco respaldo de información pasada: la fórmula de la suavización exponencial básica se muestra a continuación:

Pronóstico nuevo = Pronóstico del último período $+\alpha$(Demanda real del último período-Pronóstico del último período)

Donde α es un peso, o constante de suavización, que tiene un valor entre 0 y 1, inclusive.

La ecuación relacionada antes, también pude escribirse como:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha\,(A_{t-1} - F_{t-1})$$

Donde:

F_t = el pronóstico nuevo

F_{t-1} = el pronóstico anterior

α = constante de suavización ($0 \leq \alpha \leq 1$)

A_{t-1} = demanda real del período anterior

El concepto no es complejo. La última estimación de la demanda es igual a la estimación anterior ajustada por una fracción de la diferencia entre la demanda real del período anterior y el estimado anterior.

Ejemplo 4-3:

En Junio, un transportador de turistas pronosticó una demanda en Julio para 200 viajes por mes. La demanda real de Junio fue de 180 viajes. Utilizando una constante de suavización de α = 0.25, podemos

pronosticar la demanda de Agosto usando el módulo de suavización exponencial, al sustituir en la fórmula se obtiene:

El pronóstico nuevo (para la demanda de Agosto) =200+0,25(180-200)=195.

Por lo que el pronóstico de la demanda para viajes para el mes de agosto se estima en 195.

La constante de suavización α , esta generalmente en el rango de 0,05 a 0,50 para aplicaciones de negocios. Puede cambiarse para dar mayor peso a los datos recientes (cuando α es alta), o mayor peso a los datos anteriores (cuando α es baja). La importancia de los datos de períodos pasados se reduce rápidamente cuando α se incrementa. Cuando α alcanza el extremo de 1,0 entonces $F_{t-1}= 1,0A_{t-1.}$ Todos los demás valores anteriores se eliminan, y el pronóstico se vuelve idéntico al modelo simplista. Esto significa que el pronóstico para el siguiente período es justamente igual a la demanda del actual.

La siguiente ayuda a ilustrar este concepto. Por ejemplo, cuando α =0,5, se puede observar qué nuevo pronóstico se basa en casi en su totalidad en la demanda de los últimos tres o cuatro períodos. Cuando α =0,1, el pronóstico proporciona poco peso en la demanda reciente y toma muchos períodos de valores históricos en consideración.

Constante de suavización	Período más Reciente α	Segundo período más Reciente $\alpha(1-\alpha)$	Tercer período más Reciente $\alpha(1-\alpha)^2$	Cuarto período más reciente $\alpha(1-\alpha)^3$	Quinto período más Reciente $\alpha(1-\alpha)^4$
α = 0,1	0,1	0,09	0,081	0,073	0,066
α =0,5	0,5	0,25	0,125	0,063	0,031

- **Selección de la constante de suavización**

El método de suavización exponencial es fácil de usar, y se ha aplicado satisfactoriamente en bancos y compañías financieras, empresas manufactureras, mayoristas y otras organizaciones. El valor adecuado de la constante de suavización α hace la diferencia entre el pronóstico exacto y el inexacto. Al seleccionar un valor para la constante de suavización, el objetivo es obtener el pronóstico más exacto. La exactitud global de un modelo de pronóstico puede determinarse al comparar los valores pronosticados contra los valores observados o reales.

El error del pronóstico se define como:

Error del pronóstico = Demanda - Pronóstico

Una medida del error global del pronóstico para un modelo de desviación media absoluta (DAM). Esta se calcula al sumar los valores absolutos de los errores individuales del pronóstico y dividiéndolos entre el número de períodos de información (n):

$$DAM = \frac{\Sigma|\text{errores del pronóstico}|}{n}$$

Ejemplo 4-4:

El puerto de Santa Marta ha descargado grandes cantidades de carne de barcos procedentes de Argentina durante los ocho trimestres pasados. El administrador de operaciones del puerto desea probar el empleo de la suavización exponencial y la efectividad del método en la predicción del tonelaje descargado. Él asume que el pronóstico en el primer trimestre fue de 350 toneladas. Se examinan los dos valores de α, α = 0,1 y α =

0,5. La siguiente tabla muestra los cálculos detallados únicamente para α = 0,1:

Trimestre	Tonelaje Descargado real	Pronóstico redondeado usando α = 0,10*	Pronóstico redondeado usando α = 0,50*
1	360	350	350
2	336	351=350 + 0.1(360-350)	355
3	318	350=351 + 0.1(336-351)	346
4	350	347= 350+ 0.1(318-350)	332
5	380	347=347+ 0.1(350-347)	341
6	410	350=347+ 0.1(380-347)	361
7	360	356=350+0.1(410-350)	386
8	384	356=356+0.1(360-356)	373
9	?	359=356+0.1(384-356)	379

*Pronóstico redondeado a la tonelada más cercana

Para evaluar la exactitud de cada constante de suavización se pueden calcular las desviaciones absolutas y DAM.

Trimestre	Tonelaje Descargado Real	Pronóstico redondeado con α = 0,10	Desviación Absoluta para α = 0,10	Pronóstico redondeado con α = 0,50	Desviación absoluta para α = 0,50
1	360	350	10	350	10
2	336	351	15	355	19
3	318	350	32	346	28
4	350	347	3	332	18
5	380	347	33	341	39
6	410	350	60	361	49
7	360	356	4	386	26
8	364	356	8	373	9
Suma de desviaciones absolutas:			165		179
DAM=$\Sigma \lvert \text{desviaciones} \rvert$ / n			20,62		22,37

Sobre la base de éste análisis, una constante de suavización α = 0,10 se prefiere a α = 0,50 porque su DAM es menor.

4.5.5.5 Proyecciones con tendencia.

Esta técnica ajusta una línea de tendencia a una serie de puntos de datos históricos, y después proyecta la línea hacia el futuro para pronósticos de un rango de mediano a largo plazo. Se pueden desarrollar varias ecuaciones matemáticas con tendencia (por ejemplo, exponenciales y cuadráticas), pero sólo desarrollaremos las tendencias lineales.

Al desarrollar una línea de tendencia mediante un método estadístico preciso, se puede aplicar el *método de mínimos cuadrados*. Este método da por resultado una línea recta que minimiza la suma de los cuadrados de las diferencias verticales entre la línea y cada una de las observaciones reales.

Una línea de mínimos cuadrados se describe en términos de su intersección- *y* (la altura a la cual intercepta el eje –*y)* y su pendiente (el ángulo de la línea). Si se puede calcular la pendiente e intersección – *y,* es posible expresar la línea en la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = a + bx$$

Donde:

$\hat{y} =$ Llamada “y testada” = valor calculado de la variable a predecir (llamada variable dependiente)

a = intersección eje – *y,*

b = pendiente de la línea de regresión (o rango de cambio en *y* para cambios dados en *x*) *x* = la variable independiente (que en este caso es el tiempo)

Profesionales de la Estadística han desarrollado ecuaciones que pueden ser utilizadas para encontrar los valores de las variables *a* y *b*, en cualquier recta de regresión. La pendiente *b* se encuentra por:

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2}$$

Donde:

b = pendiente de la línea de regresión
Σ = signo de sumatoria
x = valores de las variables independientes
y = valores de las variables independientes
$\bar{x}$ = el promedio de los valores de las *x*
$\bar{y}$ = el promedio de los valores de las *y*
n = el número de puntos de datos, eventos u observaciones

Se puede calcular la intersección de *a* con *y* como sigue:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Ejemplo 4-5:
La demanda para la energía eléctrica en Bogotá en el período 1999-2005 se muestra a continuación, en megawatts. Ajustar una línea recta con tendencia a estos datos y pronosticar la demanda de 2007.

Año	***Demanda de energía eléctrica***
1999	296
2000	316
2001	320
2002	360
2003	420
2004	572
2005	488

Con una serie de datos en el tiempo, se pueden minimizar los cálculos mediante la transformación de los valores de *x* (tiempo) a números más simples. Por lo tanto, en este caso, se puede asignar a 1999 como año 1, 2000, como año 2, y así sucesivamente.

Año	Período	Demanda de energía eléctrica	x^2	xy
1999	1	296	1	296
2000	2	316	4	632
2001	3	320	9	960
2002	4	360	16	1440
2003	5	420	25	2100
2004	6	572	36	3432
2005	7	488	49	3416
Σ	28	2772	140	12276

$$x = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{28}{7} = 4, \quad y = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{2772}{7} = 396$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} = \frac{12276 - (7)(4)(396)}{140 - (7)(4)^2} = 42.43$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 396 - 42.43\ (4) = 226.28$$

En consecuencia, la ecuación de tendencia de los mínimos cuadrados es

$$y = 226.28 + 42{,}43x$$

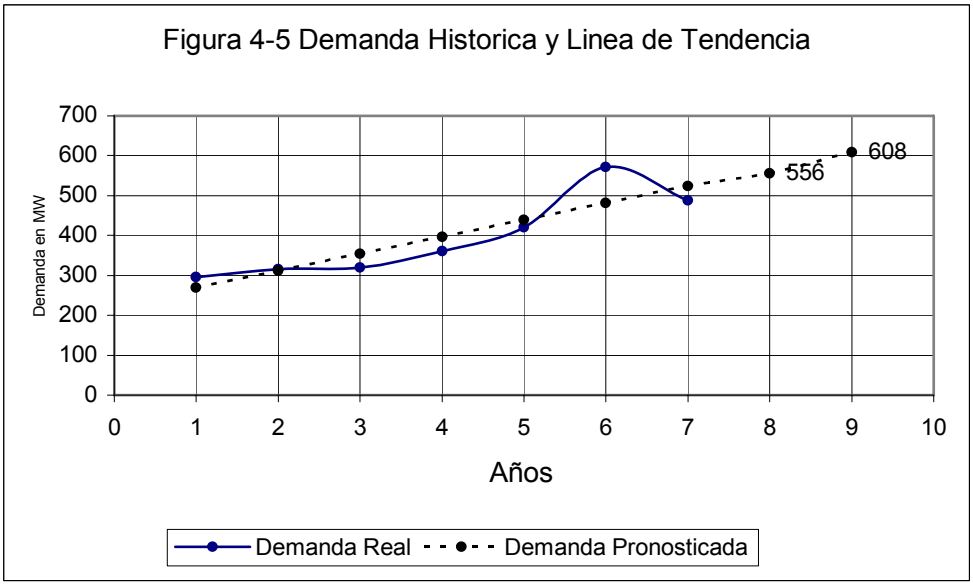
Para proyectar la demanda en 2006, primero se denota el año de 1999 en el número 1 nuevo sistema de codificación como $x = 8$

(Demanda en 2006) = 226.28 + 42.43 (8) = 565.72, o 566 megawatts

Se puede estimar la demanda para 2007= 226.28 + 42.43 (9) = 608 megawatts

Para verificar la validación del modelo, se grafica la demanda histórica y la línea de tendencia en Figura 4-5. En este caso, se pueden tomar precauciones y tratar de entender las oscilaciones en la demanda 1999 – 2.006.

Figura 4-5 Demanda Historica y Linea de Tendencia



Coeficiente de Correlación (r)

El coeficiente de correlación r explica la importancia relativa de la relación entre y *y* x; si signo de r, la dirección de dicha relación, y el valor absoluto de r, la magnitud de la relación. r puede asumir cualquier valor entre -1 y +1: el signo de r será siempre igual al signo de b. Una r negativa indica que los valores de y *y* de x tienden a moverse en direcciones opuestas, y una r positiva indica que los valores de y *y* de x se mueven en la misma dirección. A continuación los significados de varios valores de r:

El valor de este coeficiente varía entre 0.0 y 1.0. Entre más tienda r a 1, es más fuerte el grado de correlación. Se pueden destacar los siguientes cuatro niveles de correlación:

1.00-0.90 Fuerte
0.89-0.70 Buena
0.69-0.45 Mediana
0.44 y menos Débil

$$r = \frac{n\sum xy - \sum \bar{x}\sum \bar{y}}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2 (n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

En donde r es el coeficiente de correlación y n es el número de puntos o datos.

Si aplicamos la anterior fórmula al ejemplo desarrollado para medir el grado de correlación del pronóstico ente y *y* x tenemos:

Año	**Período**	**Demanda de energía eléctrica**	**x^2**	**xy**	**y^2**
1999	1	296	1	296	87616
2000	2	316	4	632	99856
2001	3	320	9	960	102400
2002	4	360	16	1440	129600
2003	5	420	25	2100	176400
2004	6	572	36	3432	327184
2005	7	488	49	3416	238144
Σ	28	2772	140	12276	1161200

$$r = \frac{(7)(12276)-(28)(2772)}{\sqrt{[(7)(140) - (784)][(7)(116120\ 0) - (7683984)]}} = 0.891$$

Lo que significa que existe una relación positiva fuerte entre el consumo anual de energía y el transcurrir del tiempo.

Variaciones de información estacionales-Descomposición mediante la regresión de mínimos cuadrados**.**

El pronóstico de series de tiempo, involucra examinar la tendencia de los datos a través de una serie de observaciones en el tiempo. Sin embargo, algunas veces, las variaciones recurrentes en ciertas estaciones del año ejercen, de forma necesaria un ajuste estacional en el pronóstico de la línea de tendencia. Por ejemplo, la demanda de carbón y petróleo combustible, generalmente tiene puntos máximos durante los fríos meses de invierno. La demanda de vestidos de baño o loción para broncear pueden tener sus puntos máximos durante el verano. El análisis de datos en términos mensuales o trimestrales generalmente facilita a la persona que hace la estadística señalar los patrones estacionales. Los índices estacionales pueden desarrollarse mediante varios métodos comunes. En el Ejemplo 4-5 se ilustra una manera de calcular factores estacionales a partir de datos históricos.

Para simplificar el ejemplo, se utilizaron únicamente dos períodos por cada índice mensual, por esa causa se ignoraron los cálculos de tendencia. El ejemplo ilustra la manera en que los índices que se han calculado pueden ser aplicados para ajustar los pronósticos de línea de tendencia.

A continuación se muestran las ventas mensuales de Micro - computadoras Acer en Bogotá para 2004-2005.

Mes	*Demanda de Ventas 2004*	*Demanda de Ventas 2005*	*Demanda Promedio 2004-2005*	*Índice Estacional Promedio***
Enero	160	200	180	0.941
Febrero	150	190	170	0..888
Marzo	160	180	170	0.888
Abril	180	220	200	1.045
Mayo	230	260	245	1.281
Junio	220	240	230	1.203
Julio	200	220	210	1.096
Agosto	180	220	200	1.045
Septiembre	190	190	190	0.993
Octubre	150	190	170	0.888
Noviembre	150	190	170	0.888
Diciembre	160	160	160	0.837

Demanda Total promedio = 191,25

*Demanda mensual promedio = 22958/12 meses =191,25

**Índice estacional = Demanda promedio 2004-2005/Demanda mensual promedio.

Ahora calcularemos la demanda desestacionalizada:

Mes	*No.*	*Demanda Desestacionalizada 2004*	*No.*	*Demanda Desestacionalizada 2005*
Enero	1	170	13	213
Febrero	2	169	14	214
Marzo	3	180	15	203
Abril	4	172	16	210
Mayo	5	180	17	203
Junio	6	183	18	200
Julio	7	182	19	201
Agosto	8	172	20	211
Septiembre	9	191	21	191
Octubre	10	169	22	214
Noviembre	11	169	23	214
Diciembre	12	191	24	191

Con la demanda desestacionalizada calcularemos los parámetros para línea de tendencia por el método de Mínimos cuadrados:

X	Meses	Demanda Y	XY	X^2
1	Enero	170	170	1
2	Febrero	169	338	4
3	Marzo	180	540	9
4	Abril	172	688	16
5	Mayo	180	900	25
6	Junio	183	1206	36
7	Julio	182	1274	49
8	Agosto	172	1376	64
9	Septiembre	191	1719	81
10	Octubre	169	1690	100
11	Noviembre	169	1859	121
12	Diciembre	191	2292	144
13	Enero	213	2769	169
14	Febrero	214	2996	196
15	Marzo	203	3045	225
16	Abril	210	3360	256
17	Mayo	203	3451	289
18	Junio	200	3600	324
19	Julio	201	3819	361
20	Agosto	211	4220	400
21	Septiembre	191	4011	441
22	Octubre	214	4708	484
23	Noviembre	214	4922	529
24	Diciembre	191	4584	576
300		4593	59537	4900

$$b = \frac{\Sigma x\, y - n\, x\, y}{\Sigma x^2 - n x^2} = \frac{59537-(24)(12,5)(191.37)}{4900-(24)\,(12.5)^2} = 1,85$$

$$a = y - b\,x = 191.37 - 1.85\,(12.5) = 168.28$$

Es decir, la ecuación de la línea de ajuste nos queda: y = 168.28 +1,85x

Ahora Proyectaremos para el año 2006 y desestacionalizamos sus datos:

X	Meses	con base Regresión	Factor	Proyección xFactor
25	Enero	214	0.941	202
26	Febrero	216	0.888	192
27	Marzo	218	0.888	194
28	Abril	220	1.045	230
29	Mayo	222	1.281	284
30	Junio	224	1.203	269
31	Julio	226	1.096	247
32	Agosto	227	1.045	238
33	Septiembre	229	0.993	228
34	Octubre	231	0.888	205
35	Noviembre	233	0.888	207
36	Diciembre	235	0.837	197

Ejemplo 4- 7:

El gerente de Chocolates de Colombia ha utilizado la regresión en series de tiempo para pronosticar la venta de menudeo para los próximos cuatro trimestres.

Las ventas estimadas son de $ 100.000.000, $120.000.000, $140.000.000 y $160.000.000 para los respectivos trimestres. Los índices estacionales para los cuatro trimestres son de 1,30; 0,90; 0,70 y 1,15, respectivamente.

Para calcular un pronóstico estacional o de ventas ajustado, se debe multiplicar cada índice estacional por el pronóstico de la tendencia adecuado.

$$Y_{\text{estacional}} = (\text{índice}) \times (y_{\text{pronóstico de la tendencia}})$$

Entonces para:

Trimestre I: $y_1 = (1.30)\ (100.000.000) =$ \$130.000.000.oo

Trimestre II: $y_2 = (0.90)\ (120.000.000) =$ \$108.000.000.oo

Trimestre III: $y_3 = (0.70)\ (140.000.000) =$ \$98.000.000.oo

Trimestre IV: $y_4 =$ (1.15) (160.000.000) = $184.000.000.oo

4.5.5 Método de pronóstico causal- análisis de regresión

Los modelos de *pronóstico causal* generalmente consideran algunas variables que están relacionadas con la variable que se predice. Una vez que estas variables relativas se han encontrado, se construye y utiliza un modelo estadístico para pronosticar la variable de interés. Este intento es más poderoso que los métodos de serie de tiempo que únicamente utilizan los datos históricos para pronosticar la variable.

Se pueden considerar muchos factores en un análisis causal. Por ejemplo, las ventas de un producto pueden estar relacionadas con el presupuesto de publicidad de la empresa, los precios de competidores y las estrategias promociónales, o aun las tasas económicas y de desempleo. En este caso, las ventas serían llamadas *variable dependiente* y otras variables serían llamadas *variables independientes*. El trabajo del administrador es de desarrollar la mejor relación estadística entre las ventas y las variables independientes. El modelo de pronóstico causal cuantitativo más común es el **análisis de regresión lineal.**

- **Uso del análisis de regresión para pronosticar**

Se puede utilizar el mismo modelo matemático que se empleó en el método de mínimos cuadrados para proyectar la tendencia, al llevar a cabo el análisis de regresión lineal.

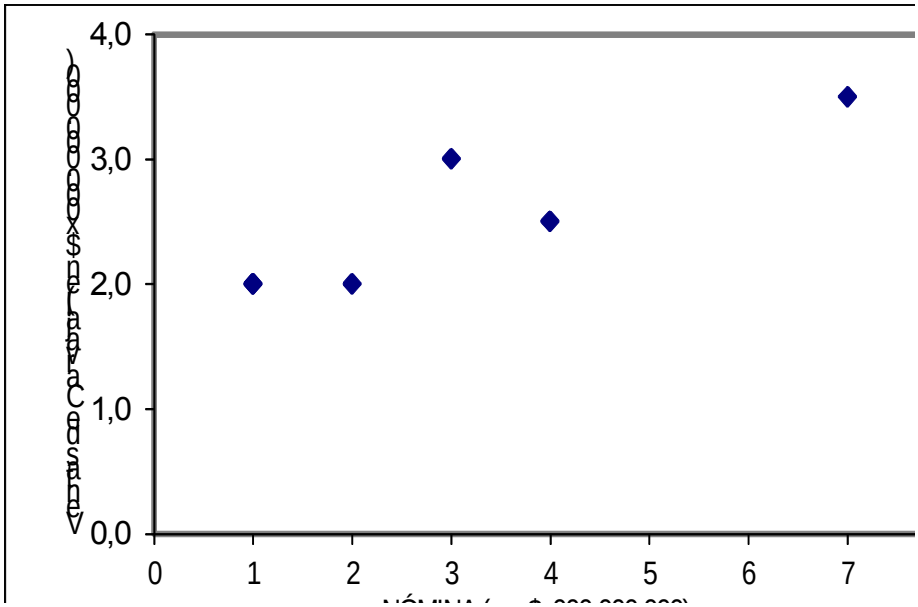
Las variables dependientes que se desean pronosticar seguirán siendo las *y.* Pero ahora la variable independiente, *x,* no es el tiempo.

$$y = a + b\,x$$

Donde:

y = valor de la variable dependiente, en este caso ventas
a = intersección en el eje y
b = pendiente de la línea de regresión
x = la variable independiente

Ejemplo 4- 8:

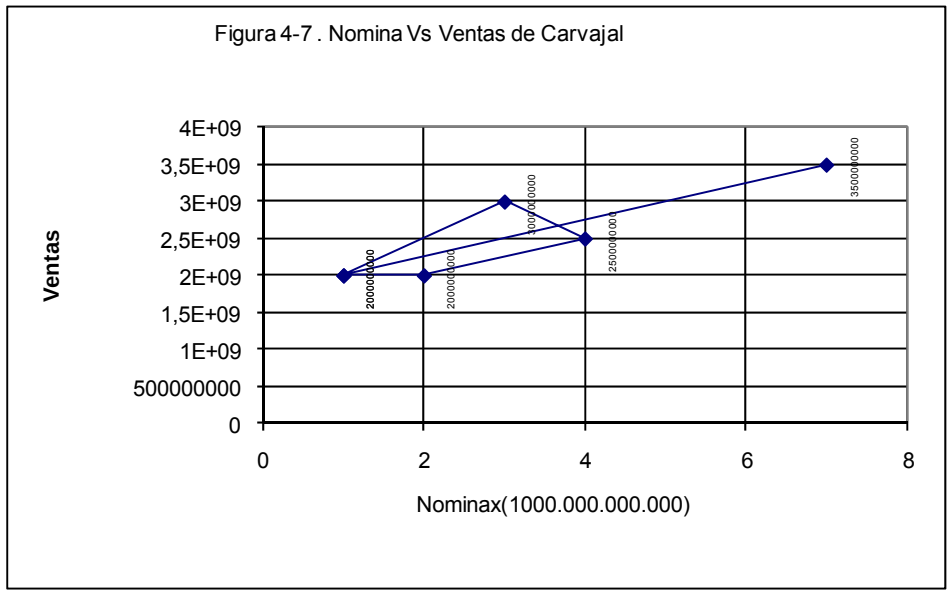


Carvajal suministra oficinas en el territorio colombiano. Al paso del tiempo, la compañía se ha percatado que el volumen en pesos de su trabajo de renovación es dependiente de la nómina de sus clientes en Colombia. La siguiente tabla enumera ingresos y la cantidad de dinero ganada por los trabajadores asalariados en Colombia durante los años 2.004-2005:

Ventas de Carvajal	Nómina ($000.000.000.000)
2.000.000.000.oo	1
3.000.000.000.oo	3
2.500.000.000.oo	4
2.000.000.000.oo	2
2.000.000.000.oo	1
3.500.000.000.oo	7

La administración de Carvajal desea establecer una relación matemática que ayude a predecir las ventas. Primero, necesitan determinar si existe una relación de línea recta (lineal) entre la nómina y las ventas, se graficarán los datos.

Figura 4-7 . Nomina Vs Ventas de Carvajal



A partir de los seis puntos de datos se puede apreciar que existe una ligera relación positiva entre la variable independiente, la nómina y la variable dependiente: las ventas. Mientras la nómina se incrementa, las ventas de Carvajal tienden a ser mayores.

Se puede encontrar una ecuación matemática al utilizar el sistema de regresión por mínimos cuadrados.

Ventas, y	***Nómina, x***	x^2	***x y***
2.0	1	1	2.0
3.0	3	9	9.0
2.5	4	16	10.
2.0	2	4	4.0
2.0	1	1	2.0
3.5	7	49	24.5
Σ = 15.0	18	80	51.5

$$x = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{18}{6} = 3$$

$$y = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{15}{6} = 2.5$$

$$b = \frac{\Sigma x\, y - n\, x\, y}{\Sigma x^2 - n x^2} = \frac{51.5 - (6)\,(3)\,(2.5)}{80 - (6)\,(3)^2} = 0.25$$

$$a = y - b\, x = 2.5 - (0.25)\,(3) = 1.75$$

La ecuación de regresión estimada, por lo tanto es:

$$y = 1.75 + 0.25x$$

$$Ventas = 1.75 + 0.25x$$

Si se predice que la nómina será de 6.000 millones para el próximo año, es posible estimar las ventas de Carvajal con la ecuación de regresión:

- $Ventas = 1.75 + 0.25\,(6)$ x (\$000.000.000)
- $Ventas$ = \$ 3.250´000.000

4.5.6 Ejercicios de repaso y pronósticos de estimación de ventas

1. Las temperaturas máximas diarias de la ciudad de Barranquilla la semana pasada fueron como sigue: 31, 30, 29, 31,30 y 29 grados (ayer)

a) Pronosticar la temperatura máxima para hoy, utilizando un promedio móvil de tres días.
b) Pronosticar la temperatura máxima para hoy, utilizando un promedio móvil de dos días.
c) Calcular la desviación media absoluta basada en el promedio móvil de dos días.

3. Para los datos que se dan a continuación, desarrollar un pronóstico de promedios móviles de tres meses.

Meses	***Ventas acumuladas para autos***
Enero	100
Febrero	105
Marzo	75
Abril	70
Mayo	65
Junio	80
Julio	85
Agosto	90
Septiembre	100
Octubre	100
Noviembre	105
Diciembre	115

4. Con los datos que se dan a continuación, desarrollar un pronóstico de demanda de promedios móviles de tres años:

Año	***Demanda***	***Año***	***Demanda***	***Año***	***Demanda***
1	21	5	39	9	27
2	27	6	24	10	33
3	27	7	36	11	21
4	27	8	39		

5. Los datos recolectados para la demanda de sacos de 50 libras de arroz el Leopardo se muestra en la siguiente tabla: Desarrollar un promedio móvil de tres años para pronosticar las ventas. Después de determinar una vez más la demanda con un promedio móvil ponderado en el cual las ventas en el año más resientes se les da un peso y las ventas de los otros años se le dan un peso de 1 a cada una. ¿Cuál método cree que sea mejor?

Año	***Demanda de arroz (En miles de sacos de 50 Lbs.)***
1	4
2	6
3	4
4	5
5	10
6	8
7	7
8	9
9	12
10	14
11	15

5. Utilizar la suavización exponencial con una constante de suavización de 0,3 para pronosticar la demanda de arroz del problema 4. Asumir que el pronóstico del último período para el año 1 es de 5.000 sacos para iniciar el procedimiento. ¿Preferiría utilizar el modelo de suavización exponencial o el modelo de promedio ponderado desarrollado en el problema 4? Explique su respuesta.

6. La demanda para cirugía de trasplante de corazón en la Clínica Shallo ha crecido constantemente en los años pasados, como se aprecia en la siguiente tabla:

Año	*Cirugías realizadas de trasplante de corazón*
1	60
2	65
3	70
4	72
5	75
6	?

El director de servicios médicos predijo hace seis años que la demanda en el año 1 sería de 58 cirugías.

a) Use la suavización exponencial, primero con una constante de suavización de 0,7 y posteriormente con una de 0,9, para desarrollar pronósticos para los años 2 a 6.
b) Utilice un promedio móvil de tres años para pronosticar las demandas de los años 4,5 y 6.
c) Use el método de proyección de tendencia para pronosticar las demandas de los años 1 a 6.
d) Con DAM como criterio, ¿cuál de los cuatro sistemas anteriores de pronóstico es el mejor?

6. Con los siguientes datos, utilice la suavización exponencial (α = 0.25 para desarrollar un pronóstico de demanda. Asuma que el pronóstico para el período inicial es de 10.

Período	*Demanda*
1	14
2	18
3	10
4	18
5	26
6	12

8. Calcule la DAM para los siguientes pronósticos contra los números de ventas reales.

Pronóstico	*Real*
1000	950
1100	1080
1200	1230
1300	1300

8. Con los siguientes datos, utilice la regresión por mínimos cuadrados para derivar una ecuación de pronóstico. ¿Cuál es su estimado de la demanda para el período?

Período	*Demanda*
1	210
2	270
3	150
4	330
5	300
6	390

9. Con los siguientes datos, utilice la regresión de mínimos cuadrados para desarrollar la relación entre el número de partidos jugados con lluvia en invierno y el número de juegos perdidos por el equipo de de Fútbol Junior de Barranquilla. Si en el 2.006 se prevén 16 partidos con lluvia, ¿cuántos partidos se espera perderá el Júnior?

Año	*Partidos con Lluvia en invierno*	*Juegos perdidos Por Junior*
1996	15	5
1997	18	10
1998	10	7
1999	10	6
2000	12	9
2001	16	11
2002	9	6
2003	15	10
2004	10	5
2005	12	8

10. El gerente comercial de la distribuidora de instrumentos musicales Miche, en Barranquilla cree que la demanda de acordeones puede estar relacionada con el número de apariciones por televisión Telecaribe y Canales Nacionales de los conjuntos vallenatos durante el mes previo. El gerente ha recolectado los datos que se muestran en la siguiente tabla:

Demanda De acordeones	Apariciones en televisión de Conjuntos Vallenatos
3	3
6	4
7	7
5	6
10	8
8	5

a) Graficar estos datos para ver si una ecuación lineal puede describir la relación entre los show en televisión de los conjuntos vallenatos la venta de acordeones.
b) Utilizar en método de regresión de mínimos cuadrados para derivar una ecuación del pronóstico.
c) ¿Cuáles serán los estimados de ventas de acordeones si los conjuntos se presentaran televisión nueve veces durante el próximo mes?

11. La Doctora Blanca de Blanco, es una psicóloga barranquillera, se especializa en tratar pacientes que tienen fobias y temores al salir de casa. La siguiente tabla muestra el número de pacientes que ha atendido la doctora Blanca durante los últimos 10 años. También relaciona la tasa de robos y atracos en Barranquilla durante los mismos años.

Año	*Número de pacientes*	*Tasa de crimen(robos) por 1000 habitantes*
1	18	29
2	17	30
3	20	36
4	21	38
5	20	40
6	28	45
7	30	50
8	27	47
9	29	52
10	30	58

Usando el mismo análisis de tendencia. ¿Cuántos pacientes atenderá la doctora Blanca en los años 11, 12, y 13.

13. Utilizando los datos de problema 12, aplicar la regresión lineal para estudiar la relación entre la tasa de crimen y cantidad de pacientes de la doctora Blanco. Si la tasa de robos y crímenes se incrementa a 60 en el año 11, ¿cuántos pacientes con fobia atenderá la doctora Blanca? Si la tasa de crímenes baja a 45, ¿cuál es la proyección de pacientes?

14. En el área cercana a la Universidad Autónoma del Caribe un SAI ha vendido en los últimos 9 días la cantidad de llamadas diarias como se muestra a continuación

Fecha	*Llamadas*
1	60
2	97
3	91
4	72
5	105
6	85
7	147
8	49
9	100

a) Calcular la predicción del promedio móvil de tres períodos.
b) Calcular la predicción del promedio móvil ponderado de tres períodos con pesos de 0,4; 0,5 y 0,1. ¿Cuál predicción es mejor? ¿Por qué?

15. A continuación se muestran las ventas mensuales de video-grabadora SONY en Colombia para los años 2.003 a 2.005. Utilice la suma de tres meses de cada año respectivamente para calcular los índices estacionales y luego determine la demanda trimestral para el año 2.006.

MES	Demanda 2.003	Demanda 2.004	Demanda 2.005
Enero	90	120	135
Febrero	85	115	120
Marzo	90	120	130
Abril	105	135	150
Mayo	145	175	185
Junio	135	165	175
Julio	120	150	160
Agosto	105	135	150
Septiembre	100	130	135
Octubre	85	115	120
Noviembre	85	115	120
Diciembre	90	120	120

16. El gerente general de una planta de materiales construcción, considera que la demanda de embarques de aglomerados puede estar relacionada con el número de permisos de construcción emitidos por Planeación Municipal durante el último bimestre. Se han recolectado los datos siguientes:

Permisos de construcción	Embarques de aglomerados
15	6
9	4
40	16
20	6
25	13
25	9
15	10
35	16

a) Grafique: embarques vs. permisos
b) Determine el grado de correlación. Opine.
c) Obtenga la línea de ajuste por Mínimos cuadrados
d) ¿Cuál será la estimación de embarques cuando el número de permisos de construcción sea de 30, 25 y 45?

17. Se cree que los viajes en autobus y metro en Medellín, durante el último año están vinculados con el número de turistas que visitan la ciudad. Se han obtenido los siguientes datos:

Meses	Número de turistas(miles)	Viajes (miles)	Meses	Número de turistas(miles)	Viajes (miles)
1	70	15	7	160	24
2	20	10	8	120	20
3	60	13	9	140	27
4	40	15	10	200	44
5	140	25	11	150	34
6	150	27	12	70	17

a) Graficar estos datos y decidir si es razonable un modelo lineal
b) Desarrollar una relación de regresión
c) ¿Cuál es la relación si 1.000 turistas visitan la ciudad en un mes?
d) ¿Cuál es el coeficiente de correlación ¿Qué opina ahora?

Capítulo 5

Planeación

La Planeación es una de las funciones principales de un director o administrador de operaciones.

Los administradores de operaciones intentan determinar la mejor manera de cumplir con la demanda pronosticada al ajustar tasa de producción, niveles de mano de obra, niveles de inventario, trabajo extra, tasas de subcontratación y otras variables controlables. El objetivo del proceso es el de minimizar los costos durante el período de planeación. Otros objetivos pueden ser el de minimizar la fluctuación en la fuerza de trabajo o los niveles de inventario, u obtener cierto estándar en el desempeño del servicio.

5.1 Significado de Planeación

La planeación es proceso de definición de la cantidad y cronología de la producción sobre un rango de tiempo determinado, ajustando la tasa de producción, empleo, inventarios, horas extras, subcontratación y otras variables controlables.

5.2 Objetivos de la Planeación

Dentro de los objetivos de la planeación se contempla el responder a las demandas irregulares del mercado, mediante una utilización efectiva de los recursos de la organización. Por supuesto, las demandas no siempre pueden satisfacerse y los planeadores deben balancear la variabilidad de la demanda contra la disponibilidad más estable de capacidad.

5.3 Jerarquía de la Planeación

La jerarquía de la planeación se enlaza con planes a corto, mediano y largo plazo:

5.3.1 Planeación a corto plazo: definidos a periodos de tres (3) meses y comprenden:

- Programación detallada de trabajos y órdenes
- Centros de trabajo alternativos
- Programación de despachos
- Programación de horas extras (por administración de bajo nivel)

5.3.2 Planeación a mediano plazo: definidos para períodos de mas de tres meses hasta dieciocho meses y comprenden:

- Establecimiento de los niveles de empleo, inventarios, planes de horas extras, subcontratación y menor capacidad de cambio (por administración de nivel medio)
- Análisis de planes de operación
- Planeación de ventas
- Planeación y presupuesto de producción

5.3.3 Planeación a largo plazo: para períodos de más de 18 meses a tres años y comprenden:

- Adiciones a la capacidad adicional
- Localización
- Planes de nuevos productos
- Gastos de capital
- Expansión de capacidad
- Proceso de decisiones(por administración de alto nivel)

5.4 Planeación Agregada

Es el conjunto de técnicas y estrategias utilizadas para establecer las metas de producción para el futuro. Consiste en utilizar de la mejor manera los recursos humanos y físicos.

La planeación es una de las funciones prioritarias de cualquier director de operaciones en una organización. La planeación agregada se relaciona con la determinación de la cantidad y el tiempo de la producción para un horizonte de tiempo inmediato, generalmente de tres a dieciocho meses de anticipación a lo sumo. En este caso se busca determinar la mejor forma de cumplir con los requerimientos de la demanda estimada al ajustarse ya sea las tasas de producción, los niveles de inventario, las asignaciones de mano de obra, el trabajo en tiempo extra, los niveles de subcontratación y otras variables controlables. El objetivo es minimizar los costos en la etapa de planeación. Otro objetivo puede ser el de minimizar las variaciones en la fuerza de trabajo o los niveles de inventario u obtener un estándar de desempeño de un servicio.

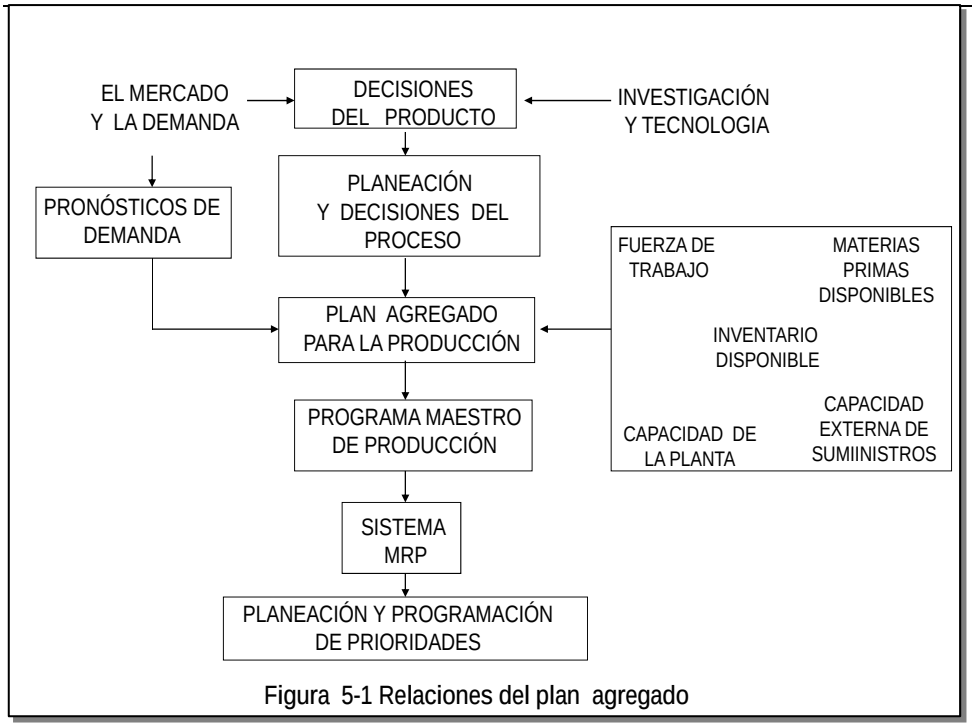


Figura 5-1 Relaciones del plan agregado

La Figura 5-1 muestra que el administrador de operaciones no solo recibe entradas de pronósticos de la demanda del departamento de mercadotecnia, sino que tiene que ver con datos financieros, personal, capacidad y disponibilidad de materia prima también. En el entorno de la manufactura el programa maestro de producción resultante ofrece entrada a los sistemas de planeamiento de requerimientos de materiales MRP. Estos sistemas programan la adquisición o producción de componentes necesarios para hacer el producto final. Los programas detallados de trabajo para la gente y la programación de prioridades para los productos son resultado del último paso del sistema de planeación de producción.

5.4.1 Información necesaria

- Niveles de inventario de producto final (algunas veces de producto en proceso)
- Estado de las órdenes pendientes y en proceso
- Pronósticos de venta
- Niveles de fuerza laboral existentes
- Capacidad de medios de trabajo
- Disponibilidad de las materias primas
- Estándares de manufactura
- Costos de producción y precios de venta

5.4.2 Resultados de la Planeación Agregada

- Cantidad a elaborar de cada artículo según su proceso y en qué período.
- Metas de inventario tanto de producto terminado como en proceso para cada período.
- Niveles de fuerza laboral en cada período.
- Determinación de las horas extras y posibilidades de subcontratación

5.4.3 Métodos gráficos o prueba y error

Las técnicas de graficado y elaboración de cartas trabajan con pocas variables a la vez en una base de prueba y error para lograr la demanda pronosticada, o para dar una respuesta modificada a la demanda.

Ejemplo 5-1 Una empresa ha desarrollado los siguientes pronósticos en unidades para un artículo que tiene una demanda influida por factores estacionales.

Enero	440	Abril	792	Julio	756	Octubre	230
Febrero	180	Mayo	1232	Agosto	440	Noviembre	190
Marzo	420	Junio	1400	Septiembre	400	Diciembre	520

a) Prepárese una carta que muestre los requerimientos de demanda diaria (Nota: días de trabajo disponibles por mes están dados abajo) .

b) Grafique la demanda como un histograma de y como requerimientos acumulados sobre el tiempo.

c) Determínese la tasa de producción necesaria para cubrir la demanda promedio y grafique esto como una línea punteada en la gráfica.

Mes	(1) Demanda Pronosticada	(2) Días de Producción	(3) Demanda/día (1)+(2)	(4) Días de producción Acumulada	(5) Demanda Acumulada
Enero	440	22	20	22	440
Febrero	180	18	10	40	620
Marzo	420	21	20	61	1040
Abril	792	22	36	83	1832
Mayo	1232	22	28	105	3064
Junio	1400	20	70	125	4464
Julio	756	21	36	146	5220
Agosto	440	22	20	168	5660
Septiembre	400	20	20	188	6060
Octubre	230	23	10	211	6290
Noviembre	190	19	10	230	6480
Diciembre	520	20	26	250	7000
	7000	248			

Carta de requerimientos de producción

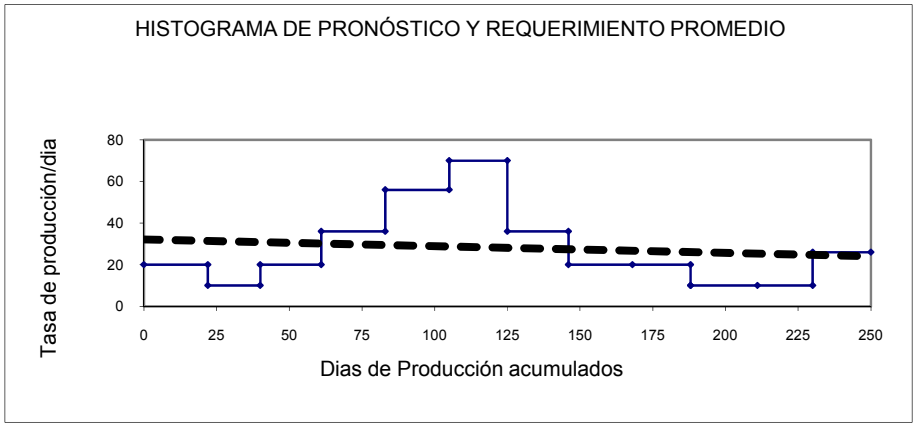


Figura 5-2

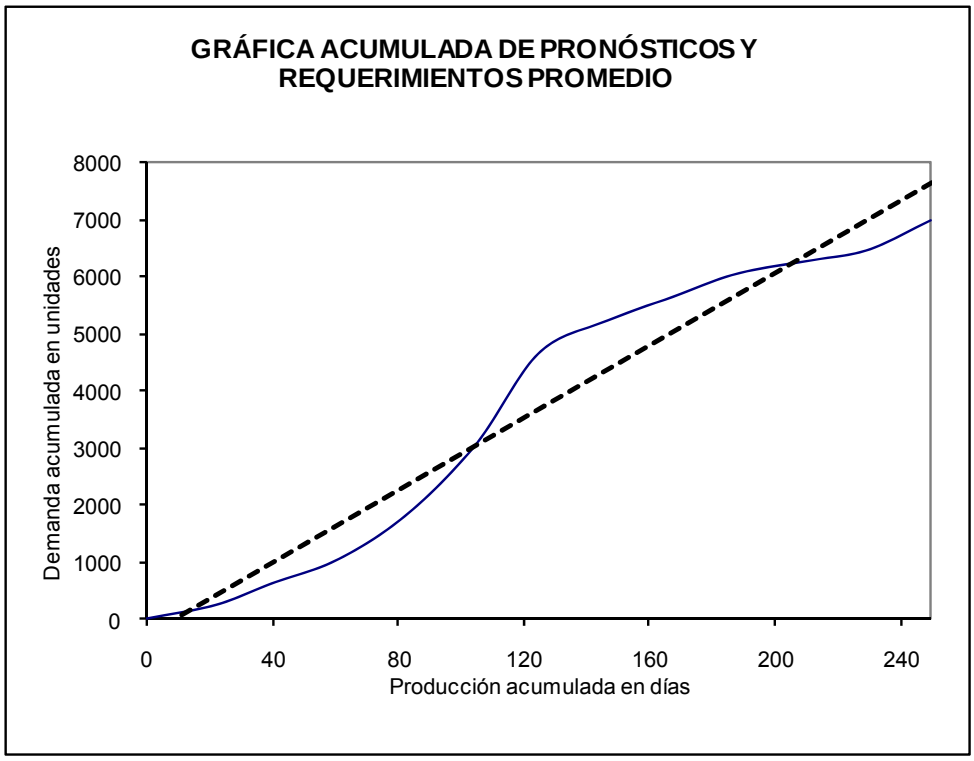


Figura 5-3

El histograma Figura 5-2 y la Gráfica acumulada Figura 5-3 muestran como el pronóstico(o respuesta modificada) se desvía de los requerimientos promedio. Una estrategia pura para cubrir la demanda puede consistir en variar el tamaño de la fuerza de trabajo contratando y despidiendo como sea requerido. La tasa de producción debe seguir entonces exactamente el pronóstico de requerimientos, como se muestra con la línea sólida del histograma Figura 5-2.

Una estrategia de ajuste de inventarios pude resultar en una tasa estable de producción, como se muestra con la línea punteada. Un tercer plan puede ser producir a alguna tasa estable, baja y subcontratar el exceso de demanda con otras empresas.

Ejemplo 5-2 Use los datos del Ejemplo 5-1 para determinar el balance mensual de inventarios necesarios para seguir el plan de dejar que el inventario absorba todas las fluctuaciones en la demanda. En este caso se tiene una fuerza de trabajo constante, no hay tiempo ocioso o tiempo extra, no existe retroceso, no se usan subcontrataciones y no hay ajuste e la capacidad. Supóngase que la empresa no usa inventario de seguridad o inventario colchón para cubrir la demanda.

La empresa puede satisfacer la demanda produciendo a un requerimiento promedio (28 unidades/día) y acumulando inventarios durante períodos de demanda floja (períodos bajos de la línea punteada Figura 5-4) y disminuyéndolos durante los períodos de demanda fuerte. Descartando cualquier inventario de seguridad, el balance de inventario es:

$$\text{Balance inventario} = \Sigma(\text{Producción} - \text{Demanda})$$

Use la tabla 5-1 siguiente para encontrar la solución. El patrón de demanda es tal que la columna 4 revela un balance negativo máximo de 1132 unidades al final de julio, por lo que se deben llevar 1132 unidades adicionales en inventario inicial si la demanda tiene que cubrirse. La columna 5 presenta el balance de inventario resultante requerido.

Tabla 5-1

MES	(1) Producción a 28unidades/día	(2) Demanda Pronosticada	(3) Cambio en Inventarios	(4) Balance de Inventario final	(5) Balance final Con 1132 Ene.1
Enero	616	440	176	176	1308
Febrero	504	180	324	500	1632
Marzo	588	420	168	668	1800
Abril	616	792	-176	492	1624
Mayo	616	1232	-616	-124	1008
Junio	560	1400	-840	-964	168
Julio	588	756	-168	-1132	0
Agosto	616	440	176	-956	176
Septiembre	560	400	160	-796	336
Octubre	644	230	414	-382	750
Noviembre	532	190	342	-40	1092
Diciembre	560	520	40	0	1132
		7000			

5.4.4 Estrategias básicas y puras de la Planeación Agregada

Hay varias preguntas que un administrador de operaciones debe contestar cuando genere un Plan Agregado:

1. ¿Deben utilizarse los inventarios para absorber los cambios de la demanda durante el período de planeación?

2. ¿Deben acomodarse los cambios mediante la variación del tamaño de la fuerza de trabajo?
3. ¿Deben utilizarse los trabajadores de medio tiempo, o deben absorberse las fluctuaciones, el tiempo extra y el tiempo ocioso?
4. ¿Deben ser utilizados los subcontratos en las órdenes fluctuantes para mantener la fuerza de trabajo estable?
5. ¿Deben cambiarse los precios u otros factores para influenciar la demanda?

Todas estas son estrategias legítimas de planeación disponibles para los administradores. Estas involucran el manejo del inventario, tasa de producción, niveles de mano de obra, capacidad y otras variables controlables. Incluyen tanto estrategias únicas (puras) como las combinaciones (mezcla de estrategias) de variables de decisión.

Estrategias puras:

Las estrategias puras utilizadas en manufactura son:

- Las cinco primeras se llaman opciones de capacidad por que no intentan cambiar la demanda, sino absorber las fluctuaciones en ella.
- Las tres últimas son las opciones de demanda a través de las cuales, las empresas intentan influenciar el patrón de demanda para suavizar sus cambios sobre el periodo de planeación.

Opciones de capacidad

Las opciones básicas de capacidad (oferta) que una empresa puede elegir son:

1. ***Nivelar los inventarios***. Los administradores pueden incrementar el inventario durante un período de baja demanda, para cumplir con la alta demanda en períodos futuros. Si se selecciona únicamente esta estrategia, sin incrementar los costos asociados al almacenamiento,

seguros, manejo, obsolescencia, hurtos y capital invertido; los rangos típicos de estos costos anualmente son del 15% al 50% del valor del artículo; por otro lado, cuando una empresa entra en un período de demanda creciente, la escasez puede producir pérdidas en ventas debido a los tiempos de entrega potencialmente mayores y con deficiente servicio al cliente.

2. ***Nivelar la fuerza laboral, o mediante una contratación o despido.*** Una forma de cumplir la demanda es contratando o despidiendo trabajadores de producción para igualar las tasas de producción. Pero a menudo los nuevos empleados necesitan ser entrenados y la productividad promedio desciende en forma temporal mientras son absorbidos en la empresa.

   Los ceses o despidos tienen el inconveniente de bajar la moral de todos los trabajadores y pueden conducir a una productividad más baja.

3. ***Nivelar la tasa de producción mediante el tiempo extra o el tiempo ocioso.*** Es posible mantener algunas veces una fuerza de trabajo constante, pero variando las horas de trabajo.

   Cuando la demanda está en ascenso, existe un límite en el cual el tiempo extra requiere de más dinero y demasiado tiempo extra puede cansar a los trabajadores al punto que la productividad global caiga. El tiempo extra también implica el incremento de los gastos fijos asociados con el mantenimiento de las instalaciones, que permanecen abiertas fuera del horario normal.

   Por otro lado, cuando hay un período de demanda decreciente, la empresa debe absorber, de alguna manera el tiempo ocioso de los trabajadores, eso generalmente es un poco difícil.

4. ***Subcontratando.*** Una empresa también puede adquirir capacidad temporal mediante la subcontratación de otra empresa para cumplir con el trabajo durante los períodos picos de demanda. La subcontratación sin embargo, tiene varios peligros. Primero, es costosa; segundo se arriesga abrir la puerta del cliente a la competencia; y tercero a menudo es difícil encontrar el proveedor subcontratista perfecto, no que siempre entregue el producto de calidad a tiempo.
5. ***Utilizando trabajadores de medio tiempo.*** Especialmente el sector servicio, los trabajadores de medio tiempo pueden ocuparse para las necesidades de mano obra no calificada.

   Esto se observa en restaurantes de comidas rápidas, las tiendas detallistas y supermercados.

Opciones de demanda

Las opciones básicas de demanda son las siguientes:

1. ***Influenciando la demanda.*** Cuando la demanda es baja, una compañía puede intentar el crecimiento de la demanda a través de la publicidad, la promoción, aumentando el personal de ventas y con rebaja de precios. Las aerolíneas y los hoteles han ofrecido algunas veces descuentos de fin de semana y tasas de temporada baja; las compañías telefónicas cobran menos en la noche; las universidades ofrecen descuentos a estudiantes de edad para llegar a los salones y los aires acondicionados son más baratos en épocas de frío. Sin embargo, la publicidad especial, las promociones, ventas y precios no son siempre capaces de balancear la demanda con la capacidad de producción.
2. ***Órdenes pendientes durante los períodos de demanda alta.*** Las ordenes pendientes son órdenes para bienes y servicios que acepta una compañía, pero no cuenta con la capacidad necesaria para

cumplir al momento (ya sea suerte o deliberadamente). Si los clientes están dispuestos a esperar sin perder su confianza u orden, las órdenes pendientes son una estrategia posible. Muchas distribuidoras de automóviles manejan las órdenes pendientes a propósito, pero el sistema es a menudo inaceptable en la venta de muchos bienes de consumo.

3. ***Mezcla de productos contra estacionales.*** Una técnica de suavización activa ampliamente utilizada entre los fabricantes es el desarrollo de una mezcla de productos contra estacionales. Los ejemplos incluyen compañías que hacen tanto calentadores de aguas o calefacción como aires acondicionados. Por ese motivo las compañías de servicio y también en manufacturas sigue este sistema, sin embargo, pueden encontrarse involucrados en servicios o productos más allá de su área de experiencia o más allá de su objetivo de mercado.

Estrategias combinadas: mezcla de opciones para el desarrollo de un plan. Aunque cada una de las opciones de capacidad y las tres opciones de demanda antes descritas, pueden producir un plan agregado efectivo en costo, a menudo funciona mejor una combinación de ellas (llamadas estrategias mixtas). Las estrategias mixtas involucran la combinación de dos o más variables controlables para establecer un plan factible de producción. Por ejemplo, una empresa puede utilizar una combinación de tiempo extra, subcontratación y niveles de inventario, como su estrategia. Debido a que puede haber una gran combinación de estrategias posibles, mezcladas en forma diferente, los administradores encuentran que la planeación agregada puede ser una tarea relativamente retadora. Encontrar el Plan Agregado "óptimo" no siempre es posible.

La mezcla de las opciones de estrategias será diferente para las empresas de servicio, ya que ellas no pueden almacenar inventario. La subcontratación, según se observó anteriormente, es peligrosa porque puede permitir al subcontratista "robarse" el cliente. En consecuencia, las empresas de servicio generalmente marcan la planeación agregada por medio de cambios en el personal. El entrenamiento cruzado y la rotación de personal, el cambio en los programas de trabajo y la contratación de personal de medio tiempo son algunas tácticas utilizadas.

Método Gráfico y de Diagramas de Planeación Agregada

Ejemplo 5-3: Un fabricante para techos de asbestos-cemento ha desarrollado pronósticos mensuales destinados a un importante producto y presentó el período de enero a junio así:

MES	DEMANDA ESPERADA	DÍAS DE PRODUCCIÓN	DEMANDA POR DÍA (CALCULADA)
Enero	45000	21	2143
Febrero	35000	18	1944
Marzo	40000	22	1818
Abril	60000	21	2857
Mayo	75000	22	3409
Junio	55000	20	2750
	310000	124	

Generaremos primero la gráfica de demanda pronosticada y demanda promedio pronosticada, colocando que en el eje-x el número de días laborales de cada mes y en el eje-y la tasa de producción/días de trabajo. La empresa por ejemplo, puede tomar personal para generar una tasa de producción que cumpla con la demanda promedio o puede a una tasa estable de por ejemplo, de 30 unidades y después subcontratar la

demanda excedente a otros proveedores de abastos para techos. Un tercer plan puede ser combinar el tiempo extra con alguna subcontratación para absorber la demanda.

Se pueden proponer los planes agregados siguientes:

- PLAN-1: mantener una fuerza de trabajo constante, a través del período de seis meses.

Información de Costos

Costo de manejar el inventario	$ 5.000.oo/Unidad/mes
Costo de subcontratación (costo marginal por unidad) sobre el costo de manufacturarse en la planta propia.	$10.000.oo/Unidad
Tasa promedio de pago	$5.000.oo/hora($40/día)
Tasa de pago por tiempo extra	$7.000.oo/hora(sobre 8 horas)
Horas de mano de obra para producir una unidad	1,6 horas por unidad
Costo de incrementar la tasa de producción (entrenamiento contratación)	$10.000.oo/Unidad
Costo de disminuir la tasa de producción (despidos)	$15.000.oo/Unidad

- PLAN-2: mantener una fuerza de trabajo constante a un nivel necesario para el mes de la demanda más baja (marzo) y cumplir la demanda sobre el nivel por subcontratación.

- PLAN-3: contratar y despedir trabajadores según sea necesario para producir exactamente los requerimientos mensuales.

- PLAN-4: se desea considerar aún un cuarto Plan o estrategia de planeación. Este mantiene una fuerza de trabajo constante de cuatrocientas (400) personas y considera utilizar el tiempo extra

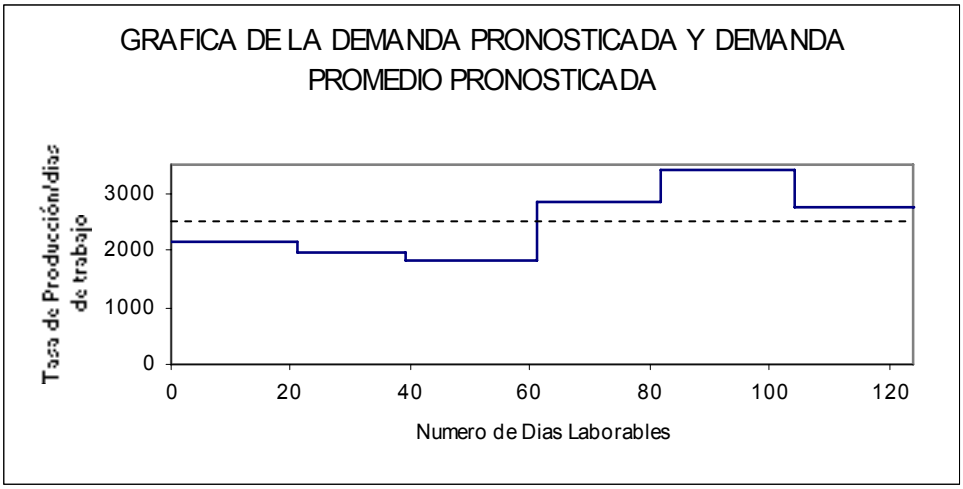
cuando sea necesario para cumplir con la demanda. Supondremos que los inventarios inicial y final son iguales a cero.

- PLAN-5: la empresa desea mantener una fuerza de trabajo constante de cuatrocientas (450) personas y pagar tiempo extra para cumplir con la demanda. ¿Es preferible este plan?.

- PLAN-6: la empresa fabricante de techos tiene todavía un sexto plan. Se selecciona una fuerza de trabajo constante de trescientas cincuenta (350) personas y el resto de la demanda se llena por subcontratación.

SOLUCION:

Gráfica 5-1



La línea punteada a través de la Gráfica 5-1 representa la tasa de producción que se requiere para satisfacer la demanda promedio, y se calcula así:

Demanda Promedio Demanda Total promedio/numero días de Producción

= 310.000/124 = 2500 unidades /día

Desarrollo PLAN-1: Mantener una fuerza de trabajo constante, a través del período de seis meses

MES	DEMANDA (pronosticada)	PRODUCCIÓN (2500 unid/día)	VARIACIÓN INVENTARIO	INVENTARI O ACUMULADO
Enero	45000	52500	7500	7500
Febrero	35000	45000	10000	17500
Marzo	40000	55000	15000	32500
Abril	60000	52500	-7500	25000
Mayo	75000	55000	-20000	5000
Junio	55000	50000	-5000	0
TOTAL	310000	310000		87500

Vemos en la tabla anterior que el acumulado de inventario del periodo de seis meses es de 90.000 unidades.

La fuerza de trabajo requerida para producir 2500 unidades diarias es de 500 trabajadores ya que cada uno puede producir 5 unidades/día (8 hora diarias/1.6 horas/unidad).

El costo de este Plan-1 se calcula así:

Costo de mano de obra normal $1550.000.000.oo (310.000unidx$5000/unid.)

Costo de Mantener inventarios $437.500.000.oo (87.500unidx$5000/unid)

$ 1987.500.000.oo

Desarrollo PLAN -2: mantener una fuerza de trabajo constante a un nivel necesario para el mes de la demanda más baja (marzo) y cumplir la demanda sobre el nivel por subcontratación.

MES	DEMANDA (pronosticada)	PRODUCCIÓN (1818 unid/día)	VARIACIÓN INVENTARIO	SUB-CONTRATACIÓN
Enero	45000	38178	-6822	6822
Febrero	35000	32724	-2276	2276
Marzo	40000	39996	-4	4
Abril	60000	38178	-21822	21822
Mayo	75000	39996	-35004	35004
Junio	55000	36360	-18640	18640
TOTAL	310000	225432	84568	84568

Costo del Plan-2:

Costo de mano de obra normal $1127160.000.oo
(225.432unidx$5000/unid.)

Costo de subcontratación $845.680.000.oo
(84.568unidx$10000/unid)

$ 1972.840.000.oo

Desarrollo plan-3:

MES	DEMANDA (pronosticada)	PRODUCCIÓN	CONTRATAR	DESPEDIR
Enero	45000	45000	0	0
Febrero	35000	35000	0	10000
Marzo	40000	40000	5000	0
Abril	60000	60000	20000	0
Mayo	75000	75000	15000	0
Junio	55000	55000	0	20000
TOTAL	310000	310000	40000	30000

Costo del Plan-3:

Costo de mano de obra normal $1150.000.000.oo

(310.000unidx$5000/unid.)

Costo de contratar $400.000.000.oo

(40.000unidx$10000/unid)

Costo de despedir $450.000.000.oo

(30.000x$15000/unid) $ 2.000.000.000.oo

Desarrollo plan: 4

MES	DEMANDA (Pronosticada)	PRODUCCIÓN (2000 Unid/día)	VARIAC. INVENT.	INV. ACUM:	TIEMPO EXTRA
Enero	45000	42000	-3000	0	3000
Febrero	35000	36000	1000	1000	0
Marzo	40000	44000	4000	5000	0
Abril	60000	42000	-18000	0	13000
Mayo	75000	44000	-31000	0	31000
Junio	55000	40000	-15000	0	15000
TOTAL	310000	248000		6000	62000

Costo del Plan-4:

Costo de mano de obra normal $1240.000.000.oo

(248.000unidx$5000/unid.)

Costo de mtto. inventario $30.000.000.oo

(6.000unidx$5000/unid)

Costo mano de obra extra. $694.400.000.oo

(62.000x$11200/unid) $ 1.964.400.000.oo

Desarrollo plan-5:

MES	DEMANDA (Pronostico)	PRODUC.	VARIACIÓN INVENTARIO	INVENT. ACUMUL.	TIEMPO EXTRA
Enero	45000	47250	2250	2250	0
Febrero	35000	40500	5500	7750	0
Marzo	40000	49500	9500	17250	
Abril	60000	47250	-12750	4500	
Mayo	75000	49500	-25500	0	21000
Junio	55000	45000	-10000	0	10000
TOTAL	310000	279000		67000	31000

Costo del Plan-5:

Costo de mano de gbra normal $1395.000.000.oo
(279.000unidx$5000/unid.)

Costo de mtto. inventario $335.000.000,oo
(67.000unidx$5000/unid)

Costo mano de obra extra. $347.200.000.oo
(31.000x$11200/unid) $ 2.077.200.000.oo

Desarrollo plan-6

MES	DEMANDA (Pronostico)	PRODUC.	VARIACIÓN INVENTARIO	SUB-CONTRATACIÓN
Enero	45000	36750	-8250	8250
Febrero	35000	31500	-3500	3500
Marzo	40000	38500	-1500	1500
Abril	60000	47250	-12750	12750
Mayo	75000	49500	-25500	25500
Junio	55000	45000	-10000	10000
TOTAL	310000	248500		61500

Costo del Plan-6:

Costo de mano de obra normal $1242.500.000.oo
(248.500unidx$5000/unid.)

Costo de subcontratación $922.500.000.oo
(61.500unidx$15000/unid)

$ 2.165.000.000.oo

5.4.5 Método de Transporte de Programación Lineal

Cuando un problema de planeación agregada está referido a la asignación de capacidad de operación para cumplir la demanda del pronóstico, este se puede formular en formato de programación lineal. El

método de transporte de Programación lineal no es un método de prueba y error como el método gráfico, sino que produce un plan óptimo para minimizar los costos. También cuenta con la flexibilidad necesaria para especificar la producción regular y el tiempo extra en cada período de tiempo, el número de unidades que se deben subcontratar, los turnos extras y el movimiento de inventario de período a período.

En el siguiente ejemplo, el abasto consiste en el inventario disponible y las unidades producidas durante el tiempo regular, extras y la subcontratación. Los costos que se encuentran en la esquina superior de derecha de cada celda de la matriz, se relacionan con las unidades producidas en un período dado o las unidades llevadas en inventario desde un período anterior.

Ejemplo 5-4: una empresa manufacturera ha recopilado los datos que relacionan la producción, la demanda, capacidad y costos para preparar su plan agregado para el período Marzo a Mayo.

Datos de demanda y costos

	Período de Ventas		
	Marzo	Abril	Mayo
Demanda	1600	2000	1500
Capacidad:			
Regular	1400	1400	1400
Tiempo Extra	100	100	100
Subcontratación	300	300	260
Inventario Inicial	200 unidades		
Costos			
Tiempo regular			$8.000/unidad
Tiempo extra			$10.000/unidad
Subcontratación			$14.000lunidad
Costo de Transporte			$400/unidad/mes

La Tabla 5.-2 que se muestra a continuación ilustra la tabla de transporte y solución factible inicial aplicando el método de la Esquina Noroeste

. ABASTO DE		DEMANDA PARA Período 1 (Marzo)	Período 2 (Abril)	Período 3 (Mayo)	Capacidad no Utilizada (Colchón)	CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (OFERTA)
Inventario Inicial		200 | 0	400	800	0	200
Período 1	Tiempo regular	1400 | 8000	8200	8400	0	1400
	Tiempo extra	10000	100 | 10400	10800	0	100
	Subcontratación	14000	100 | 14000	14000	0	300
Período 2	Tiempo regular		1400 | 8000	8200	0	1400
	Tiempo extra		100 | 10000	10200	0	100
	Subcontratación		300 | 14000	14000	200 | 0	300
Período 3	Tiempo regular			1400 | 8000	0	1400
	Tiempo extra			100 | 10000	0	100
	Subcontratación			14000	260 | 0	260
DEMANDA TOTAL		1600	2000	1500	460	5560

Tabla 5-2

Se debe observar lo siguiente:

1. Los costos de transporte son de 400 pesos por unidad por mes. Debido a que el costo de mantenimiento es lineal, éste se incrementa a 400 pesos en dos meses.
2. Los problemas de transporte requieren que la oferta sea igual a la demanda. Por lo tanto, se ha añadido una columna colchón llamada "capacidad no utilizada" .Los costos de no utilizar la capacidad son cero.

3. Las cantidades en cada columna son los niveles de inventario necesarios para cumplir los requerimientos de la demanda. Se observa que la demanda de 1600 unidades en marzo es cumplida mediante la utilización de 200 unidades y a partir del inventario inicial y 1400 unidades elaboradas en tiempo regular.

El problema de transporte de Programación Lineal formulado aquí funciona adecuadamente para analizar los efectos de mantener inventarios, utilizar tiempo extra y subcontratar; no es conveniente su aplicación si se incluyen más variables. Así cuando se introducen otros parámetros como las contrataciones y despidos, se debe utilizar el método Simplex más general de programación lineal.

Por último calculemos el costo total del plan agregado:

Marzo: 1400x8000+ 100x10400 +100x14000 = 13.640.000.oo
Abril: 1400x8000 +100x10000 +300x14000 = 16.400.000.oo
Mayo: 1400x8000+ 100x10000= 12.200.000.oo
$42.240.000.oo

5.4.6 Aplicación de la planeación Agregada. Ejercicios Propuestos

1. Una pequeña compañía textil fabrica varios tipos de suéteres. Por supuesto, la demanda tiene un alto grado de estacionalidad como lo muestran las siguientes estimaciones de la demanda trimestral. La demanda se estima en términos de horas estándar de producción requeridas.

	Trimestre I	Trimestre II	Trimestre III	Trimestre IV
Pronóstico	10.000	15.000	8.000	5.000

Una hora de tiempo normal le cuestan a la compañía $ 2500. A los empleados se les pagan $3400 por hora de tiempo extra y se puede

subcontratar mano de obra externa a $4500 la hora. Se dispone de un máximo de 1.000 horas de tiempo extra en cualquier mes dado. Un cambio en el nivel normal de producción (ya sea incremento o disminución) hace que se incurra en un costo de $4000 por hora para añadir o sustraer una hora de mano de obra. Cuesta el 2% al mes mantener una hora de mano de obra en inventario. Los costos de materiales y los costos indirectos en los inventarios son iguales a los costos de mano de obra directa. Al principio de trimestre de otoño, existen 5.000 horas estándar en inventario y el nivel de fuerza de trabajo equivale a 10.000 horas estándar.

a) Suponga que la gerencia establece el nivel de trabajadores normales para el año en un equivalente de la demanda promedio y subcontrata el resto. ¿Cuál es costo de esta estrategia?
b) ¿Cuál es el costo de una estrategia de adaptación a la demanda?
c) Calcúlese el costo de utilizar un máximo de tiempo extra durante los 2 períodos de mayor demanda.

2. Un gran molino en Soledad prepara un plan agregado para seis meses mediante el pronóstico de demanda en costales de 50 libras de alimento para ganado de la siguiente manera: enero 1.000 costales; febrero 1.200; marzo 1.250; mayo 1.400; y junio 1.400. El molino pretende empezar el año sin inventario sobrante del año anterior. Se proyecta que la capacidad de producción (durante las horas regulares) permanecerá constante en 800 costales de alimento hasta el final de abril y después se incrementará a 1.100 costales mensuales cuando se complete la expansión planeada para el primer día de mayo. La capacidad del tiempo extra quedó establecida 300 costales por mes hasta la expansión, tiempo en el cual se incrementaría a 400 costales por mes. Un competidor en Malambo, también está disponible como una fuente de

respaldo para cumplir con la demanda –pero existe un contrato en firme y únicamente puede ofrecer 500 costales totales durante el período de seis meses.

Los datos de costo son como sigue:

Costo del tiempo regular por costal (hasta el 30 de abril) $1.200

Costo del tiempo regular por costal (después del 1° de Mayo) $1.100

Coto del tiempo extra por costal (durante todo el período) $1.600

Costo de adquisición externa por costal $1.850

Costo por mes de inventario por costal $100

Desarrolle un Plan Agregado de producción de seis meses para el molino.

3. Bacanes Fashion, fabricante de chaquetas de cuero preparó el pronóstico
   de demanda siguiente:

	Meses					
	1	2	3	4	5	6
Unidades	2.800	3.200	4.500	3.800	3.000	3.200

Se necesitan 1,5 horas para fabricar cada chaqueta. En tiempo regular, una hora de trabajo cuesta $2.500; el valor de una hora extra equivale a 1,35 veces el de la tasa regular. Contratar y despedir trabajadores cuesta $ 700.000 y $900.000 por empleado. El costo de inventario son $ 600 por cada chaqueta por mes. Normalmente cuenta con 25 empleados, y el inventario inicial consta de 500 chaquetas. Se supone que cada empleado dispone de 170 horas en el mes.

a) Desarrolle dos planes agregados uno que emplee una estrategia de adaptación y otro que utilice una estrategia mixta.
b) Calcular y comparar los costos de producción

c) Se supone que ante la escasez de trabajadores calificados, Bacanes Fashion no puede encontrar empleados adicionales; así mismo se supone que el tiempo extra está limitado a 20% del tiempo regular y la compañía puede encontrar un subcontratista que cobra $ 5.000 por chaqueta. Desarrollar un plan factible y calcular el costo de producción.

SOFASA, fabrica camionetas. Los vehículos son distribuidos regionalmente., con fluctuaciones en las ventas de temporada. Se han reunido los datos siguientes para planear las operaciones de producción:

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
DEMANDA	300	600	1200	800	400	200
DÍAS LABORABLES	21	22	20	20	22	21

- Horas de mano de obra requerida por vehículo = 30
- Salario Estándar = $ 5 dólares por hora por jornada de 8 horas
- Costo de Almacenaje = $ 15 dólares por mes y por vehículo
- Costo marginal de agotamiento de existencias = $ 30 dólares/ mes/unidad
- Costo marginal de subcontratar = $ 120 dólares más que un vehículo producido a la tarifa estándar de salario. (los materiales los proporciona SOFASA)
- Costo de contratación y capacitación = $ 300 dólares por trabajador
- Costo de despido = $ 400 dólares por trabajador

Compare los tres planes de producción que se describen, los cuales no tienen inventario inicial ni fijan límite al número de vehículos subcontratados.

PLAN –1: producción exacta con una fuerza de trabajo variable. A principio de Abril el número de trabajadores = 54 d

PLAN –2: fuerza de trabajo constante con inventario variable y agotamiento de existencias, sin subcontratación. Fuerza de trabajo constante = 120.

PLAN – 3: fuerza de trabajo limitada constante., con subcontratación e inventario variable. Fuerza de trabajo constante = 60.

6. FABRITEL esta produciendo videoteléfonos para el mercado de los hogares. La calidad no es tan buena como podría ser en este punto, pero el precio de venta es bajo y FABRITEL puede estudiar la respuesta del mercado mientras gasta más tiempo en I & D. En esta etapa sin embargo, FABRITEL necesita desarrollar un Plan Agregado de Producción para los seis meses de enero a junio venideros. Con lo que podrá suponer usted, ha sido comisionado para crear el plan. La siguiente información podrá ayudarlo:

Demanda y días de trabajo

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Totales
Proyección de demanda	500	600	650	800	900	800	4.250
Días trabajo	22	19	21	21	22	20	125

Costos	
Costo de mantenimiento del inventario	$ 1.000/ unidad
Costo de agotamiento de existencias /mes	100/unidad
Costo de subcontratación	$ 1.000/unidad
Costo de contratación y capacitación	$ 500/ trabajador
Costo de despido	$ 1.000/ trabajador

Horas de trabajo requeridas /unidad	4 horas
Costo mano de obra ordinaria (primeras 8 horas) hora	$ 125/
Costo de tiempo extra hora	$187,5/
Inventario	inicial
200 unidades	

¿Cuál es el costo de cada una de las siguientes estrategias de producción?

1) Producir exactamente para satisfacer la demanda; variar la fuerza laboral (suponiendo una fuerza laboral inicial igual a los requerimientos del primer mes)
2) Fuerza laboral constante; variar el inventario y permitir faltantes solamente (suponiendo una fuerza laboral inicial de 10)
3) Fuerza laboral constante de 10; utilizar la subcontratación.

7. La compañía TOY produce varios tipos de juguetes con demanda estacional. El pronóstico de los próximos seis meses en miles de pesos es el siguiente:

MESES	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Pronóstico	10000	15000	20000	18000	15000	10000

Valores en Miles de pesos

Un empleado normal puede producir $100.000 en juguetes al mes y la compañía tiene 80 trabajadores normales al final de junio. Los empleados normales reciben un sueldo de $1'500.000 a la semana (incluyendo prestaciones. Con tiempo extra los empleados producen a la misma velocidad que en el tiempo normal, pero se les paga el 150% del salario normal. Puede utilizarse hasta el 20% del tiempo extra en cualquier mes. Se puede contratar a un trabajador por $1'000.000 y cuesta $2'000.000.oo despedirlo. El costo de mantener inventarios es del

30% al año. La compañía desea terminar el año con 80 empleados. El inventario inicial de juguetes es de $900'000.000.oo.

a) Calcule el costo de una estrategia de adaptación a la demanda.
b) ¿Cuál es el costo de una estrategia de nivelación de la producción?
c) Determine el efecto de la estrategia de adaptarse a la demanda de la parte al cambiar el costo de contratación, de $1´500.000, $2'000.000 y a $2'500.000.

8. Dados los datos siguientes de oferta, demanda, costo e inventarios para una empresa que tiene una fuerza de trabajo constante y desea satisfacer toda la demanda, distribúyase la capacidad de producción para cubrir la demanda a un costo mínimo.

	Capacidad de Oferta (unidades)			Demanda Pronosticada
Periodo	Tiempo Regular	Tiempo Extra	Subcontratación	Unidades
1	60	18	1000	100
2	50	15	1000	50
3	60	18	1000	70
4	65	20	1000	80

Datos adicionales

Inventario	Datos de costo
Inicial = 20 Final = 25	Tiempo regular costo/unidad = $100 (Mano de obra = 50% del costo) Tiempo extra costo/unidad = $125 Subcontratación costo/ unidad = $130 Mantener inventarios costo/unidad =$2

12. Valery Ski de Colombia, productores de la famosa marca de Ski "Soles" y tienen un costo de producción de $ 60.000 por par durante el tiempo regular y $70.000 por tiempo extra. La capacidad de producción de la empresa y las demandas trimestrales pronosticadas se muestran en la tabla de adelante. El inventario inicial es de 200

pares y el inventario se mantiene con $ 5000 por trimestre. La demanda se cubre sin contratar, despedir, subcontratar o reprocesado. El tiempo regular no empleado tiene un costo de $20.000 por par.

a) Desarrolle el plan preferido y preséntese en forma de matriz resuelta.
b) ¿Cuál es el costo mínimo total del plan?

Oferta, unidades desde		Demanda unidades para					Capacidad Total Disponible
		Primer Trimestre	Segundo Trimestre	Tercer Trimestre	Cuarto Trimestre	Cap. no Utilizada	
Inventario Inicial							200
1	Tiempo regular						700
	Tiempo extra						300
2	Tiempo regular						700
	Tiempo extra						300
3	Tiempo regular						700
	Tiempo extra						300
4	Tiempo regular						700
	Tiempo extra						300
Demanda		900	500	200	1900	700	4200

10. Una planta en Malambo ha desarrollado los datos relativos a oferta, demanda, costo e inventario. La empresa tiene una fuerza de trabajo constante y cumple todas sus demandas. Asignar la capacidad de producción para satisfacer la demanda a un costo mínimo. ¿Cuál es el costo de este plan?

Capacidad de oferta disponible (en unidades)			
Período	Tiempo Regular	Tiempo Extra	Subcontrato
1	300	50	200
2	400	50	200
3	450	50	200

Pronóstico de la demanda	
Período	Demanda(unidades)
1	450
2	550
3	750

Otros datos
Inventario Inicial 50 unidades
Costo por unidad de tiempo regular $50
Costo por unidad de tiempo extra $65
Costo por unidad de subcontratación $80
Costo por unidad en un período por manejo $1

5.5 PMP- Programación Maestra de Producción

5.5.1 Disgregación

Como salida del proceso de Planeación Agregada tenemos generalmente un programa de producción para agrupar a los productos por familia. Le indica a un fabricante de camisas cuantas fabricar, pero no cuantas deben ser talla S, Cuantas Talla M, Cuantas Talla L o XL, o son blanca, de color azul o rojo. Le dice a un fabricante de acero cuantas toneladas de cero producir pero no discrimina entre cual fabricar, si el acero es en rollo o laminado.

Como acabamos de notar anteriormente, los detalles y parámetros que resultan de un plan incluyen el personal, la subcontratación, la acumulación de inventario y los cambios de niveles de producción semanal o mensual. Pero aunque esta es una información importante, la

empresa necesita más información para operar y atender la demanda con fluidez. Lo que necesita es un plan que maneje productos particulares y específicos.

¿Qué cantidad de cada uno se deben producir, y para qué fecha? El proceso de romper el Plan Agregado en mayor detalle se llama disgregación.

La disgregación da como resultado un Programa Maestro de Producción PMP.

5.5.2 Objetivos del PMP

El PMP formaliza el Plan de Producción y lo convierte en requerimientos específicos de materias primas y capacidad. Entonces deben ser evaluadas las necesidades de mano de obra, materia prima y equipo para cada trabajo. Por esto, el PMP maneja la producción entera y el sistema de inventarios estableciendo metas de producción específicas y respondiendo a la retroalimentación de todo el flujo de operaciones.

5.5.3 Funciones del PMP

Algunas funciones claves del PMP se listan a continuación:

1. Convierte los planes agregados en artículos finales específicos
2. Evalúa alternativas de programación
3. Genera requerimientos de materiales
4. Genera requerimientos de capacidad
5. Facilita el procesamiento de la información
6. Mantiene las prioridades válidas en los programas de producción

7. Utiliza la capacidad con efectividad

5.5.4 Lineamientos de la Programación Maestra de Producción

El proceso de programación generalmente consiste en consolidar los requerimientos brutos, restándolos del inventario disponible, y agrupar los requerimientos netos en órdenes planeadas de tamaño de pedidos apropiados. Los pedidos entonces se convierten en informes de cargas de los centros o puestos de trabajo claves, y los requerimientos completos de materia prima y capacidad se revisan para la factibilidad.

Lineamientos de Programación Maestra de Producción

1. Trabajar en un Plan de Programación Globalizado
2. Programar Módulos comunes si es posible
3. Cargar las instalaciones en términos reales de capacidad
4. Entregar de pedidos de acuerdo a lo programada
5. Hacer seguimiento de cerca a los niveles de inventario
6. Reprogramar si se requiere

5.5.5 Horizontes del PMP

Para el PMP el horizonte de tiempo que se cubre depende del tipo de producto, el volumen de producción y la variabilidad de los tiempos de entrega. Este tiempo puede presentarse en semanas, meses o alguna combinación, pero la programación debemos extenderla lo suficientemente hacia delante para que los tiempos de entrega de todas las compras y los componentes armados sean adecuadamente incluidos.

El PMP tiene porciones fijas y flexibles(o tentativas). El término porción fija incluye el mínimo tiempo de entrega necesario y no está abierto al cambio.

5.5.6 Método de Programación Maestra

El ejemplo siguiente ilustra un método de programación maestra que incorpora la demanda de los productos y los pedidos. Nótese que el número de unidades que serán producidas durante cada ciclo de producción se especifica como la amplitud de cada corrida económica (Lote económico).

Ejemplo 5-4 Lo que se presenta abajo en las Tablas 5-3 y 5-4 son las demandas esperadas para los subensambles A y B, las cuales tienen inventarios iníciales de 100 y 40 unidades, respectivamente. La amplitud de corrida económica para A es de 200 unidades y para B, de 80 unidades. El artículo B tiene una demanda variable e incierta, por lo que la empresa trata de mantener 30 unidades de inventario extra (seguridad) para asegurar un buen servicio. Desarróllese un PMP tentativo para A y B.

Tabla 5-3 Subensamble A

Inventario Inicial = 100 CPE= 200	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pronóstico de ventas		10	60	80	100	80	100	100	100	100
Necesidades otras plantas			10			10			10	
Pedidos de clientes	80	80	60	20	20	10				
Pedidos de sucursales	30	20		10						

Tabla 5-4 Subensamble B

Inventario Inicial = 40 CPE= 80	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pronóstico de ventas			10	20	10	10	20	20	30	20
Necesidades otras plantas			10		20			20		
Pedidos de clientes	20	30	20	20	5					
Pedidos de sucursales		10	10			10				

Los requerimientos de nivel de servicio hacen necesario que el inventario final de B no sea menor de 30 unidades.

Los requerimientos consolidados se determinan sumando los datos de pronóstico y pedidos.

Para A:

Semana 1 = 80 + 30=110

Semana 2 = 10 + 80 + 20 =110

La producción requerida se determina por:

Producción = Inventario Inicial - Requerimientos Consolidados

Tabla 5-5 Subensamble A

Inventario Inicial =100 CPE= 200	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Requerimientos	110	110	130	110	120	100	100	100	110	100
Inventario Inicial	100	190	80	150	40	120	20	120	20	110
Producción requerida	200		200		200		200		200	
Inventario Final	190	80	150	40	120	20	120	20	110	10

Para A: Semana 1= 100+200-110=190 (se necesita producción nueva, CPE =200 ya los requerimientos son mayores que las existencias)

Semana 2= 190-110=80

EL inventario final se determina por:

Inventario Final = Inventario Inicial + Producción - Requerimientos

Tabla 5-6 Subensamble B

Inventario Inicial =40 CPE= 80, IS=30	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Requerimientos	20	40	50	40	35	20	20	40	30	20
Inventario Inicial	40	100	60	90	50	95	75	55	95	65
Producción Requerida	80		80		80			80		
Inventario Final	100	60	90	50	95	75	55	95	65	45

En este caso, debemos tener en cuenta el inventario de seguridad para el Subensamble B:

40-20 = 20 pero es inferior al inventario de seguridad de 30 por tanto debemos producir el CEP de 80, luego 40+80-20 = 100.

Los renglones de producción requerida muestran las cantidades de la programación maestra tentativa Tabla 5-7

Tabla 5-7 Programa Maestro de Producción

Semana Número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Subensamble A	200		200		200		200		200	
Subensamble B	80		80		80			80		

5.5.7 Aplicaciones del PMP

1. La tabla mostrada adelante presenta la demanda esperada de un artículo terminado, el cual tiene un inventario inicial de 90 unidades. El tamaño del lote de producción es de 200 unidades, y la empresa mantiene de seguridad 30 unidades.

Tabla 5-8

	Semana Número							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos	15	15	15	30	15	15	30	15
Inventario Inicial	-	-	60	-	-	60	-	-
Producción Requerida	-	-	-	90	-	75	-	120
Inventario Final	-	15	-	30	60	-	90	-

Complete el Programa Maestro para determinar los requerimientos de producción el inventario inicial, la producción requerida y el inventario final de cada período.

2. Siemens S.A. comercializa dos equipos para Electrocardiogramas de ultrasonido en los Mercados Internacionales MACROMILK- 130 y FULLTACK-50. La demanda anticipada de los próximos seis períodos se indican en la Tabla 5-9.

Tabla 5-9

	Demanda esperada durante el Período					
	1	2	3	4	5	6
Pedidos Nacionales						
MACROMILK-130	30	30	25	20	15	15
FULLTACK-50	45	30	30	30	20	-
Pedidos Internacionales						
MACROMILK-130	18	16	14	-	-	12
FULLTACK-50	22	15	17	15	-	-
Pronóstico						
MACROMILK-130	15	13	20	30	40	40
FULLTACK-50	-	15	15	20	20	40

Datos adicionales:

	Inventario Inicial	Tamaño de lote	Inventario de seguridad
MACROMILK-130	74	50	20
FULLTACK-50	60	70	30

Desarrolle un PMP tentativo basado en los datos suministrados.

3. Una planta manufacturera desea actualizar su Programa maestro de Producción para sus productos. Se tiene como política producir con base en existencias. A continuación se presenta en la siguiente tabla la demanda del producto para las siguientes seis semanas.

TIPO DE DEMANDA	SEMANAS					
	1	2	3	4	5	6
Clientes(pronost.pedidos)	350	600	350	250	200	600
Almacenes sucursales	100	50	200	250	100	50
Investigación Mercado		25			20	
Investigación Producto	5					

Se ha establecido un nivel de existencias seguridad, un tamaño mínimo de lote y un nivel de inventario inicial para este producto a saber:

Tamaño mínimo de lote	Existencia de seguridad	Inventario inicial
1000	250	750

Elabore el PMP de seis semanas para este producto.

4. Complete el Programa Maestro de Producción del Material W presentado en tabla mostrada adelante. Nótese que este artículo tiene una demanda independiente que necesita que se mantenga un inventario de seguridad de 80 unidades.

CPE =140 Tiempo de espera =4 semanas IS = 80		SEMANAS											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos		40	40	50	40	40	50	40	40	60	50	50	50
Recepciones			140										
Disponibilidad final	130												
Ordenes Planeadas													

5.6 PRM-Planeación de Requerimiento de Materiales

5.6.1 Objetivos del PRM

La Planeación de Requerimientos de Materiales PRM es una técnica para determinar la cantidad y periodicidad para la adquisición de artículos dependientes de la demanda necesarios para satisfacer los requerimientos de la Programación Maestra. Por una definición precisa de qué, cuánto y cuándo se necesitan los componentes, los sistemas de PRM son capaces de 1) reducir los costos de los inventarios,2) mejorar la efectividad de la programación, y 3) responder rápidamente a los cambios del mercado.

5.6.2 Terminología

PRM. Técnica para determinar la cantidad y periodicidad de artículos con demanda dependiente. **Artículos componentes y originales**. Un origen es un armado hecho de piezas básicas o componentes.

El origen de un subgrupo puede ser parte de un origen de nivel más alto.

Demanda dependiente. Demanda por componentes derivada de la demanda de otros artículos.

Tamaño de lote. Cantidad de artículos requeridos en una orden. La orden puede ser comprada a un proveedor o producida internamente. La determinación de lotes es un proceso para especificar el tamaño de la orden.

Tiempo de preparación. Período usado para planear el PRM; generalmente, una semana.

Requerimientos. Necesidades proyectadas de materias primas, componentes, subensambles o artículos terminados. Los requerimientos brutos son las necesidades totales de todos los recursos, mientras que los requerimientos netos se encuentran después de usar el inventario disponible.

Explosión de requerimientos. Descomposición (explosión) de los artículos originales en sus partes componentes, que pueden ser planeadas y programadas por separado.

Lista de materiales- LDM. Lista de todos los componentes (subensambles y materiales) que se requieren para armar un artículo. Frecuentemente incluye números de piezas y cantidades necesarias por ensamble.

Recepción programada. Materiales ya solicitados a un proveedor o generados internamente. El PRM muestra la cantidad y el tiempo proyectados de recepción.

Recepción Planeada. Materiales que serán ordenados a un proveedor o generados internamente por otro lado, es similar a una recepción programada.

Orden planeada. Plan (esto es, cantidad y fecha) para iniciar la compra o manufactura con el fin que los materiales sean recibidos después de compensar el tiempo de espera.

5.6.3 Entradas y salidas del PRM

Como se indica en la Figura 5-4, las entradas y salidas del PRM son:

Entradas	Salidas
PMP de artículos finales requeridos	Datos de programación de ordenes de PRC para perfiles de carga
Registros de estado del inventario disponible, y artículos en proceso, tamaño de lotes, tiempos de entrega, etc.	Ordenes de compra y producción interna
Registro de estructura del producto (LDM) de qué componentes y subensambles van en cada producto final.	Reprogramación de PMP
	Reportes administrativos y actualización del inventario

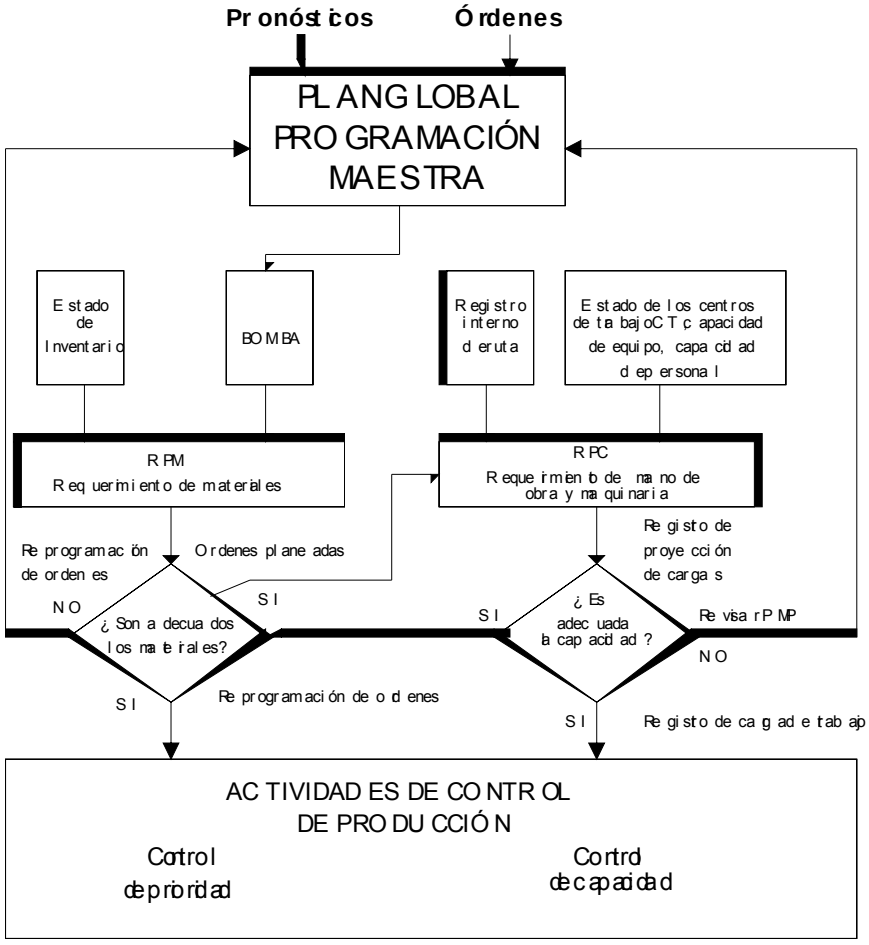


Figura 5-4 Diagrama de Flujo de la planeación
de materiales y de la capacidad

5.6.4 Lista de materiales

Una Lista de Materiales -LDM- es una relación de todos los materiales, componentes y subensambles necesarios para obtener una unidad de producción final. Dos métodos comunes de descripción de una LDM son un árbol de estructura del producto y una LDM desglosada: ambos muestran las relaciones *origen- componente* en una base jerárquica, lo cual revela qué componentes son necesarios para cada ensamble a un nivel superior.

La Figura 5-5 muestra la estructura dependiente de la LDM e incluye información codificada del nivel. El nivel cero (0) es el más alto y el nivel tres (3) es el más bajo de esta LDM. Nótese que el ensamble de barras (102) constituye

un subensamble que es combinado con dos barras de aluminio (201) y dos agarres de neopreno (202).El ensamble de Llantas (104) está conformado por dos ejes (202), dos conexiones (203), mas una rueda (204) a su vez la rueda está constituida por una llanta (301).

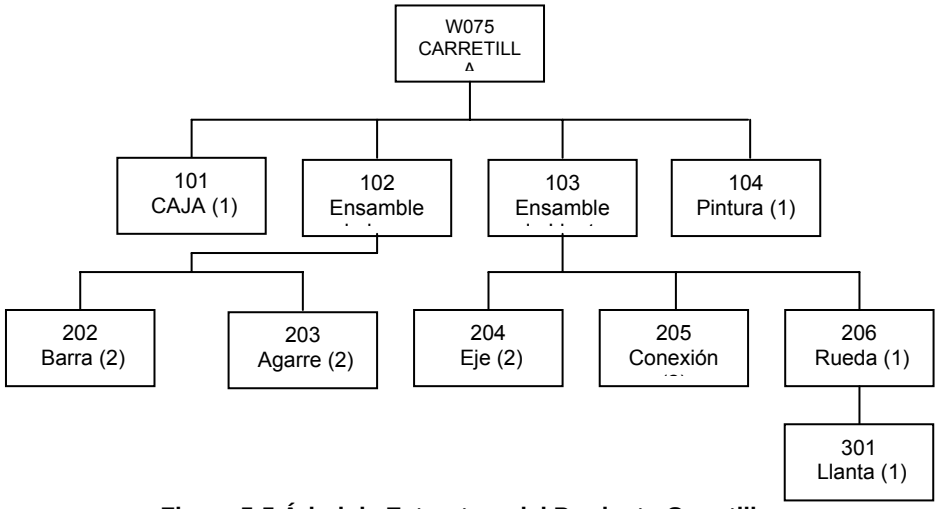


Figura 5-5 Árbol de Estructura del Producto Carretilla

LISTA DE MATERIALES LDM Pieza No. W075 CARRETILLA Nivel 0				
Parte No.	Descripción	Cantidad/Ensamble	Unidades	Nivel
101	Caja : Tamaño profundo, aluminio	1	La misma	1
102	Ensamble de barra	1	La misma	1
201	Barras de Aluminio	2	La misma	2
202	Agarraderas: neopreno	2	La misma	2
104	Ensamble de Llanta	1	La misma	1
202	Eje	1	La misma	2
203	Conexión	2	La misma	2
204	Rueda	1	La misma	2
301	Llanta	1	La misma	3
205	Pintura azul	1	Pintar	1

Figura 5-6 Lista de Materiales –LDM Carretilla

Ejemplo 5-5: Determínense las cantidades de 101, 102, 103, 104, 202, 203, 204 y 301 necesarias para terminar 50 carretillas W075

Primero determine los requerimientos para un soporte, como se muestra en la Tabla 5-10, y entonces multiplíquese por 50. Nótese que las partes de C y E son utilizadas en dos diferentes subensambles, por lo que las cantidades separadas deben ser sumadas. Para los 50 soportes, cada uno de los requerimientos debe ser multiplicado por 50 para obtener los requerimientos totales.

Tabla 5-10

COMPONENTES	EFECTO DE DEPENDENCIA	REQUERIMIENTOS
101 Caja(1)	Una 101 para W075	1
102 Ensamble de Barra(1)	Una 102 para W075	1
103 Ensamble de Llanta(1)	Un 103 para W075	1
104 Pintura(1)	Una Pintura para W075	1
201 Barra (2)	Dos 201 para 102	2
202 Agarre(2)	Dos 202 para 102	2
203 Eje(2)	Dos 203 para 103	2
204 Conexión (2)	Dos 204 para 103	2
205 Rueda(1)	Una 205 para 103	2
301 Llanta(1)	Una 301 para 205	1

Para las 50 Carretillas cada uno de los requerimientos debe ser multiplicado por 50 para obtener los requerimientos totales.

5.6.5 Lógica del PRM

La Programación Maestra de Producción dicta los requerimientos brutos o proyectados para los productos finales del sistema PRM. Los requerimientos brutos no toman en cuenta cualquier inventario disponible o en proceso. El programa PRM separa las demandas de los productos finales en requerimientos para subensambles, componentes y materiales,

procesando todas Las listas relevantes de materiales en una base de nivel por nivel. Los requerimientos netos son calculados ajustándolos de acuerdo con el inventario existente y los artículos ordenados, como se registra en el estado de inventario.

Requerimientos netos =requerimientos brutos-(inventario disponible + recepciones programadas)

La programación de órdenes es planeada por los componentes en la forma de fases de tiempo (usando datos de tiempo de espera de los registros de inventario) para que los materiales lleguen precisamente cuando son necesitados. En esta etapa el material es referido a una planeación de recepción de órdenes. Cuando las órdenes son realmente enviadas a los proveedores o producidas internamente, la recepción planeada se convierte técnicamente en una programación de recepción. Algunos formatos de PRM mantienen líneas separadas para la recepción planeada y programada, mientras que otros las combinan con un solo encabezado de recepciones.



Ejemplo 5-6: La Industria que produce las carretillas del ejemplo anterior espera entregar 40 en la semana 1; 60 en la semana 4; 60 en la semana 6 y 50 en la semana 8. Entre los requerimientos para cada carretilla fueron dados en la tabla 5-1, se agrega el tamaño de los lotes de producción, el tiempo de espera, el inventario disponible al principio del período

PIEZA	Tamaño del Lote	TIEMPO DE ESPERA	INVENTARIO DISPONIBLE
Caja	100	2 semanas	100
Ensamble de Barras	120	3 semanas	120
Ensamble de Llantas	150	2 semanas	100
Pintura	Global	3 semanas	150
Barras	300	1 semana	10
Agarre	200	2 semanas	50
Eje	300	2 semanas	80
Conexión	250	2 semanas	120
Rueda	100	1 semana	120
Llanta	100	2 semanas	120

*Son necesarios 90 ensambles de llantas en el período 5 para un embarque de tractores de jardín.

Complete el plan de requerimiento de todos los componentes de la carretilla y muestre que cantidades de ordenes deben ser programadas y cuando debe hacerse esto para satisfacer el PRM.

Programación Maestra de artículo final: carretilla.

Semana Nº	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos	40			60		60		50

Plan de materiales componentes: Cajas

Cantidad ordenada = 100 Tiempo de espera = 2 semanas		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados		40			60		60		50
Recepciones							100		140
Disponible al final del período	100	60	60	60	00	0	40	40	90
Órdenes planeadas					100		100		

Plan de materiales componentes: ensamble de Barras

Cantidad ordenada = 120 Tiempo de espera = 3 semanas		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados		40			60		60		50
Recepciones							120		
Disponible al final del período	120	80	80	80	20	20	80	80	30
Orden planeada				120					

.Plan de materiales componentes: ensamble de llanta

Cantidad ordenada =150 Tiempo de espera = 2 semanas		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados		40			60	90	60		50
Recepciones						150			150
Disponible al final del período	100	60	60	60	0	60	0	0	100
Orden planeada				150			150		

.Plan de materiales componentes: Pintura global

Cantidad ordenada =150 Tiempo de espera = 3 Semanas		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados		40			60		60		50
Recepciones							150		
Disponible al final del período	150	110	110	110	50	50	140	140	90
Orden planeada				150					

Plan de materiales subcomponentes: Barras para el ensamble de Barras

Cantidad Ordenada = 300 Tiempo de espera = 1 semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados				240					
Recepciones				300					
Disponible al final del período	10	10	10	70	70	70	70	70	70
Orden planeada			300						

Plan de materiales subcomponentes: Agarre para el ensamble de Barras

Cantidad Ordenada = 200 Tiempo de espera =2 semanas		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados				240					
Recepciones				200					
Disponible al final del período	50	50	50	10	10	10	10	10	10
Orden planeada		200							

Plan de materiales subcomponentes: Eje para el ensamble de Llantas

Cantidad Ordenada = 300 Tiempo de espera =2 semanas		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados				300			300		
Recepciones				300			300		
Disponible al final del período	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Orden planeada		300			300				

Plan de materiales subcomponentes: Conexión para el ensamble de Llantas

Cantidad Ordenada = 250 Tiempo de espera =2 semanas		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados				300			300		
Recepciones				250			250		
Disponible al final del período	120	120	120	70	70	70	20	20	20
Orden planeada		250			250				

Plan de materiales subcomponentes: Rueda para el ensamble de Llantas

Cantidad Ordenada = 100 Tiempo de espera =1 semana		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados				150			150		
Recepciones				100			100		
Disponible al final del período	120	120	120	70	70	70	20	20	20
Orden planeada			100			100			

Plan de materiales subcomponentes: Llanta para Rueda

Cantidad Ordenada = 100 Tiempo de espera =2 semanas		1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos proyectados			100			100			
Recepciones						100			
Disponible al final del período	120	120	20	20	20	20	20	20	20
Orden planeada				100					

Figura No. 5-7 Programación Maestra de PRM y planes componentes

La Figura No.5-7 muestra la programación maestra y la de partes componentes. Nótese que debido a que cada vehículo requiere dos barras los requerimientos proyectados de materiales para las barras son el doble del número del producto final. Los requerimientos proyectados de 40 Cajas en el período 1 son adecuadamente satisfechos con las 100 unidades disponibles al principio del período 1, dejando 60 disponibles al final del período 1. El resto de Programas de Requerimientos de Materiales para los componentes restantes que conforman la carretilla se desarrollan de igual forma, no olvidando que:

Disponibles al final del período = disponibles al final del período anterior + recepciones - requerimientos proyectados

En el período 4 los requerimientos de cajas son de 60 que se cubren con el inventario disponible, pero en el sexto período se requieren otras 60 cajas, habría que anticiparse dos semanas para producir el lote económico de 100 previstos, quedándonos 40 unidades en inventario final.

Los factores clave de los sistemas PRM son:

1. La generación de requerimientos de bajo nivel
2. La fijación de fases para esos requerimientos
3. La programación de órdenes planeadas que se originan de esos requerimientos.

Nótese particularmente que las órdenes planeadas de artículos origen generan requerimientos proyectados en el nivel de componentes.

5.6.6 Aplicaciones del PRM.

1. Una lámpara de baterías es armada a partir de tres subensambles principales; montaje de la cabeza, dos baterías y el cuerpo. El ensamble de la cabeza consiste en una parte de plástico, una lente, un subensamble de foco (colocando el foco en un soporte), y un reflector. El armado de cuerpo consta de un resorte y un ensamble de coraza, el cual a su vez está compuesto por un apagador (interruptor), dos barras conectoras y una coraza plástica. El apagador es armado con un botón y dos placas metálicas.

   La cabeza plástica es hecha de una unidad color naranja, y la coraza es armada con tres unidades de plástico naranja.

Desarróllese un árbol de estructura de producto de la lámpara e inclúyase la codificación de nivel para cada componente.

2. Diséñese un desglose de materiales para la lámpara del problema 2 (Nota: asígnense números adecuados de cuatro dígitos a los componentes).

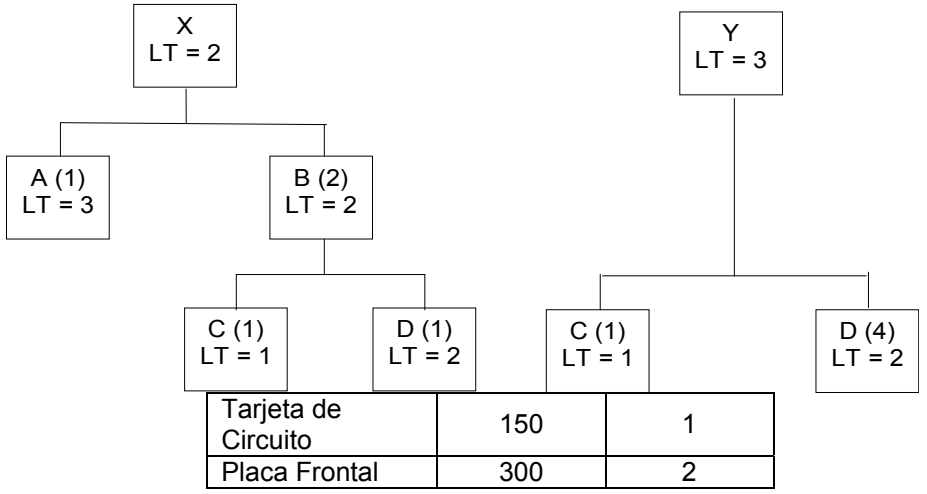
3. La compañía que produce las lámparas en el problema 3 tiene una orden por 100 artículos finales (lámparas); se tienen disponibles 10 ensambles de cabeza, 10 lentes, 30 resortes y 10 apagadores. Cálcense los requerimientos brutos y los requerimientos netos para satisfacer la orden.

4. Una planta industrial fabrica los productos Y y X, los cuales tienen las demandas, existencias de seguridad, y los niveles de estructura de productos que se muestra en la figura. Los inventarios disponibles son los que siguen X =200, Y = 60, A =140, B = 0, C = 400, y D =1600. El tamaño de lote para A es 500, y para D es 2000(o múltiplos de esas cantidades); todas las demás partidas son especificadas con base lote por lote (LPL) (esto es, las cantidades son iguales a los requerimientos netos). La única recepción programada son 500 unidades de X hecha en el período 2. Determínense las cantidades que se ordenarán y la programación de órdenes de todos los requerimientos usando un formato de PRM.

PRODUCTO	SS	Demanda en el período							
		1	2	3	4	5	6	7	8
X	100			600			400		500
Y	60							800	

5. Un teléfono se compone de un auricular y una base. El auricular a su vez se ensambla con un mango y un cordón; y la base se ensambla con una caja, una tarjeta de circuito y una placa frontal: una lista de materiales, junto con el número de partes disponibles y los tiempos de espera se muestran adelante.

Producto/Partes	Disponibles	Semanas de espera
Teléfono	200	1
Auricular	300	1
Manija	200	2
Cordón	75	2
Base	250	1
Caja	200	2



Tarjeta de Circuito	150	1
Placa Frontal	300	2

Elabore el árbol de estructura del Producto, elabore un PRM para el teléfono y sus partes para determinar cuantos teléfonos se pueden fabricar con las partes disponibles.

6. Una lámpara consiste en el ensamble de un soporte y una pantalla. El soporte esta compuesto de un cuello, un socket y una base, las cuales se ensamblan de partes compradas. La pantalla se agrega al ensamble del soporte con el objeto de finalizar la lámpara. El número de partes disponibles, las partes programadas para llegar y los tiempos de espera para obtener mas partes se indican adelante.

Producto/Piezas	Disponibles	Semanas de espera
Lámpara	200	1
Soporte	100	2
Cuello	0	3
Socket	300	2
Base	200	3
Pantalla	400	3

a) Elabore el Árbol de estructura del Producto.
b) Suponga que se requieren 100 lámparas en la semana 7 y 1500 en la semana 8; elabore un Programa completo de Requerimiento de Materiales para la lámpara y sus componentes. ¿Tiene alguna observación al respecto?

7. Una compañía de tijeras fabrica unas tijeras comunes y corrientes que consisten en tres partes: el lado izquierdo, el lado derecho y el tornillo que las une. En la actualidad, la compañía tiene las siguientes cantidades de partes disponibles y bajo pedido. Los tiempos de espera para el reorden de cada parte se dan junto con la lista de materiales.

	Disponible	Semanas de espera	Recepciones programadas
Tijeras	100	1	
Lado izquierdo	50	2	100 en la semana 2
Lado derecho	75	2	200 en la semana 2
Tornillo	300	1	200 en la semana 1

a) Dibuje el árbol de estructura del producto y un esquema del producto
b) Suponga que el Programa Maestro exige 300 tijeras a ser embarcadas en la semana 4 y 400 en 5; elabore un plan completo de materiales.
c) Supóngase que el proveedor del lado derecho de las tijeras llama para avisar que las entregas de 200 partes bajo pedido llegarán una semana tarde. ¿Qué efecto tendría esto sobre el plan de materiales?

8. Un fabricante de sillas se basa en la lista de materiales mostrada, además se tienen los inventarios de partes y los tiempos de espera.

	Disponible	Semanas de espera
Sillas	100	1
Ensamble patas (1)	50	2
Travesaño (4)	100	1
Patas (4)	150	1
Ensamble respaldo (1)	25	1
Cubierta (1)	30	2
Eje (4)	80	2
Asiento (1)	40	3

A la compañía le gustaría producir 500 sillas en la semana 5 y 3 sillas en la semana 6.

1. Dibuje el árbol de estructura del producto y un esquema del producto
b) Desarrolle un Plan de Materiales para todas las partes
c) ¿Qué acción debe tomar ahora?
d) ¿Cuál es el efecto de cambiar el Programa Maestro de 300 sillas en la semana 5 y 400 sillas en la semana 6?

5.7 Planeación de Requerimiento de Capacidad

Para estar a tono con las circunstancias actuales, como no son otras que la nueva ola de la globalización y el TLC que implican para nuestro país un mayor y mejor desarrollo de las organizaciones productivas para la liberación de fronteras y la constitución de bloques y frentes mancomunados de trabajo, se requiere un análisis detallado de los recursos productivos con que cuenta una organización sea pública o privada.

Sea donde sea el punto de partida, es inevitable llegar al establecimiento de la capacidad técnica y real de los sitios de trabajo de las empresas, fábricas o factorías.

Hace pocos hace trabajada con niveles por debajo de las potencialidades de las instalaciones. Situación debida a que la actividad económica se basaba en el principio proteccionista de puertas cerradas, hoy en día además de dar un mayor énfasis a la calidad del producto, gracias a la introducción de mejores tecnologías, se hace más importante saber dimensionar la capacidad de trabajo de las organizaciones como respuesta a los requerimientos del mercado.

5.7.1 Análisis de capacidad

Se debe entender la capacidad como el potencial de trabajo con que se cuenta, medidas para los diferentes sitios de trabajo.
Estos medios de trabajo pueden ser máquinas, instalaciones, puestos de trabajo y en fin, todos aquellos lugares donde se desarrollan tareas

plenamente establecidas y que contribuyen a la elaboración de los bienes o la prestación de servicios.

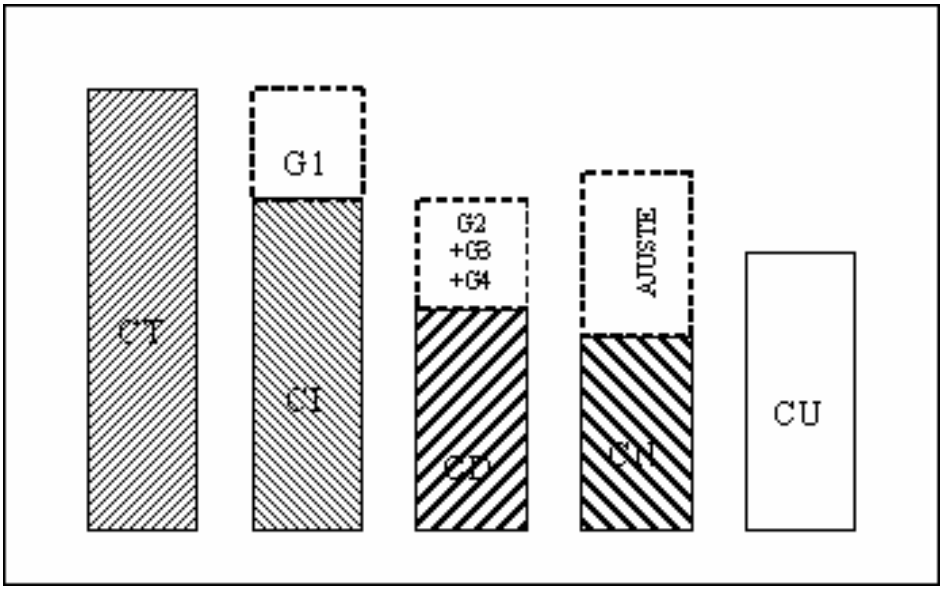
Se distinguen cinco tipos de capacidad.

1. Capacidad Técnica CT
2. Capacidad Instalada CI
3. Capacidad disponible CD
4. Capacidad necesaria CN
5. Capacidad utilizada CU

Estas capacidades pueden ser expresadas en distintos tipos de unidades dimensionales, entre las cuales tenemos:

- Unidades de tiempo (horas/año)
- Unidades energéticas (kilowatios/año)
- Unidades económicas o monetarias ($/año)
- Unidades físicas (unidades/año)

Figura 5-8 Tipos de Capacidad



Sin embargo y aunque la escogencia entre una u otra capacidad dimensional depende del fin que se tenga, tomaremos para nuestro caso las unidades de tiempo, ya que son estas las de mayor aplicación en las organizaciones productivas.

Adicionalmente, se elige un año como aquel período base del estudio, por ser este el mas común parte este tipo de análisis, no sin antes dejar en clareo que cualquier otro lapso puede ser considerado, dependiendo nuevamente del uso que le dé el encargado de hacer este estudio.

5.7.2 Definiciones y modelos matemáticos

Capacidad teórica

Como su nombre lo indica, es la capacidad máxima de producción y que está prevista desde la construcción y/o conformación de los sitios de

trabajo; este nivel de capacidad nunca se trabaja y solo sirve para fronteras de análisis.

CTi = 365(día/año) x 24(horas/día) x ni

Donde:

CTi: Es la capacidad teórica del sitio de trabajo

ni : Es el número de sitios de trabajo del tipo i

La capacidad teórica de toda la organización será:

$$CT = \sum_{I=1}^{n} CTi = \sum_{i=1}^{n} 365x24xni$$

Para n sitios de trabajo distintos

Capacidad instalada

Es la máxima capacidad real de trabajo y considera las disminuciones de tiempo previstas para el mantenimiento preventivo de los medios de trabajo.

Estas pérdidas son generalmente recomendadas por los fabricantes de los medios de trabajo (máquinas, herramientas), por los de departamentos de mantenimiento o en el peor de los casos deben ser 5 dados con el mejor criterio por parte de los jefes de producción.

CIi = (Ddías/año) x horas/día - gihoras/año) x ni.

Donde:

CIi: Es la capacidad instalada del sitio de trabajo i

ni: Es el número de sitio de trabajo del tipo i

gi: Son las pérdidas por mantenimiento preventivo de una unidad de sitio de trabajo i expresadas en horas/año

La capacidad instalada es:

$$CI = \sum_{I=1}^{n} CIi = \sum_{i=1}^{n} (365x24-gi)$$

Para n sitios de trabajo distintos

Capacidad disponible

Esta capacidad es con la que realmente trabaja una empresa ya que reconoce las deficiencias con que normalmente labora la organización. Adicionalmente se establecen las condiciones de producción que dependen de la política interna y de la administración de recursos de manufactura, así como las normas de trabajo y la jurisprudencia en que se circunscribe.

$$CDi = \frac{(dhdia/añoxni\ turno\ /diaxdti\ horas/turnoxni - G1 - (G2+G3+G4)}{Nxni}$$

Donde:

CDi: Es la capacidad disponible del sitio de trabajo i.

dh: Son los días hábiles que labora la empresa en el año.

nti: Número de turnos diarios que se trabaja en el sitio de trabajo i.

dti. Duración de los turnos, estos pueden variar de un sitio de trabajo a otro.

ni: Es el número de sitios de trabajo tipo i.

G1: Son las pérdidas totales por mantenimiento de todos los sitios de trabajo.

G2: Son la pérdidas por no existencia del personal productivo expresada en horas/año. En este rubro se incluye la inasistencia justificada o no y se pueden obtener de las estadísticas.

G3: Son las pérdidas por factores organizacionales; es decir, las pérdidas causadas por una mala o deficiente gestión de la producción.

G4: Son las pérdidas por factores aleatorios no previsibles; incluyen disminuciones causadas por factores naturales, políticos, sociales, económicos, etc.

La capacidad disponible es:

$$CD = \sum_{i=1}^{n} DCi = \sum_{i=1}^{n} (dhxntixdti\text{-}gi)\ xni\text{-}(G1+G3+G4)$$

Para n sitios de trabajo distintos

Capacidad necesaria

Es la capacidad que se requiere para cumplir con un programa o plan de producción determinado. Este plan normalmente se trabaja con los pronósticos de ventas.

$$CNi = \sum_{j=1}^{p} Qpj\ (unidades/año)\ xtpij\ (horas/unidad)$$

Donde:

CNi: Es la capacidad necesaria del sitio de trabajo i

Qpj: Es la cantidad planeada de producto tipo ji existirán P, tipos distintos de productos. Esta cantidad planeada será anual, aunque puede abarcar otro periodo diferente.

Tpji: Es el tiempo planeado de ejecución de una unidad de producto tipo j en el sitio de trabajo i. Este tiempo es el que comúnmente se conoce como tiempo estándar de manufactura o tiempo tipo.

La capacidad necesaria total es:

$$CN = \sum_{j=1}^{n} CNi = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} Qpjxtpij$$

Para n sitios de trabajo distintos y p tipos diferentes de productos.

Capacidad utilizada

Es la capacidad que realmente se consumió en la elaboración en la producción. Se calcula después del ejercicio contable y sirve como medida de efectividad y control.

$$CUi = \sum_{j=1}^{p} Qrj\ (\text{Unidades/año})\ xtrij\ (\text{horas/unidad})$$

Donde:

Cui. Es la capacidad utilizada en el sitio de trabajo i

Qrj: Es la cantidad realmente elaborada de producto tipo j en el período de tiempo considerado.

trij: Es el tiempo realmente gastado en los distintos sitios de trabajo in para la manufactura del producto j.

La capacidad utilizada es:

$$CU = \sum_{i=1}^{n} Cui = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{p} Qrjxtrij$$

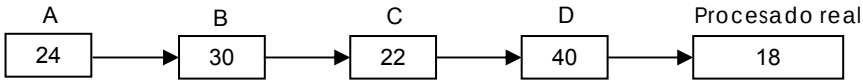
Para n sitios de trabajo distintos y P tipos diferentes de productos.

5.7.3 Diseño y capacidad del sistema

El diseño de una instalación puede afectar la ubicación y estas su vez, afecta la capacidad. Las capacidades deben ser establecidas en unidades físicas, tiempo de servicio, u horas de trabajo, mas que un volumen de ventas en dinero.

La capacidad de diseño de una instalación es la tasa de salida de productos estandarizados en condiciones de operación normales. Esto se basa en el conocimiento de la demanda de los consumidores y del establecimiento de una política para satisfacer la demanda.

Una compañía de seguros para automóviles procesa las pólizas secuencialmente mediante cuatro centros (A, B, C y D), los cuales manejan las actividades de búsqueda y registro. Las capacidades de cada centro de trabajo individual y el promedio real de pólizas procesadas por día es el que se indica. Encuéntrese a) La capacidad del sistema b) Su eficiencia.



a) Capacidad del sistema= capacidad del componente mas limitado en la línea = 22 pólizas/día

b) Eficiencia (Es)= $\frac{\text{Procesado real}}{\text{Capacidad del Sistema}} = \frac{18}{22} = 0.82 = 82\%$

Cálculo de los requerimientos de equipos

Si la producción real es especificada, la cantidad o el tamaño del equipo que se requiere para cubrir esa producción pueden ser mejor determinados para incluir pérdidas e ineficiencias del sistema.

Ejemplo: Un proveedor de equipo para automóviles desea instalar un número suficiente de hornos para producir 400.000 moldes por año. La operación de horneado requiere 2 minutos por molde, pero la producción del horno tiene regularmente 6% de defectuosos. ¿Cuántos hornos se necesitan si uno está disponible durante 1800 horas (de capacidad por año)

Capacidad que requiere el sistema= $\frac{\text{Producción (buena) real}}{\text{Es}}$

$$= \frac{400.000}{0.94} = 425.532 \text{ Unidades/año}$$

Convirtiendo a unidades/hr:

425.532unidades/año=236 unidades/hr.
1800 hr/año

Capacidad de cada horno = 60 min./hr = 30 unidades /Horno – hr.
2 min. /unidad

Numero de hornos requeridos= 236 unidades/hr. =7.9 (8) hornos
30unidasdes/horno-hr.

Balanceo de línea de las distribuciones por producto

El balanceo de línea es una distribución de las actividades secuenciales de trabajo en los centros laborales para lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y del equipo y de ese modo reducir o eliminar el tiempo ocioso. Las actividades que son compatibles entre sí, se combinan en grupos de tiempos aproximadamente iguales que no violan la precedencia de las relaciones. La duración del tiempo de trabajo (o de operación) que cada componente de un centro de trabajo tiene disponible, es el tiempo de ciclo, CT.

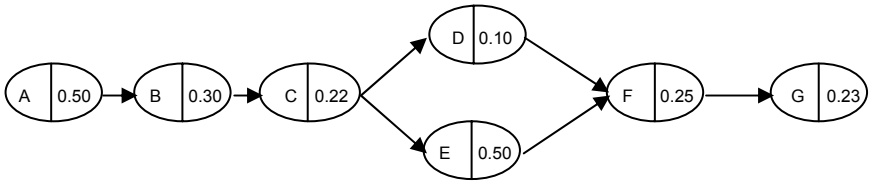
$$CT = \frac{\text{Tiempo disponible/periodo}}{\text{Producción de unidades requeridas/Periodo}} = \frac{TD}{\text{Producción}}$$

En la igualdad anterior, se puede concluir que CT es también el intervalo que transcurre para que los terminados dejen la línea de producción. Si el tiempo requerido en cualquier estación excede del disponible para un trabajador, tienen que agregarse trabajadores.

El número teórico (ideal) de trabajadores que se requiere en la línea de montaje es el resultado de multiplicar el tiempo que necesita un trabajador para terminar una unidad por número de unidades necesarias, dividido entre el tiempo disponible.

$$\text{Número mínimo teórico de trabajadores} = \frac{(\text{Tiempo trabajador/unidad})(\text{Unidades producidas/periodo})}{\text{Tiempo disponible/periodo}} = \frac{\Sigma t}{CT}$$

EJEMPLO: El diagrama de precedencia indica las actividades de ensamble de un producto desde la estación A a G y las relaciones de requerimiento de tiempos en minutos. La línea trabaja 8 horas por día y se desea una producción de 800 unidades por día. Determine: a) El tiempo de ciclo, b) El número mínimo de trabajadores que se requieren.



CT = Tiempo disponible/periodo

Número de unidades produc.req./periodo

$$= \frac{8 \text{ horas/día})(60\text{min. Hora})}{800 \text{ unidades/día}} = \frac{480}{800} = 0.60 \text{ min./unidad}$$

$$\text{Mínimo teórico} = \frac{\Sigma t}{CT}$$

$$\Sigma t = 0.50+0.30+0.22+0.10+0.50+0.25+0.23 = 2.10$$

$$\text{Mínimo teórico} = \frac{\Sigma t}{CT} = \frac{2.10}{0.60} = 3.50 \text{ trabajadores} \quad \text{(Teórico no real)}$$

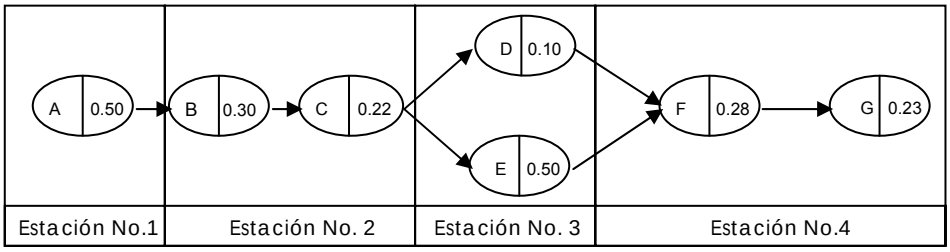
El procedimiento para analizar los problemas de balanceo de línea implica: a) determinar el número de estaciones y el tiempo disponible en cada estación, b) agrupar las tareas individuales en cantidades de trabajo por estación, y c) evaluar la eficiencia del agrupamiento. Un balanceo eficiente reducirá al mínimo posible la cantidad de tiempo ocioso. La eficiencia del Balance (EFB) puede ser calculada de dos maneras:

$$EFB = \frac{\text{Número de veces que se realiza una actividad}}{\text{Cantidad de insumos proporcionados para realizarla}} = \frac{\Sigma t}{CT}$$

$$EFB = \frac{\text{Número teórico de trabajadores}}{\text{Número real de trabajadores}}$$

a) Agrúpense las tareas en la línea de ensamble en el número adecuado de estaciones de trabajo y b) Calcule la eficiencia del Balanceo.

El CT de 0.60 minutos significa que 0.60 minutos están disponibles en cada puesto de trabajo. La unidad requiere 0.50 de los 0.60 minutos disponibles en la primera estación de trabajo, para la siguiente (B) es demasiado grande para combinarse con A. La otra C y D se pueden combinar, sin embargo para ellas el total es 0.52 minutos, de igual modo D y E y F y G.



EFB=$\frac{\Sigma t}{CTn}$= $\frac{2.10}{(0.60)(4)}$ = $\frac{2.10}{2.4}$ = 87,5% donde: n= Número de estaciones y CT= Ciclo/Estación

EFB=$\frac{\text{Número teórico de trabajadores}}{\text{Número Total de Trabajadores}}$ =$\frac{3,5}{4}$ = 87,5%.

Suponga que las actividades mostradas en la figura anterior se agrupan solo en tres (3) estaciones para fines de ensamble a) ¿Cuál es el ciclo neto?, b) ¿Cuál es el agrupamiento en actividades que da lugar a la mayor producción? c) ¿Qué producción se obtendrá en 8 horas por día?

a) CTm= $\frac{\Sigma t}{n}$ =$\frac{2.10}{3}$ =0.70 min./estación

b) La mayor producción resultará del CT más pequeño

INTENTO	ESTACIÓN No.1	ESTACIÓN No.2	ESTACÍON No.3	CT
1	0.50	0.30+0.22=0.52	0.10+0.50+0.25+0.23	1.08
2	0.50	0.30+0.22+0.10=0.62	0.50+0.25+0.30= 1.05	1.05
3	0.50+0.30 =0.80	0.22+0.50=0.72	0.10+0.25+0.23=0.58	0.80

El agrupamiento que la mayor producción es la del CT menor o sea 0.80 es decir, las estaciones quedaran así: No.1: A y B; No.2: C y E; No. 3: D, F y G

c) Producción = $\frac{8 \text{ h/día x60min./h}}{0.80 \text{ min. /unidad}} = \frac{480}{0.80}$ = 600 Unidades/día

5.7.4 Entradas y Salidas del PRC

La capacidad es una medida de la posibilidad productiva de una instalación por unidad de tiempo. En términos de horizonte de tiempo relevante, las decisiones administrativas acerca de la capacidad están relacionadas con lo siguiente:

1. Largo Plazo: planeación de recursos de capital, equipo y humanos.
2. Mediano Plazo: planeación de requerimientos de mano de obra y equipo para cumplir las necesidades del PRM.
3. Corto Plazo: control de flujo (entrada y salida) y secuenciación de operaciones

La planeación de requerimiento de capacidad (PRC) se aplica primariamente a actividades de mediano plazo. Como se muestra Figura 5-9, el sistema PRC recibe órdenes planeadas y programadas del sistema de planeación de requerimiento de materiales, e intenta desarrollar cargas para los centros de trabajo de la empresa que estén balanceadas con las capacidades de los centros de trabajo . Como el

PRM, el PRC es un proceso interactivo que incluye planeación, revisión de la capacidad (o revisión del plan maestro), y replantación hasta que es desarrollado un buen perfil de cargas de trabajo razonables.

ENTRADAS	SALIDAS
Planeación y programación de órdenes del sistema PRM	Reportes de cargas de órdenes planeadas y programadas en los centros de trabajo clave.
Capacidad de carga de los centros de trabajo	Verificación de reportes del sistema PRM
Datos de ruteo	Datos de modificación de capacidades
Cambios que modifiquen capacidad, dadas, rutas alternativas, o alteren órdenes planeadas	Reprogramación de datos a PMP

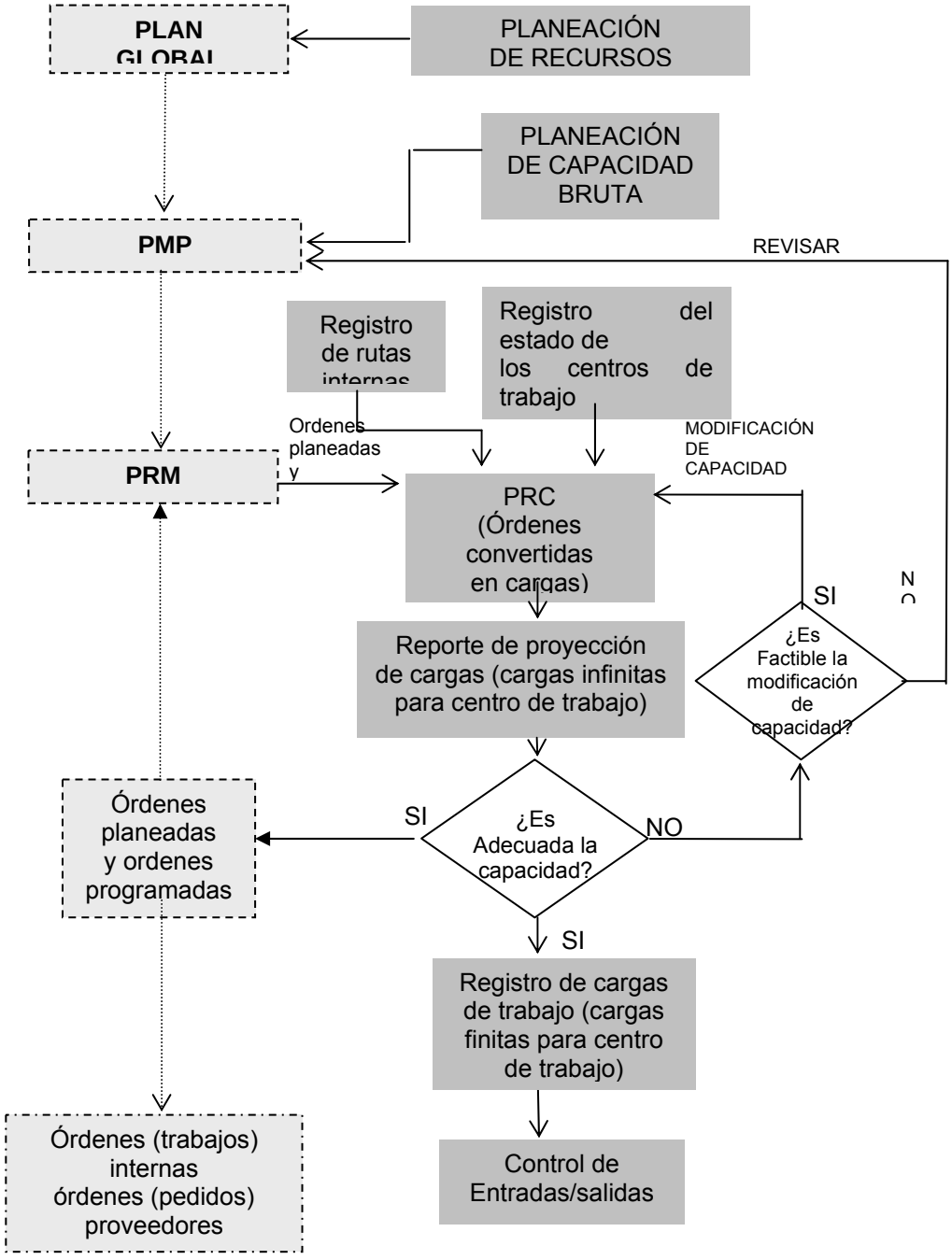


Figura 5-9 Diagrama de flujo del proceso PRC

5.7.5 Actividades de PRC: Cargas infinitas y finitas

Antes de definir los conceptos de cargas infinitas e infinitas es conveniente conocer el concepto de centro de trabajo de producción.
Un centro de trabajo es el área de una empresa en la cual los recursos productivos se organizan y el trabajo se lleva a cabo. Un centro de trabajo puede ser una sola máquina, un grupo de máquinas o un área donde se realiza un determinado tipo de trabajo.
Los centros de trabajo pueden organizarse de acuerdo con la función en una configuración de taller de trabajo; o por producto en una configuración de flujo, línea de ensamble o célula de tecnología de grupo (TG).

La carga infinita se presenta cuando la tarea ha sido asignada a un centro de trabajo basada simplemente en lo que se necesita con el tiempo. No se considera el hecho de si existe la capacidad suficiente de los recursos requeridos para completar el trabajo, como tampoco si la secuencia real del mismo se realiza con cada recurso en el centro de trabajo considerado. Con frecuencia se hace una simple revisión de los recursos clave para ver si están sobrecargados en sentido global.

Cuando se utiliza un sistema de carga infinita, el plazo se calcula tomando un múltiplo del tiempo de operación previsto (preparación y tiempo de funcionamiento) mas una demora en la cola prevista causada por el movimiento del material y la espera del orden en que se va a trabajar.

El enfoque de carga finita programa realmente en detalle cada recurso utilizando el tiempo de preparación y de funcionamiento requerido para

cada pedido. En esencia, el sistema determina con exactitud que hará cada recurso en cada momento durante el día de trabajo. En el caso que una operación se demore debido a escasez de las partes, el pedido entrará a una cola y esperará hasta que la parte esté disponible de una operación anterior.

5.7.6 Un ejemplo de aplicación del PRC y otros ejercicios de aplicación para cargas infinitas y finitas

1. Un centro de trabajo opera 6 días por semana con base en dos turnos por día (8 horas por turno) y tiene cuatro máquinas con la misma capacidad: Si las máquinas son utilizadas 75% del tiempo con una eficiencia de 90% ¿Cuál es la tasa de producción en horas estándar por semana?

Tasa de capacidad =
(Número de Máquinas)(Horas Máq.) (% de Utiliz.)(Eficien. del sistema)
= (4) (8x6x2) (0.75)(0.90) = 259 horas estándar por semana

2. Una empresa manufacturera utiliza el sistema PRM y planea ajustar su capacidad cuando la desviación acumulada exceda la mitad del promedio pronosticado por semana. Han calculado los requerimientos de capacidad por semana para sus pruebas de laboratorio sobre las 8 semanas siguientes, como se muestra en la tabla siguiente:

SEMANA	HORAS	SEMANA	HORAS
1	400	5	420
2	380	6	410
3	210	7	500
4	53	8	350

a) Formúlese el plan de requerimiento de capacidad mostrando la necesidad promedio con una línea punteada.
b) Supóngase que los requerimientos reales para las primeras cinco semanas fueron 390, 460, 280, 510 y 550, y calcúlese la desviación acumulada de horas (real - planeada).

c) ¿Necesitan ajustes estos tipos de requerimientos?

3. Un fabricante de muebles de oficina tiene un centro de trabajo con tres prensas metálicas. Las cuales operan cada una con 7,5 horas por turno en tres turnos por día, 6 días por semana. Las prensas son asignadas a la fabricación de muebles 80% del tiempo, con el resto reservado para trabajos especiales. Si la eficiencia de la máquina es de 95% ¿cuál es la tasa de producción de muebles en horas estándar por semana?

Capítulo 6

Programación y Control de las Actividades de Producción

6.1 Prioridad y Control de la Capacidad

El *Control de las Actividades de Producción* (CAP) son técnicas administrativas de prioridad y capacidad usadas para programar y controlar las operaciones de producción. El *control de la prioridad* asegura que las actividades de producción sigan un plan de prioridad (Ejemplo, el plan de requerimientos de materiales) controlando Las órdenes a los proveedores y la producción interna. El *control de la capacidad* ayuda monitoreando los centros de trabajo para asegurarse de que están proporcionando la cantidad de mano de obra y tiempo de equipo que es necesario (y fue planeado) para realizar el trabajo programado.

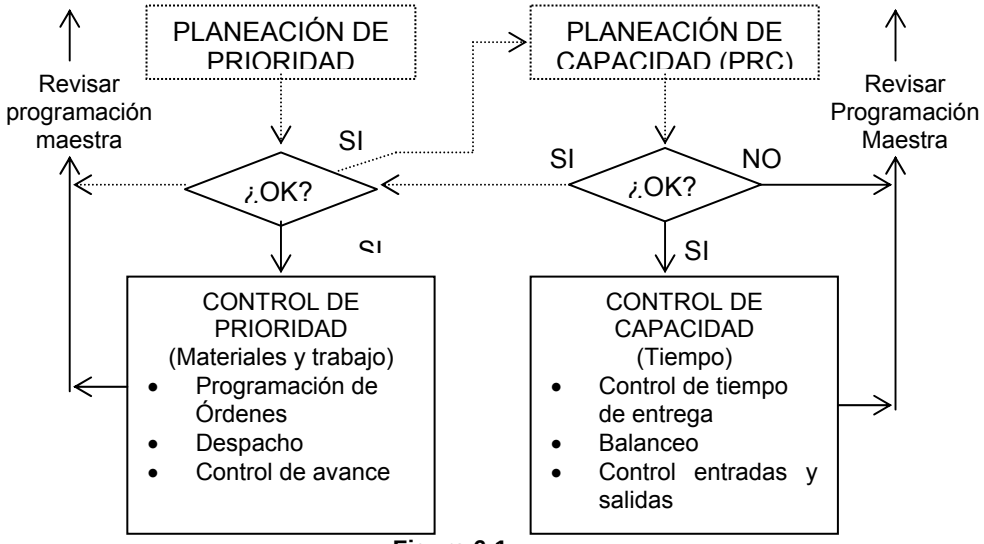


Figura 6-1

La Figura 6-1 identifica las principales funciones de CAP. El *sistema de control de prioridad* está centrado en el estado y secuencia de las tareas en los centros de trabajo; las actividades incluyen *liberación de órdenes, despacho*(o programación del

trabajo), y *control del avance*. Como las órdenes, las fechas y las cantidades cambian, el sistema de control de prioridad debe reflejar constantemente las prioridades válidas, ya sean mayores o menores que las planeadas previamente.

El *sistema de control de capacidad* esta centrado en las cargas (en horas estándar) en las instalaciones productivas. Las actividades de control de capacidad incluyen *control de tiempo y de entrega, balanceo* de cargas de trabajo, y *control de las entradas y salidas.* Controlando la carga en los centros de trabajo, los tiempos de entrega de producción pueden ser controlados y las capacidades pueden ser mejor utilizadas.

Términos del CAP

1. **Control (relacionado con el tipo de sistema)**

   Flujo. Control de operaciones continuas estableciendo tasas de producción comunes para todos los artículos, trabajo de alimentación dentro el sistema a una tasa específica, y monitoreo de la tasa.

   Orden. Control de operaciones intermitentes monitoreando el progreso de cada orden mediante operaciones sucesivas en el ciclo de producción.

2. ***Control* .(relacionados con los trabajos y el tiempo)**

   Prioridad*.* Control sobre el avance de los trabajos y actividades especificando el orden en el cual los materiales o tareas se asignan a los centros de trabajo.

   Capacidad. Control sobre la mano de obra y el tiempo de máquinas usado para trabajos y actividades planeando y

monitoreando los requerimientos de tiempo de los centros de trabajo clave.

3. ***Razón critica.*** Técnica de programación dinámica. Los índices de prioridad se calculan jerarquizando los trabajos de acuerdo con su urgencia de tiempo de trabajo para que los pedidos puedan ser despachados a tiempo.
4. ***Despacho.*** Selección y programación de trabajos para que sean enviados a los centros de trabajo y realmente autorizar o asignar para que aquel sea hecho. La lista de despacho es el principal medio de control de prioridad.
5. ***Expedición.*** Encontrar la discrepancia entre el trabajo planeado y el realizado, y corregirla intentando acelerar el proceso en menos del tiempo normal de entrega.
6. ***Control de entradas.*** Control sobre el trabajo enviado a las instalaciones, ya sea para producción interna o a un proveedor externo.
7. ***Tiempo de entrega.*** Período entre la decisión de programar una orden y la terminación de las primeras unidades. Incluye tiempo de espera, movimiento, arranque, colas y corridas.
8. ***Línea de balance****.* Técnica gráfica que usa tiempos de entrega y secuencia de ensamble para comparar los componentes planeados con los realmente terminados.
9. ***Cargas.*** Asignación de las horas de trabajo a los centros de acuerdo con la capacidad disponible.
10. ***Control de salidas.*** Despacho, expedición y cualquier obra técnica de seguimiento necesaria para obtener trabajo programado de un centro de trabajo o proveedor.

11. ***Reglas de decisión de prioridad.*** Reglas usadas para un despachador para determinar la secuencia en la que deben realizarse los trabajos.
12. ***Ruteo.*** Determinar cuales máquinas o centros de trabajo serán usados para producir un artículo. El ruteo se especifica en una hoja de ruta, que identifica las operaciones que se realizarán, su secuencia y los posibles materiales, tolerancias, herramientas y consideraciones de tiempo.
13. ***Programación.*** Establecer las fechas de inicio de operaciones de los trabajos, para que sean terminados en su fecha debida.

    Programación hacia adelante. Comienza con una fecha de inicio conocida y procede de la primera operación a la última para determinar la fecha de terminación.

    Programación hacia atrás. Comienza con una fecha de entrega y trabajando hacia atrás se determina la fecha requerida de inicio.
14. ***Tiempo de arranque.*** Tiempo requerido para ajustar una máquina y proporcionar las herramientas adecuadas para hacer un producto.
15. ***Orden interna (orden de producción).*** Documento que concede la autoridad para producir una cantidad específica de un artículo dado. Puede también mostrar los materiales y máquinas que se usarán, la secuencia de operaciones y las fechas de entrega que han sido asignadas por el programador.
16. ***Centro de trabajo.*** Área donde se realiza una tarea específica.

6.2 Objetivos del CAP y Datos Requeridos

El sistema CAP debe proporcionar información segura sobre:

1. El estado actual de los trabajos (ejemplo, qué órdenes están en proceso y dónde).
2. Trabajos pendientes.
3. La adecuación de materiales y capacidad.
4. Utilización de equipo y mano de obra.
5. Progreso, eficiencia y los trabajos.

El uso de un sistema CAP requiere información realista, comprensible y oportuna. La tabla mostrada seguidamente resume algunos de los requerimientos de datos para un sistema CAP. Además, son usados registros de ruteo para especificar que se esta haciendo (centros de trabajo, y cuanto tiempo va a tardar hacerlo (tiempo estándar).

Los sistemas de computación en línea dan a los planeadores la flexibilidad adicional de replantear fácil y rápido y hacer modificaciones de último minuto en la programación, lo cual los capacita para trabajar con órdenes reales (si están disponibles), más que con datos pronosticados.

Tabla 6-1: Planeación y control de datos para CAP

	DATOS DE PRIORIDAD	DATOS DE CAPACIDAD
Información de planeación	Número de artículos y descripción Tamaño de lote y tiempo de entrega de producción Cantidad disponible, asignada a un proceso	Número y capacidad de centros de trabajo(CT) Centros de trabajo alternativos Eficiencia y tiempos de espera
Información de control	Número de órdenes internas Prioridad y fecha de entrega Cantidad ordenada y balance Cantidad terminada, desechada y gastada.	Número de operaciones Tiempo de arranque y corrida Fecha por entregar y tiempo de entrega disponible

6.3 Estrategias y Lineamientos de Programación

Aunque la programación realmente comienza con la planeación agregada y la programación maestra de producción, las actividades de control de prioridad de programación de órdenes y asignación de trabajo que se realizará (despachos) son también conocidas generalmente como programación. El tipo y nivel de detalle en programación depende grandemente del tipo de sistema de producción, como se resumen en la tabla mostrada adelante. Los *Sistemas continuos* producen una clase limitada de productos a tasas fijas en líneas de ensamble que generalmente sigue patrones fijos de producción. Los problemas de liberación de órdenes, despacho y

monitoreo del trabajo son menos complejos que en los sistemas intermitentes.

Los *sistemas intermitentes, y por pedido* producen lotes o una gran variedad de productos en las mismas instalaciones. Cada orden puede ser circulada en su combinación única de centros de trabajo. Los patrones variables de flujo de trabajo y tiempos de proceso generan colas e inventarios de artículos en proceso, lo cual requiere mayores controles de las actividades de producción.

Las estrategias de programación difieren ampliamente entre las empresas y van desde programación muy detallada hasta ninguna programación. La programación detallada de trabajo en equipos en tiempos muy a futuro es generalmente impráctica. Una programación acumulada de las cargas de trabajo totales es útil para planeación a largo plazo de las necesidades aproximadas de capacidad. Para sistemas continuos, las tasas de producción pueden ser establecidas al implantarse la programación maestra. En algunos casos los productos finales específicos necesitan sólo un disco de ensamble, de materiales unas pocas horas antes de que se realice la producción. Algunos sistemas flexibles de producción pueden responder casi instantáneamente a los requerimientos individuales.

En el caso de los intermitentes, la programación puede ser planeada con base en la mano de obra y el equipo estimado (horas estándar) por semana en los centros de trabajo clave. Si es deseable una programación detallada, la capacidad debe ser distribuida a trabajos específicos al final de la semana, o pocos días antes de que el trabajo

sea realizado. Si embargo, la programación detallada no siempre es necesaria.

Además de los métodos acumulados y de combinación detallada acumulada, una tercera estrategia implica el uso de reglas de *decisión de prioridad.* Las reglas de decisión de prioridad son lineamientos heurísticos, tales como *el primero que entra es el primero en atenderse;* lo cual da alternativas para planeación más detallada de la capacidad. Sin embargo, las reglas de prioridad son también usadas en conjunto con métodos de programación detallada y acumulada.

Tabla 6-2: Características de los Sistemas de Programación

	VOLUMEN ALTO	**VOLUMEN INTERMEDIO**		**VOLUMEN BAJO**
Tipo de sistema de producción	Continuo (Operaciones de flujo)	Intermitente (operaciones de flujo por lotes)	Trabajo interno (por lotes o trabajos únicos)	Proyecto (Trabajos únicos)
Características clave	Equipo especializado. Igual secuencia de operaciones, a menos que este guiada por microprocesadores y/o por robots.	Mezcla de equipos. Secuencia similar para cada lote	Equipo de propósito general. Secuencia única para cada trabajo.	Mezcla de equipo. Secuencia y localización única para cada trabajo.
Intereses en el diseño	Balanceo de línea. Tiempo y costo de cambio	Balanceo de línea y hombre Máquina. Tiempo y costo de Cambios	Balance hombre-máquina. Utilización de la capacidad	Asignación de recursos para tiempo y costo
Intereses de operación	Escasez de Material. Averías del Equipo. Problemas de Calidad. Mezcla volumen de productos	Problemas de material y Equipos. Costos de arranque y Tamaño de corrida. Acumulación de inventario (tiempo de rotación)	Secuencia de Trabajo. Carga de centros de trabajo	Cumplir tiempo programado. Cumplir costos presupuestados. Utilización de recursos

La Tabla 6-3 mostrada adelante, lista algunos lineamientos generales para programación de trabajos y cargas en instalaciones. Realizar todos los trabajos disponibles (número 4) en el orden en que van llegando es una causa común del incremento de los tiempos de entrega de producción y del exceso de trabajo en proceso. Los buenos sistemas de programación realizarán el trabajo a una tasa razonable que eliminará la acumulación innecesaria y reducirá el tiempo de entrega a los clientes. En los sistemas de servicios, la programación y trabajos es más difícil debido a que la recepción son órdenes (clientes) y los tiempos de servicio generalmente son más variables que en los bienes producidos.

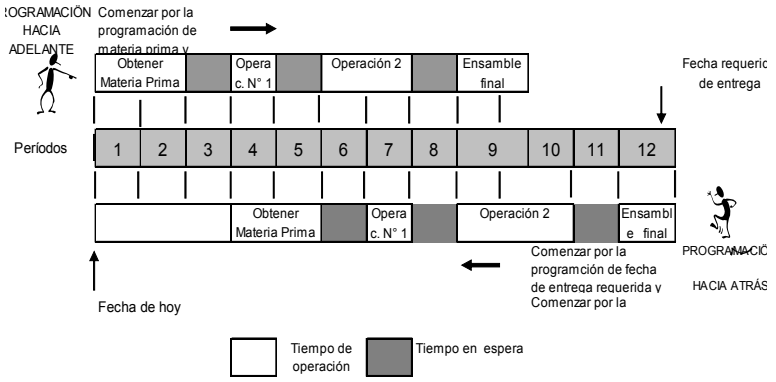
Tabla 6-3: Lineamientos de programación y carga

1. Proporcionar una programación realista
2. Considerar tiempos adecuados para las operaciones
3. Considerar tiempos adecuados antes, entre y después de las operaciones
4. No programar todos los trabajos internamente
5. No programar toda la capacidad disponible
6. Cargar sólo centros de trabajos seleccionados
7. Hacer cambios ordenadamente cuando sea necesario
8. Responsabilizarse por la programación

6.4 Programación hacia adelante vs Programación hacia atrás.

La programación hacia adelante consiste en programar todos los trabajos disponibles para que comiencen tan pronto como los requerimientos sean conocidos. Esta realización inmediata puede resultar en una terminación temprana del trabajo a costa de más trabajos en proceso y mayores costos de llevar más inventario del

necesario. La programación hacia atrás utiliza la misma lógica e eliminar tiempo de espera de PRM. Los componentes son entregados " cuando se necesitan" más que " tan pronto como sea posible".



PROGRAMACIÓN HACIA ADELANTE Y HACIA ATRÁS

Ejemplo 6.1: Un trabajo programado al final del período 12 requiere dos lapsos de espera para la adquisición del material, un período de producción para la operación 1; dos para la operación 2, y uno para el armado final. Se considera un período de tránsito entre cada operación. Ilústrese la programación completa bajo enfoques de programación a) hacia delante y b) hacia atrás.

6.5 Cartas y Gráficas de Programación

Las gráficas de Gannt y las de barras muestran la programación del trabajo y las cargas en las instalaciones sobre un horizonte de tiempo. Las cartas de programación (o avance) muestran las actividades de trabajo secuenciales necesarias para terminar un trabajo. Las cartas de carga muestran las horas de trabajo asignadas a un grupo de trabajadores o máquinas.

6.6 Reglas de Decisión de Prioridad

Son varias las herramientas y técnicas de programación que pueden utilizarse en las empresas en el sector de servicio y de manufactura. Por supuesto que la utilidad de una herramienta o una técnica varían de una empresa a otra, dependiendo del proceso de operación y de las estrategias competitivas que se planteen.

6.6.1 Reglas de prioridad: n trabajos, un centro de trabajo

Las *reglas de decisión de prioridad para "n" trabajos en un solo centro de trabajo* son lineamientos simplificados (heurísticos) para determinar la secuencia en la cual están hechos los trabajos. Las reglas simplemente asignan trabajos con base en un sólo criterio, tal como primero que entra primero que sale (PEPS); fecha primera de Vencimiento (FPV); mínima holgura (o tiempo programado, menos tiempo de proceso) (MH); mayor tiempo de proceso (MATP), menor tiempo de Proceso (METP) y órdenes de clientes preferentes (OCP): la mayoría de las reglas son estáticas, pues no incorporan actualización.

Ejemplo 6-2:
En la tabla mostrada a continuación se relacionan los tiempos disponibles (número de días hasta la programación) y trabajo existente (número de días) para cinco trabajos a los cuales fueron asignados letras conforme fueron llegando: hágase una secuencia de trabajos usando reglas de prioridad a) PEPS, b) FPP, c) MH, d) METP e) MATP.

TRABAJO	Número de días hasta la entrega	Número disponible de días de trabajo
A	10	9
B	5	6
C	9	7
D	11	4
E	8	8

	PEPS	FPV	MH	MEPT	MAPT
1°	A	B(5)	B(-1)	D(4)	A(9)
2°	B	E(8)	E(0)	B(6)	E(8)
3°	C	C(9)	A(1)	C(7)	C(7)
4°	D	A(10)	C(2)	E(8)	B(6)
5°	E	D(11)	D(7)	A(9)	D(4)

Para cada una de estas reglas debemos calcular ciertos parámetros que nos ayudarán a definir de acuerdo a las políticas de la empresa a seleccionar la regla de prioridad más ventajosa o equitativa entre nuestro cliente y nuestros intereses empresariales. Veamos como es esto:

REGLA DE PRIORIDAD PEPS- Primero en Entrar, Primero en Salir

SECUENCIA	TIEMPO PROCESO	FECHA VENCIMIENTO	TIEMPO FLUJO	RETRASO
A	9	10	9	0
B	6	5	15	10
C	7	9	22	13
D	4	11	26	15
E	8	8	34	26

Tiempo total del flujo = 9+15+22+26+34 = 106 días

Tiempo medio de flujo = 106/5 = 21,2 días

Retraso promedio por tarea = (0+10+13+15+26)/5 =12,8 días

REGLA DE PRIORIDAD FPV: Fecha Primera de Vencimiento

SECUENCIA	TIEMPO PROCESO	FECHA VENCIMIENTO	TIEMPO FLUJO	RETRASO
B	6	5	6	1
E	8	8	14	6
C	7	9	21	12
A	9	10	30	20
D	4	11	34	23

Tiempo total del flujo = 6+14+21+30+34 = 105 días

Tiempo medio de flujo = 105/5= 21 días

Retraso promedio por tarea = (1+6+12+20+23) /5 =12, 4 días

REGLA DE PRIORIDAD MH: Mínima Holgura

SECUENCIA	TIEMPO PROCESO	**FECHA VENCIMIENTO**	**TIEMPO FLUJO**	**RETRASO**
B(-1)	6	5	6	1
E(0)	8	8	14	6
A(1)	9	10	23	13
C(2)	7	9	30	21
D(7)	4	11	34	23

Tiempo total del flujo = 6+14+23+30+34 =107 días

Tiempo medio de flujo = 107/5= 21,4 días

Retraso promedio por tarea = (1+6+13+21+23) /5 =12,8días

REGLA DE PRIORIDAD MATP: Mayor Tiempo de Proceso

SECUENCIA	**TIEMPO PROCESO**	**FECHA VENCIMIENTO**	**TIEMPO FLUJO**	**RETRASO**
A	9	10	9	0
E	8	8	17	9
C	7	9	24	15
B	6	5	30	25
D	4	11	34	23

Tiempo total del Flujo = 9+17+24+30+34 = 114 días

Tiempo medio de Flujo = 114/5= 22,8 días

Retraso Promedio por Tarea = (0+9+15+25+23)/5 =14,4 días

REGLA DE PRIORIDAD METP: Menor Tiempo de Proceso

SECUENCIA	TIEMPO PROCESO	FECHA VENCIMIENTO	TIEMPO FLUJO	RETRASO
D	4	11	4	0
B	6	5	10	5
C	7	9	17	8
E	8	8	25	17
A	9	10	34	24

Tiempo total de flujo = 4+10+17+25+34 = 90 días

Tiempo medio de flujo = 90/5= 18 días

Retraso promedio por tarea = (0+5+8+17+24)/5 =10,8 días

RESUMEN REGLAS DE PRIORIDAD

REGLA	TIEMPO TOTAL DE FLUJO	TIEMPO PROMEDIO DE FLUJO	RETRASO PROMEDIO
PEPS	106 días	21, 2 días	12,8 días
FPV	105 días	21 días	12,4 días
MH	107 días	21,4 días	12,8 días
MATP	114 días	22,8 días	14,4 días
METP	90 días	18 días	10,8 días

Notamos que en este caso la regla de prioridad Menor Tiempo de Proceso –METP genera el menor tiempo de flujo total y promedio así como la menor espera promedio de los trabajos, por tanto será la regla recomendada. Esto no quiere decir que siempre resulta ser la mejor.

6.6.2 Regla de Johnson, n Trabajos, dos centros de trabajo

La *regla de Johnson es una heurística simple* que proporciona un tiempo de procesado mínimo para secuenciar *n* trabajos mediante dos máquinas o centros de trabajo donde la misma secuencia de proceso debe ser seguida por todos los trabajos. Los trabajos con menores tiempos de proceso son colocados al principio si el tiempo de procesado es en la primera máquina, y al final si es en la segunda máquina. Este procedimiento maximiza el tiempo de operación de ambos centros de trabajo.

Ejemplo 6-4:
Industrias Metálicas "ABC" tiene órdenes de cinco trabajos específicos (A, B, C, D y E) que deben ser procesados secuencialmente a través de dos centros de trabajo (horneado y decorado). La cantidad de tiempo (en horas) requerido para los trabajo es mostrada en la tabla inferior. Determínese la secuencia de programación que minimiza el tiempo total para los cinco trabajos y preséntese en la forma de una gráfica de Gannt.

	Tiempo que requiere el trabajo (h)				
Centros de trabajo	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
1 Torneado	8	7	11	10	9
2 Pintura	6	12	5	7	13

La regla de Johnson dice cómo identificar el tiempo de procesado más corto. Si esto es en el primer centro de trabajo, colóquese tan al final como sea posible. Elimínese ese trabajo para consideraciones posteriores y aplíquese la regla de decisión a los trabajos restantes. Rómpase cualquier empate entre trabajos secuenciando el trabajo en el primer centro tempranamente y en el segundo centro al último. Los

trabajos que tienen el mismo tiempo en ambos centros de trabajo pueden ser asignados al final de la secuencia.

a) El menor tiempo es para C en el centro 2 (2 horas). Colóquese la C al final.

				C

b) El siguiente menor es A en el centro 2. Colóquese A tan tarde como sea posible.

			A	C

c) El siguiente es un empate entre B y D. Secuénciese el trabajo en el primer centro (trabajo B) tan pronto como sea posible.

B			A	C

d) El siguiente es D en el centro 2. Colóquese tan tarde como sea posible.

B		D	A	C

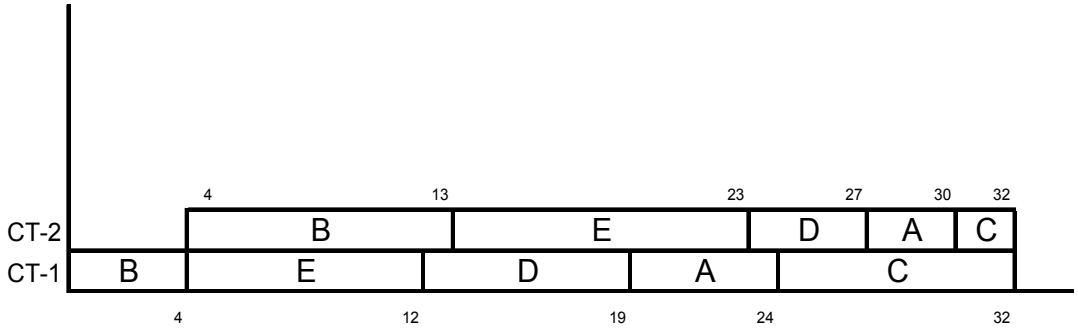
e) Colóquese el trabajo B en el cuadro restante.

B	E	D	A	C

Los tiempos secuenciales son los siguientes:

	B	E	D	A	C
Centro 1	4	8	7	5	8
Centro 2	9	10	4	3	2

Figura 6.2 Gráfica Regla de Johnson nx2



6.6.3 Regla de Johnson: n Trabajos, tres centros de trabajo

El siguiente ejemplo muestra cómo se procede en este caso, para programar los cinco trabajos según la regla de Johnson a través de res centros secuenciales de trabajo.

Centros de trabajo	Tiempo que requiere el trabajo (h)				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
1 Horneado	4	5	5	6	7
2 Pulido y acabado	1	3	1	4	1
3 Pintura	6	8	8	7	6

El Primer paso consiste en combinar los tiempos de procesamiento a dos centros o seudo centros de trabajo 1 y 2. El primer seudo centro tendrá un tiempo que corresponde a la suma de los tiempos para cada trabajo en los centros 1+2; el seudo centro dos tendrá los tiempos de trabajos para los centros 2+3, veamos como queda:

	A	B	C	D	E
SEUDO CENTRO 1	5	8	6	10	8
SEUDO CENTRO 2	7	11	9	11	7

Al combinar los tiempos de procesamiento., el problema se convirtió a dos centros de trabajo, y podemos proceder como en el caso visto anteriormente.

Obtenemos al aplicar el procedimiento de la Regla de Johnson; ésta última tabla de secuenciación con sus tiempos respectivos.

CENTROS DE TRABAJO	A	C	B	D	E
1 Horneado	4	5	5	6	7
2 Pulido y acabado	1	1	3	4	1
3 Pintura	6	8	8	7	6

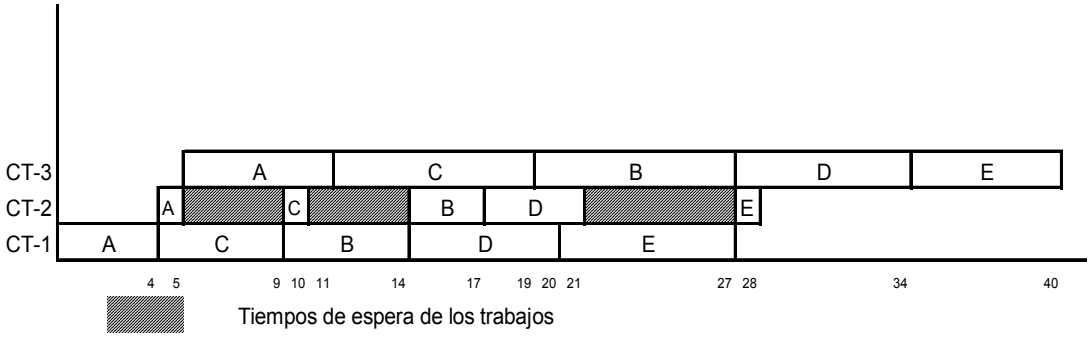


Figura 6-.3 Gráfica Regla de Johnson nx3

6.6.4 Regla prioridad Dinámica: la razón crítica (RC).

La Razón Crítica (RC) es una regla dinámica que proporciona un índice de prioridad que expresa la tasa tiempo disponible/trabajo restante. Puede ser constantemente actualizado (generalmente diario) con una computadora para prever control muy cercano: Si la RC es menor que 1,0, el trabajo debe ser programado primero; si la RC =1,0 el trabajo está a tiempo; y si la RC es mayor que 1,0, el trabajo tiene cierta holgura.

$$RC = \frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Trabajo Restante}} = \frac{TD}{TR}$$

Donde TD= fecha programada - fecha actual = DD- DN

TR= tiempo de entrega (trabajo) restante

Ejemplo 6-4: Hoy es 12 en el calendario de control de producción, y se tienen cuatro trabajos, en lista, como se muestra. Determínese la razón critica para cada trabajo, y asígnese prioridades.

Trabajo	**Fecha programada**	**Día de trabajo restante**
A	18	7
B	16	1
C	14	1
D	20	11

Trabajo	Trabajo Disponible (DD-DN)	Tiempo Restante TR	RC= DD-DN / TR	Prioridad Secuencia
A	18 – 12 = 6	7	0,86	2
B	16 – 12 = 4	1	4,00	4
C	14 - 12 = 2	1	2,00	3
D	20 - 12 = 8	11	0,73	1

Con las razones criticas, los trabajos pueden ser asignados en el orden D, A, C y B. Los trabajos B y C tienen holgura. Los trabajos A y D tienen razones críticas menores que 1, lo que significa que las órdenes no podrán ser enviadas a tiempo a menos que sean aceleradas.

6.6.5 Herramienta de propósito general aplicada a la Programación – El Método de Asignación

Si se cumplen las siguientes condiciones, la programación lineal puede aplicarse para determinar la carga de los centros de trabajo y estudiar el orden de los trabajos.

- Cada combinación Centro de trabajo-trabajo tiene un costo o tiempo asociado, los cuales son conocidos en cada caso, constantes e independientes de secuencia de la secuencia de trabajo.
- Todos los trabajos tiene igual prioridad
- La meta es encontrar la serie de combinaciones óptimas centro de trabajo–trabajo; es decir la serie que minimice la suma de combinaciones centro de trabajo–trabajo (o maximice las utilidades).

Con un ejemplo se mostrará la aplicación método de asignación

Ejemplo 6-5:
Un programador tiene cuatro pedidos o trabajos que pueden realizarse en cualquiera de cuatro máquinas, se tienen los respectivos tiempos en minutos, según la tabla 6-1. Se requiere determinar la asignación de los pedidos a las máquinas de tal manera que el tiempo total para los trabajos sea mínimo.

TRABAJO	MÁQUINAS			
	M-1	M-2	M-3	M-4
T-1	10	12	16	14
T-2	20	24	22	14
T-3	20	16	26	12
T-4	16	14	8	6

La aplicación del método de asignación sugiere los siguientes pasos:

1. Restar el menor número de todos los demás en cada fila y con los resultados formar una matriz.
2. Utilizando la nueva matriz, restar el menor número de los otros en cada columna. Forma otra nueva matriz.
3. Verificar si existe un cero en cada fila y columna; dibujar el mínimo número de líneas necesarias para cubrir todos los ceros en la matriz.
4. Si el numero requerido de líneas es menor que el de las filas modifique la matriz, sumando en la línea de intersección el numero mas pequeño sin cubrir (sin haber sido cruzado con la línea) y restándolo de cada número no cubierto, incluyendo al propio número. Dejar sin cambio los números restantes ya cubiertos.
5. Verifique de nuevo la matriz a través de líneas que cubran los ceros, y continuar la modificación (paso 3) hasta obtener la asignación óptima.

Veamos como se dan los cinco pasos descritos, para el ejemplo de aplicación:

1. Resta de fila

TRABAJO	MÁQUINAS			
	M-1	M-2	M-3	M-4
T-1	0	2	6	4
T-2	6	10	8	0
T-3	8	4	14	0
T-4	10	8	2	0

2. Resta de Columnas

TRABAJO	MÁQUINAS			
	M-1	M-2	M-3	M-4
T-1	0	0	4	4
T-2	6	8	6	0
T-3	8	2	12	0
T-4	10	6	0	0

3. Cubrir los ceros

TRABAJO	MÁQUINAS			
	M-1	M-2	M-3	M-4
T-1	0	0	4	4
T-2	6	8	6	0
T-3	8	2	12	0
T-4	10	6	0	0

4. Modificación de Matriz

TRABAJO	MAQUINAS			
	M-1	M-2	M-3	M-4
T-1	0	0	4	6
T-2	4	6	4	0
T-3	6	0	10	0
T-4	10	6	0	2

5. Cubrir de nuevo los ceros

TRABAJO	MAQUINAS			
	M-1	M-2	M-3	M-4
T-1	**0**	0	4	6
T-2	4	6	4	**0**
T-3	6	**0**	10	0
T-4	10	6	**0**	2

Asignaciones óptimas:

Trabajo T-1 a Maquina M-1 con 10 minutos
Trabajo T-2 a Maquina M-4 con 14 minutos
Trabajo T-3 a Maquina M-2 con 16 minutos
Trabajo T-4 a Maquina M-3 con 8 minutos

Con esta asignación el tiempo total para ejecutar los cinco trabajos se minimiza a 48 minutos.

Cuando el número de puestos de trabajo ya sean filas o columnas no sean iguales a los pedidos o trabajos se debe añadir una fila o columna (según el caso) de todas maneras la matriz ha de ser cuadrada.

Cuando tratamos un caso de maximización, debemos primero convertir los valores de la matriz a costos (según lo que se maximice) relativos restando a todos los valores el número mayor de la matriz.

Hecho lo anterior, procedemos según los pasos del caso de minimización. Para hacer la asignación final debemos remitirlos a la matriz original de costos, pero atendiendo los lugares asignados previamente.

6.7. Aplicación para la programación y control de las actividades de producción

1. Big Boys Inc., es un gran contratista en Soledad tiene seis trabajos pendientes para procesar. Los tiempos de proceso y sus fechas requeridas se encuentran a continuación .Supóngase que los trabajos llegan en el orden en que se muestra. Establecer la secuencia de procesamiento de acuerdo a Primero que entra Primero que Sale-(PEPS); Menor Tiempo de Proceso (MTP); Tiempo de Proceso Mas Largo (TPML), Fecha de Terminación Mas Temprana (FTMT).A los trabajos se les asignó una letra en el orden en que llegaron. ¿Cual es preferible? ¿Por qué?

Trabajo	Tiempo de procesamiento del trabajo en días	Fecha de entrega requerida(días)
A	8	24
B	14	16
C	16	32
D	4	20
E	10	27
F	4	36

2. Los siguientes trabajos están esperando para ser procesados en el centro de máquinas de Industrias Buenavista. Hoy es el día 255.

Trabajo	Fecha de recepción del trabajo	Días de producción necesarios	Fecha de entrega requerida
1	220	35	265
2	225	25	295
3	230	45	305
4	245	55	325
5	255	25	345

Usando la regla de programación de la Razón Crítica, ¿En que secuencia serán procesados los trabajos?

3. Los siguientes trabajos están esperando a ser procesados en el mismo centro de máquinas. Los trabajos están registrados según su llegada:

TRABAJO	FECHA REQUERÍDA	DURACIÓN (DIAS)
A	315	10
B	314	18
C	327	42
D	316	7
E	316	5

¿En que secuencia serían colocados los trabajos de acuerdo con Las siguientes reglas de decisión: a) Primero en Entrar Primero en Salir-PEPS, b) Fecha Primera de Proceso -FPP, c) Mayor Tiempo de Proceso-MTP, d)Menor Tiempo de Proceso - MTP. Todas Las fechas están especificadas como días de calendario de manufactura. Suponga que todos los trabajos llegan el día 277 ¿Qué decisión es mejor y por qué? Suponga que hoy es el día 302 del calendario de planeación y no se ha empezado ninguno de los trabajos. ¿En qué secuencia programaría usted los trabajos?

3. Las órdenes mostradas en la tabla fueron recibidas en una fabrica donde la programación se hace por reglas de decisión de prioridad

Trabajo No.	Calendario fechas de ordenes		Días de producción requeridos
	Recibida	Entregada	
550	315	366	18
551	317	372	28
552	318	352	8
553	324	371	23
554	331	344	13

En que secuencia deben ordenarse los trabajos de acuerdo con lasa siguientes reglas de decisión: a) Fecha Primera de Entrega; b) Tiempo Menor de Proceso; c) Holgura Mínima; d) Primero en Llagar primero en Salir

5. Una empresa de investigación de mercados tiene siete órdenes que deben ser procesadas secuencialmente a través de dos actividades 1) Compilación de datos y 2) Análisis. Los tiempos estimados (en horas) son los mostrados en la tabla:

	A	B	C	D	E	F	G
1. Compilación de datos	7	9	4	2	10	5	18
2. Análisis	6	11	9	4	4	11	7

a) Utilice la regla de Johonson para desarrollar una programación que permita que todos los trabajos se terminen en el menor tiempo posible.
b) ¿cual es el tiempo total requerido para procesar los siete trabajos?

6. Una industria Local utiliza un proceso de tres etapas para producir toallas para playa. Los cinco pedidos siguientes deben programarse mediante la regla de Johnson

	Tiempo de procesamiento en minutos		
PEDIDOS	Centro trabajo 1	Centro trabajo 2	Centro trabajo 3
A	7	4	9
B	8	6	11
C	8	4	11
D	9	7	10
E	10	4	9

Elabore el Diagrama de Gantt, determine el tiempo mínimo para los cinco pedidos, marque y especifique los tiempos de espera por centro de

trabajo y diga si hay inventario de productos en proceso, para cual pedido y en que momento.

7. Una fábrica tiene ocho órdenes internas que deben ser procesadas secuencial mente a través de tres centros de trabajos. Cada trabajo debe ser terminado en la misma secuencia en la que fue comenzado. Los tiempos en horas requeridos en los diferentes centros de trabajo son los que se muestran en tabla dada.

a) Utilice la regla de Johnson para desarrollar la secuencia de trabajo que minimice el tiempo de terminación de todas las órdenes.

TRABAJO Nº	A	B	C	D	E	F	G
TIEMPO CT.1	3	7	4	8	2	8	5
TIEMPO CT.2	5	3	6	1	3	4	2
TIEMPO CT.3	7	6	8	6	8	8	6

b) Determine los tiempos ociosos de cada máquina; c) ¿Cual es el tiempo menor de procesamiento?

8. Utilizar la regla de Jonson para encontrar la secuencia optima para el proceso de los trabajos que se muestran a continuación a través de tres centros de trabajo, los tiempos de cada centro para ejecutar cada orden están en minutos.

Trabajo	Centro de Trabajo 1	Centro de trabajo 2	Centro de trabajo 3
Orden-1	6	2	8
Orden-2	7	5	10
Orden-3	7	3	10
Orden-4	8	6	9
Orden-5	9	3	8

Ilustrar los tiempos de procesos y tiempos ociosos en los tres centros de trabajo del problema resuelto.

9. Una industria Metal-Mecánica Local tiene cuatro trabajos que ejecutar en un periodo de 8 semanas (40 horas semanales). También tiene 4 diseñadores, cada uno de los cuales ha registrado el tiempo para hacer cada trabajo. El programador ha recogido las estimaciones mostradas en la tabla. a) Utilice el método de asignación para determinar cómo deben ser asignados los trabajos para reducir el tiempo al mínimo, b) Suponiendo que los cálculos son correctos, ¿pueden ser terminados los trabajos en un período de 8 semanas sin planear tiempo extra?,c) Suponiendo un diseñador por trabajo y sin tiempo extra ¿Pueden ser terminados los trabajos sin tiempo extra en 5 semanas? d) ¿En 3 semanas?

Diseñadores	Horas para completar el trabajo			
	T-1	T-2	T-3	T-4
A	100	140	280	70
B	130	160	200	60
C	80	130	300	90
D	150	110	250	50

10. El proveedor de una pequeña planta localizada en Montelibano tiene seis trabajos que se pueden procesar en cualquiera de seis máquinas, con sus tiempos respectivos (en horas) mostrados a continuación. Determine la asignación de los trabajos a las máquinas con el objetivo de minimizar el tiempo.

TRABAJO	MAQUINA					
	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
A-52	60	22	34	42	30	60
A-53	22	52	16	32	18	48
A-56	29	16	58	28	22	55
A-59	42	32	28	46	15	30
A-60	30	18	25	15	45	42
A-61	50	48	57	30	44	60

Bibliografía

- AÑON HIGÓN, D. y MAJÓN ANTOLÍN, M. (2008). Aportación de la Inversión en I + D a las Mejoras en la Productividad. Internacionalización y Resultados Empresariales, 373, 15-22, España.
- BERECHET, C., HUERTA, E. y SAN MIGUEL, F. (2006).Innovación y Productividad en la Economía de Navarra. Posicionamiento frente a las regiones europeas más avanzadas. Centro para la Competitividad de Navarra, España.
- CUADRADO, J.R y MAROTO, A. (2006). "La productividad y los servicios. La necesaria revisión de la imagen tradicional", Información Comercial Española, 830, 67-91, España.
- CHASE, AQUILANO, JACOB, (2000) "Administración de Producción y Operaciones", Santa Fe de Bogotá, Editorial Mc Graw Hill Interamericana, 2.000.
- ESTRADA, A y PONS, A. (2006). La productividad de la economía española: una perspectiva internacional. Productividad y Competitividad de la Economía Española, ICE Nº 829, España.
- FERNANDEZ SALIDO, J. (2003).Efectos del tamaño de las explotaciones sobre productividad del trabajo agrario en varias regiones del sur de la unión Europea. Revista de estudios regionales del sur de la Unión Europea, Europa.
- GAITHER, Norman-GREG, Frazier, (1999)" Administración de producción y operaciones", México, Internacional Thompson Editores, 1.999.
- GUERRERO, A y RIVERA, C. (2009): México: Cambio en la productividad total de los principales puertos de contenedores. Revista CEPAL 99, México.

- LOTERO CONTRERAS, J. y RESTREPO OCHOA, S. (2004). "Desarrollo regional y productividad de la industria Colombiana". Revista de estudios regionales Nº 70, 173-201, Colombia.
- PALAZUELOS, E. y FERNÁNDEZ, R. (2009): "Demanda y Productividad en las Economías Europeas. Importancia de los servicios, 373, 123-140. Departamento de Economía Aplicada. Universidad Complutense, Madrid.
- PAREDES, E y URBINA, N. (2005). Gestión de información para medir la productividad científica de la facultad de ciencias de la universidad central de Venezuela, Venezuela.
- RENDER, Barry, HEIZER, JAY,(1996) "Principios de Administración de Operaciones", México, Editorial Prentice Hispanoamérica, S.A.
- RODRIGUEZ PRADA, G. (2004). Productividad y utilización del trabajo: Europa versus Estados Unidos. Boletín Económico de ICE Nº 2828, Madrid.
- SCHROEDER, Roger;(1992) "Administración de Operaciones"- Toma de decisiones en la función de operaciones, México, Editorial Mc Graw Hill.
- TAUFIK, Louis-CHAUVEL, Alain,(1984) "Administración de la Producción", México. Nueva Editorial Interamericana. S.A., 1.984.
- VILASECA, J y TORRENT, J. (2005). TIC, conocimiento y crecimiento económico. Un análisis empírico agregado e internacional sobre las fuentes de la productividad. Estudios de Economía y Empresa e Instituto Interdisciplinario de Internet (IN3), Universitat Oberta de Catalunya.